

Veiligheidsrapport Kernenergiewetvergunning NRG-Petten

*Deel 7 Decontamination and Waste
Treatment*

T.D. Jongma

E.I.M. Meijne

Petten

31 augustus 2007

K5130.40/07.82998

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 7 Decontamination and Waste Treatment

T.D. Jongma
E.I.M. Meijne

31 augustus 2007

K5130.40//07.82998

versie	datum	omschrijving
2	2007/08/31	Aanpassingen i.v.m. uitbreiding werkzaamheden
1	2000/07/14	Aanvraag integrale Kernenergiewetvergunning

auteur:	T.D. Jongma E.I.M. Meijne	gecontroleerd:	A.D. Poley	beoordeeld:	J.P. Boogaard
81 blz		goedgekeurd:	R. Huiskamp		
82998 vr 7 dwt 310807					

© 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

NRG-Petten heeft bij het Bevoegd Gezag een aanvraag ingediend voor een Kernenergiewet-vergunning. De aanvraag is gedateerd 14 juli 2000. De aanvraag heeft betrekking op de handelingen die binnen de NRG-inrichting worden verricht en de toestellen die daarin worden gebruikt en waarvoor een vergunning ingevolge de Kernenergiewet is vereist.

Dit rapport maakt als deel 7 onderdeel uit van het "Veiligheidsrapport Kernenergiewetvergunning NRG-Petten" van de vergunningsaanvraag.

De hiervoor bedoelde Kernenergiewetvergunning is verleend op 2 augustus 2001 en laatstelijk gewijzigd op 11 juli 2007.

In deze herziene versie is de inventaris en de beschrijving van de werkzaamheden bij de afdeling Decontamination and Waste Treatment aangepast aan de huidige stand der zaken en de voorziene ontwikkelingen voor de nabije toekomst. Ten opzichte van het veiligheidsrapport uit 2000 is met name het verrichten van handelingen met splijtstoffen en het verwerken van hars in het veiligheidsrapport opgenomen.

De wijzingen of uitbreidingen die in deze revisie zijn opgenomen betreffen met name:

- **Het voorhanden hebben en het uitvoeren van handelingen met splijtstoffen;**
- **Het voorhanden hebben en het uitvoeren van handelingen met transportcontainers die verarmd uranium bevatten;**
- **Het ruimer omschrijven en uitbreiden van de aanwezige inventaris;**
- **Het beschouwen van de verwerking van hars ten behoeve van de risicoinventarisatie;**
- **Het uitvoeren van handelingen met radioactieve stoffen op de vloeistofdichte vloer.**

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Lijst van tabellen	5
Lijst van figuren	5
1 Inleiding	7
1.1 Doel en structuur van het Veiligheidsrapport	7
1.2 Voorkomen en beheersen van ongevallen	9
1.3 Inhoud van het Veiligheidsrapport DWT	10
2 Decontamination and Waste Treatment	11
2.1 Inrichting	11
2.1.1 Decontaminatiegebouw	12
2.1.2 Waterbehandelingsgebouw	13
2.1.3 Vast-afvalverwerkingsgebouw	13
2.2 Installaties	14
2.2.1 Installaties decontaminatie	14
2.2.2 Installaties waterbehandeling	15
2.2.3 Installaties vast-afvalverwerking	15
2.2.4 Vloeistofdichte vloer	16
2.3 Algemene voorzieningen	16
2.3.1 Elektrotechnische voorzieningen	17
2.3.2 Afvalwatersystemen	17
2.3.3 Beveiliging	18
3 Bedrijfservaring en rechtvaardiging	19
3.1 Historisch overzicht	19
3.2 Bedrijfservaring	21
3.3 Rechtvaardiging	23
4 Behandeling en opslag van radioactieve stoffen, splijtstoffen en componenten	25
4.1 Aard van de radioactieve stoffen en splijtstoffen	25
4.2 Hoeveelheid radioactieve stoffen en splijtstoffen	26
4.3 Registratie, inspectie en administratie	27
4.4 Behandeling van radioactieve componenten/stoffen	28
4.4.1 Decontaminatie	28
4.4.2 Waterbehandeling	29
4.4.3 Vast afvalverwerking	29
4.4.4 Bewerking vloeibaar afval	30
4.5 Afvoer radioactieve stoffen en gedecontamineerde componenten	30
5 Afvalstromen	31
5.1 Algemeen	31

5.2	Bedrijfsafval	31
5.2.1	Recycling en verwerking	31
5.2.2	Lozing naar riool	31
5.3	Gevaarlijk afval	31
5.4	Radioactief afval	32
5.4.1	Aanvoer van radioactief materiaal voor verwerking en/of opslag	32
5.4.2	Ontstaan van radioactief afval tijdens verwerkingsproces	32
5.4.3	Afvoer van radioactief afval naar opslagfaciliteit	32
5.5	Gevolgen van lozingen	32
5.5.1	Lozing naar zee	32
5.5.2	Lozing in lucht	33
6	Veiligheidsevaluatie	35
6.1	Veiligheidsmaatregelen binnen DWT	35
6.1.1	Materiële maatregelen	35
6.1.2	Organisatorische maatregelen	36
6.1.3	Brandpreventie, -detectie en -bestrijding	37
6.1.4	Ongevalbestrijding en noodplannen	38
6.2	Ongeval situaties en gevolgen analyses	38
6.2.1	Ongevalsituaties en gevolgenanalyses	38
6.2.2	Methodiek	38
6.2.3	Potentiële bronnen van radioactieve stoffen	39
6.2.4	Beschouwde inleidende gebeurtenissen	46
6.2.5	Ontwerpongevallen	47
6.2.6	Buitenontwerpongevallen	61
7	Stralingsbescherming	71
7.1	Stralingshygiënische voorzieningen	71
7.2	Maatregelen met betrekking tot stralingsbescherming	71
7.2.1	Maatregelen bij de behandeling van radioactief afval	71
7.2.2	Afscherming	71
7.2.3	Ventilatie	72
7.2.4	Meetapparatuur	72
7.2.5	Persoonlijke beschermingsmiddelen	72
7.2.6	Toegangscontrole	73
7.3	Registratie van de persoonsdoses	73
7.4	Opleiding en instructie met betrekking tot stralingsbescherming	73
bijlage A	Figuren	75

Lijst van tabellen

tabel 1	Veilige splijtstofmassa per zone uitgedrukt in ²³⁵U-equivalent	26
tabel 2	Inventaris ten behoeve van ongevalanalyses	26
tabel 3	Representatieve samenstelling van sludge en scale van de olie- en gasindustrie	40
tabel 4	Activiteitskarakteristieken bij het decontaminatiegebouw	41
tabel 5	Karakteristieke samenstelling slib waterbehandeling in tanks	42
tabel 6	Activiteitskarakteristieken bij het waterbehandelingsgebouw	43
tabel 7	Karakteristieke samenstelling activiteit in kationhars ionenwisselaarstank HFR	44
tabel 8	Activiteitskarakteristieken bij het vast-afvalverwerkingsgebouw	45
tabel 9	Activiteitskarakteristieken vloeistofdichte opslagvloer	46
tabel 10	Gepostuleerde inleidende gebeurtenissen veiligheidsevaluatie van de DWT	48
tabel 11	Ontwerpongevallen	49
tabel 12	Gevolgen van het uitvallen van het ventilatiesysteem	51
tabel 13	Gevolgen voor de omgeving door leidingbreuk	53
tabel 14	Gevolgen voor de omgeving door brand of explosie	54
tabel 15	Emissiefracties bij interne brand in het decontaminatiegebouw	56
tabel 16	Doses ontwerpongevallen decontaminatiegebouw	56
tabel 17	Emissiefracties ontwerpongevallen waterbehandelingsgebouw	58
tabel 18	Doses ontwerpongevallen waterbehandelingsgebouw	58
tabel 19	Emissies ontwerpongevallen vast-afvalverwerkingsgebouw	59
tabel 20	Doses ontwerpongevallen vast-afvalverwerkingsgebouw	60
tabel 21	Kans van optreden en gevolgen van de ontwerpongevallen	60
tabel 22	Emissies buitenontwerpongevallen decontaminatiegebouw	62
tabel 23	Maximum MIR buitenontwerpongevallen decontaminatiegebouw	62
tabel 24	Emissies buitenontwerpongevallen waterbehandelingsgebouw	64
tabel 25	Maximum MIR buitenontwerpongevallen waterbehandelingsgebouw	65
tabel 26	Emissies buitenontwerpongevallen vast-afvalverwerkingsgebouw	66
tabel 27	Maximum MIR buitenontwerpongevallen vast-afvalverwerkingsgebouw	67
tabel 28	Emissies buitenontwerpongevallen installaties buiten de DWT-gebouwen	68
tabel 29	Maximum MIR buitenontwerpongevallen DWT-installaties buiten de gebouwen	68
tabel 30	Overzicht MIR's van dominante buitenontwerpongevallen	68
tabel 31	Stralingsmeetapparatuur	72

Lijst van figuren

figuur 1	Structuur Veiligheidsrapport Kernenergiewetvergunning NRG-Petten	8
figuur 2	Situering DWT met relevante leidingen	75
figuur 3	DWT-complex	76
figuur 4	Decontaminatiegebouw	77
figuur 5	Waterbehandelingsgebouw	78
figuur 6	Vast afvalverwerkingsgebouw	79
figuur 7	Processchema vloeibaar radioactief afval DWT (waterbehandeling)	80

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.

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

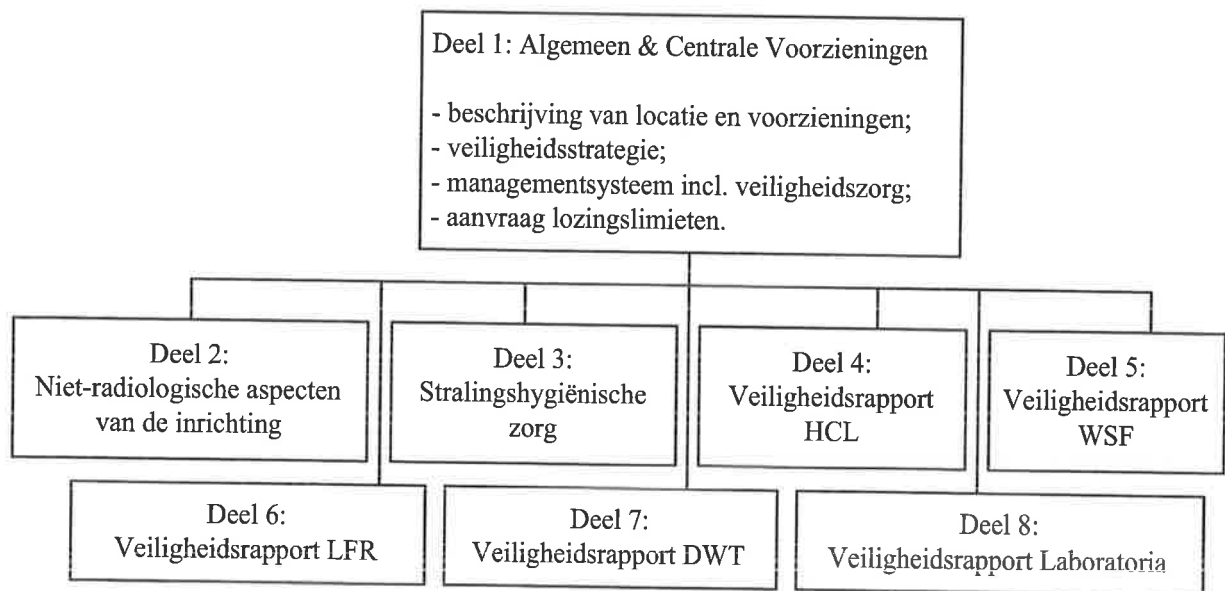
- de bescherming van de volksgezondheid;
- de bescherming op de arbeidsplaats tegen gevaren van de radioactieve stoffen en ioniserende stralen uitzendende toestellen;
- de bescherming van mensen, planten, dieren en goederen.

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**.

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 beschrijft de installaties, de bedrijfsactiviteiten, de organisatie en de wijze waarop de veiligheid van de bedrijfsvoering van de 'Decontamination and Waste Treatment' (DWT) wordt gewaarborgd. Tevens wordt het veiligheidsniveau beschreven dat bij de bedrijfsvoering van de DWT 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 Reactors*. 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 ligt ten grondslag aan alle nucleaire veiligheid en daarom ook aan het veiligheidsontwerp van de DWT. Daaraan is bij de DWT op de volgende wijze invulling gegeven.

Niveau 1: preventie

Bij het ontwerpen van de DWT is ernaar gestreefd:

- de in opslag of te verwerken hoeveelheden radioactieve stoffen te beperken;
- 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 6.2);
- het radioactief materiaal zodanig op te slaan dat dit is beschermd tegen destructieve invloeden.
- door het in deel 1 beschreven veiligheidssorgstelsel en door procedures voor alle belangrijke handelingen, wordt de veiligheid van de bedrijfsvoering in de DWT gewaarborgd.

Niveau 2: beheersing

De randvoorwaarden voor de bedrijfsvoering zijn vastgelegd in procedures en instructies. Hiernaast biedt 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 types 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 ontwerp-ongevallen zijn beschreven in hoofdstuk 6. Bij geen van deze ontwerp-ongevallen wordt vrijkomen van significante hoeveelheden radioactieve stoffen voorzien. Mocht een ongeval toch leiden tot het vrijkomen van radioactief materiaal binnen de DWT, dan zorgen filtersystemen ervoor dat deze stoffen niet in de omgeving verspreid zullen worden (paragraaf 2.2 en paragraaf 6.1.1).

Niveau 4: mitigatie

Maatregelen op niveau 4 zijn vereist indien tijdens onvoorziene situaties condities optreden waarbij significante hoeveelheden radioactieve stoffen 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 zonodig door de overheid mitigerende maatregelen worden getroffen.

1.3 Inhoud van het Veiligheidsrapport DWT

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.

Hoofdstuk 2 'Decontamination and Waste Treatment' beschrijft de locatie, het ontwerp van de faciliteit c.q. installaties en de systemen die van belang zijn voor de veiligheid bij de DWT.

Hoofdstuk 3 'Bedrijfservaring en rechtvaardiging' geeft het historisch overzicht van de DWT, welke aanpassingen en verbeteringen aan de DWT zijn aangebracht. Dit hoofdstuk geeft bovendien het onderzoeksgebied en de ontwikkeling aan van de DWT. De rechtvaardiging van de DWT is hier eveneens in opgenomen.

Hoofdstuk 4 'Behandeling en opslag van radioactieve stoffen, splijtstoffen en componenten' bevat een beschrijving van de soorten, de hoeveelheden en de wijze waarop met radioactieve stoffen wordt omgegaan.

Hoofdstuk 5 'Afvalstromen' beschrijft de soorten en hoeveelheden, de behandeling en afvoer van radioactief en niet-radioactief afval (gasvormig, vloeibaar, vast) dat enerzijds voortvloeit uit de werkzaamheden van de DWT en dat anderzijds afkomstig is van andere installaties op de OLP.

In hoofdstuk 6 'Veiligheidsevaluatie' zijn de getroffen veiligheidsmaatregelen (zowel materieel en organisatorisch) 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 DWT, waarbij als belangrijk richtsnoer het optimalisatie- (ook wel ALARA) 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 Decontamination and Waste Treatment

2.1 Inrichting

De faciliteit voor 'Decontamination and Waste Treatment' (DWT) is operationeel sinds 1962. Het DWT-complex bestaat uit drie gebouwen, namelijk het decontaminatiegebouw, het waterbehandelingsgebouw en het vast-afvalverwerkingsgebouw. Daarnaast bevindt zich aan de noordzijde van het vast-afvalverwerkingsgebouw een vloeistofdichte vloer. De situering van het DWT-complex is weergegeven in figuur 2, terwijl in figuur 3 een overzicht van het complex wordt getoond.

Binnen de diverse gebouwen van het DWT en op de vloeistofdichte opslagvloer daarbuiten, vindt een aantal activiteiten plaats, namelijk:

- behandeling en opslag van radioactief verontreinigd materiaal en voorwerpen;
- behandeling en opslag van radioactief verontreinigd vloeibaar afval;
- verwerking/opslag van radioactief verontreinigd vast afval;
- opslag van radioactief verontreinigd materiaal;
- opslag van radioactief materiaal bevattende voorwerpen (o.a. bronnen en containers)

Met 'opslag' wordt in dit kader de opslag van stoffen en componenten voorafgaand aan de uit te voeren behandeling of na behandeling in afwachting van transport bedoeld. Bovengenoemde activiteiten kunnen ook met splijtstoffen plaatsvinden.

De werkzaamheden die bij DWT plaatsvinden, worden over het algemeen in één bepaald gebouw uitgevoerd. Met betrekking tot de risicoanalyse zijn de werkzaamheden steeds beschouwd voor die locatie waar zij meestal plaatsvinden. Sommige werkzaamheden kunnen in principe ook gedeeltelijk of geheel in een van andere gebouwen of op de vloeistofdichte vloer plaatsvinden. Zo vindt bijvoorbeeld decontaminatie van besmette voorwerpen primair plaats in het decontaminatiegebouw. Incidenteel kunnen deze werkzaamheden ook plaatsvinden in de cel in het vast-afvalverwerkingsgebouw of in speciale gevallen op de vloeistofdichte vloer. Ook de faciliteiten om tubings afkomstig van de olie- en gasindustrie te reinigen (de pijpenreinigingsinstallatie) bevinden zich in het vast-afvalverwerkingsgebouw.

In het algemeen wordt in het decontaminatiegebouw radioactief verontreinigd materiaal ontdaan van de aanwezige radioactieve besmetting. Het verwijderen van deze ongewenste radioactieve bestanddelen wordt specifiek aangeduid met het begrip 'decontaminatie'. Het hierbij vrijkomende radioactieve afvalwater wordt naar het waterbehandelingsgebouw verpompt. Ook het radioactieve afvalwater van de overige faciliteiten van de OLP gaat naar het waterbehandelingsgebouw om daar gezuiverd te worden.

Het waterbehandelingsgebouw is een centrale faciliteit op het terrein waarbinnen alle vloeibare radioactieve afvalstromen van de OLP behandeld worden, en waar, voor zover mogelijk, de radioactieve fractie gescheiden wordt van het niet-radioactieve deel. Ook bevindt zich in dit

gebouw een opslagbunker waar o.a. radioactief afval en radioactieve bronnen tijdelijk kunnen worden opgeslagen.

Het radioactief materiaal dat als vast afval in ontvangst wordt genomen of dat bij de procesbehandeling ontstaat, wordt in het vast-afvalverwerkingsgebouw verwerkt en zoveel mogelijk gerecycled. Het radioactief afval wordt gescheiden van het niet-radioactief afval en vervolgens geconditioneerd door middel van persen en/of knippen ten behoeve van afvoer naar de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (COVRA) **of andere geautoriseerde instellingen (bijv. REYM/ATM voor meldingsplichtige radioactieve stoffen).**

In de gebouwen wordt onderscheid gemaakt tussen radiologische zones die beperkt toegankelijk zijn en ruimtes die vrij toegankelijk zijn. Bij het betreden van een radiologische zone dient altijd een persoonsdosimeter te worden gedragen en kan een overstapprocedure noodzakelijk worden geacht. Bij een overstapprocedure wordt, om eventuele besmetting op kleding en/of huid te voorkomen, in de te betreden zone beschermende kleding, zoals witte jassen of overalls, handschoenen en sloffen gedragen. In de radiologisch gecontroleerde ruimtes heerst onderdruk.

Bij het ontwerp van de gebouwen is er rekening mee gehouden dat met name de vloer eenvoudig te decontamineren moet zijn. De vloeren zijn overwegend glad afgewerkt en de wanden bestaan grotendeels uit stucwerk.

2.1.1 Decontaminatiegebouw

Het decontaminatiegebouw wordt vooral gekenmerkt door een grote ruimte, bestaande uit de zogeheten decohal, de decozaal en de decocel. De globale indeling van het decontaminatiegebouw is weergegeven in figuur 4. Bij het ontwerp en de constructie van de decohal heeft de mogelijkheid van aan- en afvoer van componenten en de afvoer van vloeibare afvalstromen, een belangrijke rol gespeeld. Er ligt een roostervloer in de decohal waarop de diverse werkzaamheden ten behoeve van decontaminatiedoeleinden verantwoord uitgevoerd kunnen worden. Ook kunnen in de decohal werkzaamheden met sludges en slib worden uitgevoerd. Werkzaamheden waarbij een hoog risico is van verspreiding van radioactieve stoffen worden in de decocel uitgevoerd. Tussen de decohal en de decocel bevindt zich een sluisruimte om verspreiding van radioactief materiaal te voorkomen. Om het materiaal intern te kunnen transporteren zijn boven de vloeren bovenloopkranen geplaatst. De overige ruimtes in het decontaminatiegebouw worden voor diverse toepassingen gebruikt. **Zo is in de duperhal een voorziening om hars naar het waterbehandelingsgebouw te verpompen. Hierdoor kan een werkvoorraad harsvaten in het decontaminatie gebouw aanwezig zijn. Het in de HFR gebruikte kationhars bestaat uit een waterige suspensie met daarin korrels met een korrelgrootte van 0,5 tot 1,25 mm waarop zich functionele groepen bevinden. De functionele groepen zorgen voor het afvangen van radioactieve kationen. Door de kleine korrelgrootte en het lage soortelijke gewicht (850 gram/liter) is het hars verpompbaar. Voor alle werkzaamheden geldt dat zij onder gelijkblijvende voorzieningen ook elders kunnen plaatsvinden.**

Verder bevinden zich in het decontaminatiegebouw onder meer de volgende ruimtes:

- telkamer;
- decokamer;
- magazijn;
- chemicaliënopslag;
- ventilatiezolder;
- laboratorium voor radiologische en chemische analyses;
- duperhal;
- vloeistofhal;
- wasserij.

2.1.2 Waterbehandelingsgebouw

In het waterbehandelingsgebouw wordt mogelijk radioactief verontreinigd afvalwater gezuiverd. Dit afvalwater bestaat niet alleen uit het afvalwater dat vrijkomt bij de diverse DWT-werkzaamheden, maar wordt ook via een ondergronds leidingwerk verzameld van de overige installaties op de OLP, zoals bijvoorbeeld van ECN, de HFR en van Mallinckrodt Medical BV. Het ondergrondse leidingwerk is aangegeven in figuur 2. Daarnaast wordt een tankwagen gebruikt om mogelijk radioactief verontreinigd afvalwater van de diverse overige locaties naar de DWT te transporteren. Bij het legen door middel van overpompen naar de ontvangstput staat de tankwagen op een vloeistofdichte vloer. Eventueel lekwater wordt opgevangen en alsnog in het waterbehandelingsgebouw behandeld. Een plattegrond met een globale indeling van het waterbehandelingsgebouw is weergegeven in figuur 5. Na zuivering van het afvalwater wordt het gereinigde water geloosd in de Noordzee. Het bij de behandeling van het radioactieve afvalwater ontstane slib wordt ingedikt door middel van een centrifuge. Het natte slib wordt in een COVRA-vat opgevangen en gedroogd in één van de drogers van de slibdrooglijn die in het waterbehandelingsgebouw aanwezig is. Het gedroogde slib wordt als residu in vaten naar de COVRA afgevoerd conform de algemeen geldende COVRA-condities.

Het waterbehandelingsgebouw is als volgt in te delen:

- bassinvloer met daaronder de opslagbassins;
- pompkamer;
- membraamfiltratieruimte;
- opslagruimte voor vast afval zoals COVRA- en Mallinckrodt-vaten;
- een opslagbunker voor vast radioactief afval en ingekapselde bronnen;
- ventilatieruimte;
- slibdroogruimte;
- laboratorium voor de voorbehandeling van monsters.

2.1.3 Vast-afvalverwerkingsgebouw

Dit gebouw omvat onder andere faciliteiten voor het recyclen van Tc-generatoren, het persen van vast afval en het reinigen van productieprijpen van de olie- en gasindustrie, waarbij gebruik wordt

gemaakt van een hogedruk-reinigingsinstallatie. In figuur 6 is een globaal overzicht van het vast-afvalverwerkingsgebouw gegeven.

In het complex zijn de volgende ruimtes te vinden:

- opslag- c.q. verwerkingsruimtes;
- opslagloods;
- pers-/segmenteercel
- **onderdrukcel 016;**
- behandelingscel;
- ventilatieruimte;
- recycling generatoren;
- **pijpenreinigingsruimte.**

2.2 Installaties

Kenmerkend voor de radiologische ruimtes is dat een luchtbehandelings- of ventilatiesysteem zorgt voor onderdruk. De aanwezigheid van onderdruk zorgt ervoor dat de luchtstroom altijd van buiten naar binnen zal stromen, om zodoende verspreiding van mogelijk radioactieve stofdeeltjes onder controle te kunnen houden. Dit geldt in strengere mate voor de cellen in het decontaminatie- en vast-afvalverwerkingsgebouw waar meer onderdruk heerst ten opzichte van de andere ruimten. Een deel van de aanwezige installaties zijn niet plaats gebonden en kunnen met gelijkwaardige voorzieningen in een ander gebouw geplaatst worden.

2.2.1 Installaties decontaminatie

Voor het decontamineren van radioactief verontreinigde voorwerpen staan de volgende installaties ter beschikking:

- pijpenreinigingsinstallatie (in het vast-afvalverwerkingsgebouw);
- abrasiefstraalcabines;
- chemische reinigingscabine;
- hogedrukreiniging-units (niet plaatsgebonden).

In de decohal zorgt een roostervloer ervoor dat het voor decontaminatie gebruikte afvalwater naar de eronder liggende opvangput loopt waar het wordt opgevangen en op afschot wordt afgevoerd via ondergronds leidingwerk in leidinggoten naar de centrale waterbehandeling in het waterbehandelingsgebouw. Om de voorwerpen te kunnen verplaatsen zijn er kettingwerk en hijsbanden aanwezig, die aan de bovenloopkranen bevestigd kunnen worden.

Andere installaties in het decontaminatiegebouw zijn:

- een stoomgenerator;
- **voorzieningen voor de decontaminatie van met uranium besmette voorwerpen en verwerking van het gebruikte spoelzuur tot slib *);**

- een harsverwerkingsinstallatie waarmee hars uit een opslagvat naar een dagtank in het waterbehandelingsgebouw wordt verpompt *) **);
- een dompelspoelmachine;
- wasautomaten in de wasserij;
- zuurkasten in het laboratorium;

*) Deze handelingen kunnen ook in waterbehandelingsgebouw plaatsvinden. Om de inventaris in verband met de risicoanalyse vast te stellen, is verondersteld dat deze handelingen in het decontaminatiegebouw plaatsvinden.

**) De mogelijkheid om het hars afkomstig van de HFR te verwerken c.q. te conditioneren is momenteel nog in onderzoek. Vooruitlopend op de resultaten hiervan zijn deze werkzaamheden reeds in de risicoanalyse meegenomen. Hierbij is aangenomen dat de installatie in het decontaminatiegebouw staat opgesteld.

2.2.2 Installaties waterbehandeling

Ten behoeve van de waterbehandeling zijn installaties beschikbaar die noodzakelijk zijn om de vlocibare afvalstromen zoveel mogelijk te kunnen scheiden in een radioactieve en niet-radioactieve fractie, zoals:

- bezinkbassins;
- dagtanks;
- membraamfiltratie-units;
- slibcentrifuge;
- slibdroogunits
- zeelozingsleiding.

In figuur 7 wordt een globaal processchema van de waterbehandeling bij de DWT weergegeven. In het waterbehandelingsgebouw bevindt zich ook een sorteerruimte voor het scheiden van radioactief afval. Een meetunit zorgt voor de activiteitsmetingen van het afval, waarna het scheiden van het materiaal kan plaatsvinden.

2.2.3 Installaties vast-afvalverwerking

Voor het verwerken van vast afval zijn in de van de buitenlucht afgesloten segmenteercel de volgende installaties beschikbaar:

- knipinstallatie;
- twee 90-tons persinstallatie.

Om het radioactief afval in de daarvoor bestemde COVRA vaten te kunnen plaatsen zijn de bovengenoemde mechanische attributen noodzakelijk om het volume aanzienlijk te kunnen reduceren. Daarnaast zijn in de cel hijsvoorzieningen aanwezig ten behoeve van het transporteren van materialen.

Buiten de segmenteercel zijn er installaties aanwezig, zoals:

- semi-automatische pijpenreinigingsinstallatie (gesloten systeem);
- generatoren ontmantelingslijn.

In figuur 8 wordt een globaal processchema van het verwerken van vast radioactief afval weergegeven.

2.2.4 Vloeistofdichte vloer

Het opslagterrein ten westen van het waterbehandelingsgebouw is voorzien van een vloeistofdichte vloer. De vloeistofdichte opslagvloer buiten op het DWT-complex wordt gebruikt voor:

- **het buiten opslaan van divers materiaal, waaronder componenten en schrootonderdelen, NORM-houdend vast afval, en tanks en vaten met radioactief verontreinigde sludges uit de olie- en gaswinning, voorafgaand aan de uit te voeren behandeling of na behandeling in afwachting van transport;**
- **Het overpakken/uitpakken/overpompen/segmenteren van voorwerpen, installatieonderdelen en of afvalstoffen en andere werkzaamheden die niet in de gebouwen plaats kunnen plaatsvinden.**
- **Het met speciale apparatuur met adequate voorzieningen om mens en milieu te beschermen spoelen/decontamineren van grote tanks/voorwerpen die niet in de gebouwen passen.**
- de aanvoer, opslag en afvoer van te reinigen en gereinigde pijpen.

Deze vloeistofdichte opslagvloer bestaat uit stelconplaten die waterdicht zijn afgekit, met daarop aangesloten een afwateringssysteem ten behoeve van de afvoer van (hemel)water. Water dat op de vloer terechtkomt, wordt via een goten- en buizensysteem afgevoerd naar een slibafscheider. Via een olie/waterscheider en een controleput komt het in een pompput terecht, van waaruit het water naar het OLP-rioolsysteem wordt gepompt. Van hieruit wordt het, tezamen met andere afvalwaterstromen van de OLP, naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie van het Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen gevoerd. In bijzondere gevallen, zoals calamiteiten, is het mogelijk om het water vanuit de pompput naar de waterbehandelingsinstallatie te laten afvoeren.

2.3 Algemene voorzieningen

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

- bedrijfsbrandweer;
- gebouwbeheerssysteem;
- elektrotechnische voorzieningen;
- afvalwatersystemen;
- perslucht;
- beveiliging;

- bedrijfsnoodplan;
- voorzieningen voor reductie van gevolgen van ongevallen.

2.3.1 Elektrotechnische voorzieningen

Bij de elektrotechnische voorzieningen kan onderscheid worden gemaakt tussen de voorzieningen voor normaal bedrijf en de noodstroomvoorzieningen.

NRG heeft een noodstroomcentrale die bij uitvallen van de externe stroomtoevoer binnen 10 seconden de belangrijkste installaties van stroom voorziet. De ventilatiesystemen en noodverlichting van DWT zijn aangesloten op de noodstroomvoorziening.

2.3.2 Afvalwatersystemen

Van de vele typen leidingen die het terrein doorsnijden, zal hier nader worden ingegaan op de leidingen voor radioactief afvalwater. In figuur 2 zijn de relevante leidingen aangegeven.

Riolering

Sanitair afvalwater en bedrijfsafvalwater wordt, voor zover het niet afkomstig is van een radiologisch werkgebied, opgevangen in een rioolstelsel op het terrein. Het opgevangen afvalwater loopt, deels via een leiding onder vrij verval, deels via een persleiding, naar een pompput. Van hier uit wordt het door een persleiding naar een pompput van het Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen gepompt, van waar het verder wordt gepompt naar een rioolwaterzuiveringsinstallatie.

Afvoerleidingen voor radioactief afvalwater

DWT is een centrale faciliteit voor het behandelen van (mogelijk) met radioactieve stoffen besmet afvalwater afkomstig van diverse bedrijven van de OLP. Voor het transport van het vrijkomende afvalwater van de betreffende productielocaties naar de DWT, is gekozen voor twee verschillende systemen:

- Een deel van het afvalwater wordt verzameld in tanks nabij de productielocaties. Deze tanks zijn opgesteld in grotendeels ondergrondse betonnen bakken en worden terreinputten of waste tanks genoemd. Afvoer van het in de putten opgeslagen afvalwater naar de DWT vindt plaats met behulp van een tankwagen.
- Het overige afvalwater wordt via ondergrondse leidingen naar de DWT afgevoerd.

Het behandelde water wordt na behandeling via een speciale zeelozingsleiding afgevoerd naar zee.

Zeelozingsleiding

De zeelozingsleiding wordt gebruikt om uit radiologische ruimtes afkomstig afvalwater te lozen in zee. De 4,4 km lange leiding loopt vanaf het waterbehandelingsgebouw ondergronds in westelijke richting.

De zeelozingsleiding bestaat uit een HDPE buis met een binnendiameter van 6,3 cm, welke omwikkeld is met diverse versterkende en beschermende lagen van verschillende materialen. De leiding loopt vanuit het zeelozingsbassin in het waterbehandelingsgebouw ondergronds via een inspectieput buiten de OLP-terreingrens in westelijke richting. In de nabijheid van de waterlijn is de leiding verankerd in beton. Aan het eind van de leiding is een spuitstuk gemonteerd op een betonnen voetstuk. De positie van de leiding in de zeebodem wordt jaarlijks door Rijkswaterstaat vastgesteld. De leiding wordt jaarlijks op lektheid gecontroleerd.

Voor het eerste deel van de leiding (op het land) is lekdetectie door middel van "vloeistof niveau-meting" toegepast. Tussen de binnen- en buitenmantel bevindt zich een vloeistoflaag, welke is verbonden met een voorraadtankje in een gebouw op het DWT-complex. Als één van beide mantels lek raakt, zal het vloeistofniveau in de voorraadtank wijzigen. Dit wordt elektronisch gesignaleerd en door middel van een waarschuwingslamp zichtbaar gemaakt aan de operator. Tevens is deze lekdetectie aangesloten op het gebouwbeheersysteem (GBS).

2.3.3 Beveiliging

De beveiliging van het NRG-terrein bestaat zowel uit passieve als actieve beveiliging. Het gehele terrein van OLP is omsloten door een hekwerk. Toegang tot het terrein vindt alleen plaats na toetsing van de bevoegdheid door de bewaking of door middel van elektronische toetsing.

Voor enkele specifieke installaties is objectbeveiliging toegepast en is de toegang met behulp van codesleutels verder beperkt tot een klein aantal medewerkers. Dit is het geval bij de slibcentrifuge en slibdrooginstallatie in het waterbehandelingsgebouw.

De gebouwen worden buiten kantooruren afgesloten. Buiten de kantooruren wordt er gesurveilleerd. Daarnaast zijn er 24 uur per dag elektronische hulpmiddelen voor omgevingscontrole operationeel.

3 Bedrijfservaring en rechtvaardiging

3.1 Historisch overzicht

De DWT is in gebruik vanaf begin jaren '60. Thans bestaat de faciliteit uit drie gebouwen waarvan het vast-afvalverwerkingsgebouw in twee gedeelten is geconstrueerd, een opslagterrein en enkele ondergrondse leidingen, gangen en goten. Oorspronkelijk is de DWT opgezet als faciliteit ten behoeve van de overige nucleaire faciliteiten van de OLP. De meest voorkomende nucliden in het afval waren afkomstig van onderzoek naar de splijtstofcyclus en materialenonderzoek. In het verleden verwerkte RCN en later het ECN ook het licht- en middel-radioactieve afval afkomstig uit Nederland. Deze laatste activiteit is intussen volledig overgedragen aan de Centrale Organisatie voor Radioactief Afval (COVRA) te Borsele.

DWT heeft 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.

Een belangrijke bouwkundige wijziging was het verwijderen van de 1500 ton pers uit de radiologische cel in het vast-afvalverwerkingsgebouw. De COVRA heeft het persen van vaten volledig overgenomen. Relevant bij de waterbehandeling is dat in het verleden de waterbassins van open naar gesloten systemen zijn omgebouwd. In het waterbehandelingsgebouw is de waterbehandeling en slibdroging volledig geoptimaliseerd conform de laatste stand der techniek. Hierbij is ruime aandacht gegeven aan de stralingshygiënische zorg door voorzieningen als aangepaste ventilatie en voldoende afscherming.

Door de installatie van keramische membraamfilter units ten behoeve van afvalwaterzuivering voldoet deze installatie aan het criterium "Best Technical Means" en is de milieubelasting door zware metalen zeer sterk afgenomen.

Ten behoeve van het scheiden en drogen van slib zijn nieuwe slibdroogunits en een slibcentrifuge geïnstalleerd. Deze "Best Technical Means" installatie is een sterke verbetering van de arbeidsomstandigheden, waardoor het slib efficiënter wordt verwerkt. In de afgelopen jaren is de efficiency van de slibafscheiding door de centrifuge geoptimaliseerd.

Voor de tijdelijke opslag van grote componenten die ter decontaminatie zijn aangeboden, is een vloeistofdichte vloer geïnstalleerd.

Het ontwikkelen en het in bedrijf nemen van een semi-automatische pijpenreinigingsinstallatie heeft geleid tot een efficiëntere en veiligere methode van decontamineren van productiepijpen uit de olie- en gasindustrie. **De ruimte waarin zich de pijpenreinigingsinstallatie bevindt is in 2006 door middel van een doorzichtige wand afgeschermd, waardoor het voorkomen van de verspreiding van radioactieve stoffen geborgd is.**

Adequate stralingsmeetapparatuur waaronder besmettingsmeters en een hand-/voetmonitor zijn aanwezig welke jaarlijks worden gekalibreerd. Voor een goede personenbesmettingscontrole staat bij de ingang van het decontaminatiegebouw een portaalmonitor.

Door het installeren van de ontmantelingslijn voor de recycling van generatoren zijn arbotechnische verbeteringen gerealiseerd waarbij hijsvoorzieningen en pneumatisch aangedreven verwijdermechanismen zijn gemonteerd. Vanuit het oogpunt van de arbeidsomstandigheden is een nieuwe transportband in gebruik genomen voor de vatenopslag in het waterbehandelingsgebouw.

De decocel in het decontaminatiegebouw is volledig gerenoveerd en heringericht zodat de decontaminatiewerkzaamheden, met name bij hogedrukreiniging, veilig kunnen plaatsvinden. Ook zijn extra veiligheidsvoorzieningen op het bedieningspaneel aangebracht.

Alle in het kader van de – tezamen met het project Bedrijfs Interne Milieuzorg – uitgevoerde Risico-Inventarisatie en -Evaluatie geïdentificeerde verbeterpunten zijn gerealiseerd.

In het kader van het afvalbeheer wordt laagactief afval en niet-actief afval nog steeds bij de bron gescheiden. **Door het verlagen van de vrijstellingsgrenzen voor radioactief afval door het van kracht worden van het Besluit Stralingsbescherming (met name voor Co-60 met een factor 100) is de hoeveelheid radioactief afval afkomstig van de HFR toegenomen en wordt de geautomatiseerde afvalmonitor-meetopstelling alleen nog voor de karakterisering van technetiumhoudend afval gebruikt.**

Er is een geautomatiseerd administratieprogramma aanwezig voor het registreren van de afvalverwerking met betrekking tot het verpersen van radioactief afval en het afvoeren van vaten met radioactief afval conform COVRA-eisen.

Verder zijn ook de volgende verbeteringen de laatste jaren doorgevoerd:

- installatie van diverse instelbare mobiele heftafels, zodat aan- en afvoer van radioactief besmette voorwerpen eenvoudiger en veiliger plaatsvindt;
- aanvulling met stortmatten en verbetering van de grondbedekking op de zeebodem aan het uiteinde van de zeelozingsleiding;
- **opvulling van een onderspoeld stuk van de zeelozingsleiding;**
- in gebouw 22 is een bergplaats voor radioactief materiaal/afval gerealiseerd.

De gemiddelde jaardosis per medewerker is in de loop der jaren licht toegenomen als gevolg van uitbreiding van diverse werkzaamheden, maar bedraagt minder dan 0,5 mSv.

3.2 Bedrijfservaring

De DWT is een dienstverlenende faciliteit binnen NRG die streeft naar volumereductie van radioactieve afvalstromen door scheiding, hergebruik en recycling. Op basis van continue ontwikkeling om processen te optimaliseren en te verbeteren worden innovatieve technieken uitgetoetst en op economische haalbaarheid getoetst.

Decontaminatie

De decontaminatiewerkzaamheden hebben zich ontwikkeld van handmatig naar mechanische toepassingen naar semi-geautomatiseerde technieken (borstel tot hogedrukreiniging). Onderzoek naar verbeterde technieken heeft geleid tot een adequate en efficiëntere decontaminatietechniek, namelijk hogedrukreiniging. Effectiever gebruik van chemicaliën is een andere ontwikkeling op het gebied van decontaminatie. Het streven is volumereductie met zoveel mogelijk hergebruik van materialen.

Met radioactieve stoffen besmette voorwerpen worden, meestal met behulp van natte techniek, gedecontamineerd. Voorbeelden van gebruikte technieken zijn hogedruk waterstralen, chemisch reinigen in een vloeistofbad of dompelspoelmachine en (nat) abrasief stralen. Het decontamineren van productiepijpen uit de olie-/gasindustrie wordt met behulp van hogedrukreiniging in een gesloten systeem uitgevoerd waardoor verspreiding van radioactieve deeltjes wordt voorkomen.

Naast eigen onderzoek worden ontwikkelingen op het gebied van decontaminatie voortdurend bijgehouden. Technieken die het decontaminatieproces kunnen verbeteren en de afvalverwerking kunnen ontlasten, worden ontwikkeld en op economische en technische haalbaarheid voor industriële toepassing getoetst.

Op grond van bedrijfservaring die de afgelopen jaren is opgedaan en op basis van analyseresultaten van de afgelopen jaren is de activiteitsconcentratie in sludges en scale afkomstig van de olie en gas industrie voor elk nuclide met een factor twee verhoogd. Ook is de inventaris van besmette componenten verhoogd in verband met nieuwe activiteiten voor de HFR.

De slibdrooglijn en de hoppers zijn ontmanteld en vervangen door de "nieuwe slibdrooglijn" die in het waterbehandelingsgebouw is gerealiseerd en in gebruik genomen.

In de duperhal van het decontaminatiegebouw is een opstelling voor de verwerking van hars gerealiseerd. De verwerking van hars bevindt zich op dit moment nog in een onderzoeksstadium.

Aan de werkzaamheden in het decontaminatiegebouw zijn handelingen met splijtstoffen toegevoegd in verband met decontaminatie van voorwerpen afkomstig van de nucleaire (bijv. Urenco) en niet nucleaire industrie die meer dan 0,1% uranium of 3% thorium bevatten.

Waterbehandeling

Afvalwater dat (mogelijk) radioactief verontreinigd is als gevolg van de werkzaamheden wordt behandeld en gezuiverd. Het opvangen en verzamelen van de vloeibare afvalstromen gebeurt in dagtanks of bassins die afgesloten zijn van de buitenlucht. **Het operationeel hebben van een membraanfiltratiesysteem in het watergebouw zorgt ervoor dat het gereinigde water verantwoord afgevoerd kan worden naar de Noordzee. Voor de slibverwerking is een slibcentrifuge en slibdroogunits in gebruik die zorgen voor een snellere en effectieve manier van slibbehandeling en -afvoer.**

De activiteit van het waterbehandelingslib is toegenomen vooruitlopend op de veronderstelde verwerking van hars bij DWT waarbij het hars uiteindelijk in het waterbehandelingslib terecht komt en tesamen met dit slib naar COVRA wordt afgevoerd.

Opslag

Ten behoeve van het tijdelijk buiten opslaan van en het uitvoeren van handelingen met divers materiaal, onder andere productiepijpen, tanks en containers met besmette boventubings is een vloeistofdichte vloer geplaatst die bij calamiteiten de bodem beschermt tegen eventuele radiologische en/of chemische verontreiniging. Bij "normaal" bedrijf wordt het hemelwater, na scheiding van slib- en olieresten, afgevoerd naar het riool van Uitwaterende Sluizen. Bij calamiteiten wordt de afvoer naar de waterbehandeling overgezet. **Vanwege de toename en uitbreiding van werkzaamheden in het decontaminatiegebouw is ook de inventaris van de interim opslag op de vloeistofdichte vloer in afwachting van behandeling verhoogd.**

Vast afvalverwerking

Bij de vast-afvalverwerking wordt het scheiden van afval geoptimaliseerd door middel van het toepassen van scheidingstechnieken en ontmanteling. Hier is onder andere een ontmantelingslijn voor de generatoren van Mallinckrodt ontwikkeld. Divers materiaal als polyethyleen verpakking, karton en papier wordt gescheiden en waar mogelijk hergebruikt. De ontmantelde Mo/Tc-bronnen gaan als radioactief afval naar de COVRA en de onderdelen van de generatoren gaan gedemonteerd retour naar Mallinckrodt.

Hars afkomstig van de HFR is opgeslagen in de trenches. De hoeveelheid hars is ten opzichte van 2000 is toegenomen door verplaatsing van hars van de HFR naar DWT in afwachting van het realiseren van een verwerkingsoptie bij DWT.

Verwerking vloeibare reststromen

Sludges zijn afvalstoffen die naast radionucliden ook zware metalen en organische stoffen bevatten. De aanwezigheid van de organische componenten in sludges is er de oorzaak van dat de sludges niet gedroogd kunnen worden zonder voorbewerking. Door het hoge droge-stofgehalte van het materiaal, de mogelijk hoge kwikconcentraties en de aanwezigheid van vluchtige radionucliden is het ook niet geschikt om verbrand te worden.

Het afscheiden van de olieachtige fase en waterige fase en het met behulp van vacuümdestillatie scheiden van het resterende materiaal, met een relatief hoog vaste stof gehalte en met vrijwel alle radioactieve stoffen, is vooralsnog de meest geschikte bewerkingsmethode gebleken. Een bedrijfsmatige toepassing van vacuümdestillatie bij NRG is niet rendabel gebleken. Daarom zullen de werkzaamheden van NRG met betrekking tot de verwerking van deze afvalstroom zich vooralsnog beperken tot de voorbehandeling, volumereductie, conditionering en karakterisering van sludges zodat directe verwerking met behulp van vacuümdestillatie door derden mogelijk is. Na vacuümdestillatiebehandeling (in het buitenland) zal het resterende afval geschikt zijn om bij COVRA te worden opgeslagen.

3.3 Rechtvaardiging

DWT is opgericht teneinde de radioactieve afvalstroom te verkleinen en het hergebruik en de recycling van producten te optimaliseren. DWT is in staat een totaalpakket aan te bieden dat zorg draagt voor een veilige en efficiënte behandeling en verwerking van de radioactieve afvalstromen.

Door de aanwezige expertise is NRG in staat deskundig advies en ondersteuning te geven aan industrieën en overheidsinstellingen die te maken hebben met radiologische problemen. Vooral de olie-/gasindustrie vraagt sinds de jaren '80 veelvuldig hulp bij het oplossen van het probleem door afzetting van radioactief scale in boor- en productielocaties. De petrochemische en andere industriële sectoren die natuurlijke ruwe grondstoffen gebruiken en/of processen toepassen die radiologische problemen met zich meebrengen zijn ook bekend met de expertise van NRG.

Door besmette componenten te decontamineren wordt de hoeveelheid radioactief afval aanzienlijk gereduceerd en komt het gereinigd materiaal voor hergebruik in aanmerking. Door de afvoer van radioactief afval naar de COVRA beperkt te houden en door recycling van producten na te streven, wordt het milieu zo min mogelijk belast.

4 Behandeling en opslag van radioactieve stoffen, splijtstoffen en componenten

4.1 Aard van de radioactieve stoffen en splijtstoffen

Bij de DWT worden radioactief besmette voorwerpen en radioactief afvalwater gereinigd, radioactieve reststoffen uitgesorteerd, geconditioneerd en/of tijdelijk opgeslagen ten behoeve van verdere verwerking en (resterende) radioactieve afvalstoffen gereedgemaakt voor transport naar de COVRA in Borsele of andere geautoriseerde verwerkers. Door de aard van de werkzaamheden en de herkomst van de radioactieve stoffen zal de radionuclideninventaris van de DWT voortdurend wijzigen.

Karakteristieke radionucliden in of op voorwerpen en reststoffen afkomstig van de niet-nucleaire industrie, onder meer de olie- en gas industrie, zijn radionucliden uit de ^{238}U -reeks en de ^{232}Th -reeks.

De kunstmatige radionucliden zijn onder meer afkomstig van ter decontaminatie aangeboden voorwerpen en reststoffen uit de nucleaire industrie en schrootbedrijven en van het afvalwater van diverse installaties van de OLP, zoals ECN, de HFR, Mallinckrodt Medical en HCL. De samenstelling is divers van aard. Het gaat hierbij om een spectrum van radionucliden waaronder ^{51}Cr , ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{99}Mo , ^{115}Cd en ^{137}Cs .

Splijtstoffen komen bij DWT in lage concentraties c.q. kleine hoeveelheden voor in de vorm van radioactieve besmettingen (scales) op voorwerpen afkomstig van de nucleaire industrie. Meestal betreft dit verarmd uranium, slechts incidenteel (laag) verrijkt uranium. Bij chemische decontaminatie komen de splijtstoffen geconcentreerd in vloeistoffen terecht en na precipitatie in het afgescheiden slib. Daarnaast kunnen splijtstoffen aanwezig zijn in de vorm van transport/opslag-containers die verarmd uranium bevatten en of andere (gebruiks)voorwerpen die meer dan 3% thorium (bijv. gasgloeikousjes, stempels die gebruikt worden in de olie- en gasindustrie etc.) of meer dan 0,1% uranium bevatten (bijv. uraniumbekers etc.). De splijtstoffen worden ruwweg onderscheiden in de volgende categorieën:

- splijtstof in vaste chemische verbindingen;
- splijtstof opgelost in vloeistoffen;
- splijtstof in transportcontainers van verarmd uranium.

Het gehanteerde uranium is in te delen in drie 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 %).

4.2 Hoeveelheid radioactieve stoffen en splijtstoffen

De aard en de hoeveelheid radioactieve stoffen bij DWT zijn sterk wisselend, waardoor de totale hoeveelheden van radioactieve stoffen variëren. Bij DWT worden slechts veilige hoeveelheden splijtstof gehanteerd waardoor kriticititeit uitgesloten is. De splijtstoffen zijn aanwezig in de vorm van gebruiksvoorwerpen of materialen die meer dan 3% thorium of 0,1% uranium bevatten, splijtstof(resten) bevattende scales, decovloeistoffen of gecertificeerde containers.

Onder veilige hoeveelheden splijtstof wordt de maximaal toelaatbare hoeveelheid splijtstof in een "zone" verstaan die onder de meest ongunstige omstandigheden (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 ^{239}Pu x 1,75). Genoemde waarden zijn gebaseerd op theoretische beschouwingen, waarbij splijtstof zich in de optimale geometrische vorm bevindt (bolvorm), de neutronen optimaal gemodereerd zijn en het geheel optimaal gereflecteerd is. De 'veilige hoeveelheden' 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 administratieve procedures wordt het beperken van de hoeveelheden verzekergesteld.

tabel 1 Veilige splijtstofmassa per zone uitgedrukt in ^{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

tabel 2 Inventaris ten behoeve van ongevalanalyses

Locatie	Inventaris [GBq]	Dominante bronnen
Decontaminatiegebouw	450	Harsvaten (werkvoorraad *), Sludge/slib olie- en gas industrie Besmette voorwerpen
Waterbehandelingsgebouw	600	Verzameld slib in bassins
Vast-afvalverwerkingsgebouw	18 200	Opgeslagen hars in vaten *) Tc-generatoren
Vloeistofdichte vloer (buiten)	700	Opgeslagen sludge in tanks Zeecontainers met besmette componenten *)

*) nieuwe of verplaatste activiteiten, bepalend voor de inventaris verspreidbare stoffen.

Als gevolg van het aan- en afvoeren van uiteenlopende radioactief verontreinigde materialen in vaste en vloeibare vorm, zijn voor wat betreft de ongevalanalyse de volgende geschatte maximale hoeveelheden bepaald. De opsomming in onderstaande tabel is bij de in hoofdstuk 6 behandelde analyse van de (buiten-)ontwerpongevallen gehanteerd.

Toestellen waarmee ioniserende straling kan worden opgewekt zoals röntgentoestellen zijn bij de DWT niet aanwezig.

4.3 Registratie, inspectie en administratie

Acceptatie en ingangscontrole van de aangeboden radioactief besmette voorwerpen wordt altijd uitgevoerd. De activiteit van het aangeboden afvalwater wordt door analyse van representatieve monsters gemonitord. Conform de WVO vergunning van NRG worden periodiek steekmonsters genomen van het lozingswater ten behoeve van de analyse op zware metalen. Het lozingswater van iedere zeelozing wordt debietproportioneel bemonsterd en geanalyseerd op aanwezige radionucliden. De kwaliteit van de afgezogen lucht uit de radiologische ruimtes wordt continu gecontroleerd en geregistreerd. Regelmatig worden er inspecties uitgevoerd om de veiligheid binnen de DWT te waarborgen, waarbij gekeken wordt naar de aanwezigheid, de toestand en/of de werking van verschillende aspecten zoals procesonderdelen, installaties en detectieapparatuur.

Het aanbod van radioactief materiaal bij de DWT is divers en kan bestaan uit verscheidene objecten waaronder radioactief besmette voorwerpen, vaten met radioactief afval, schroot/tubingcontainers en/of vloeistoftanks. Gegevens over het radioactief materiaal dat binnenkomt worden schriftelijk vastgelegd en administratief verwerkt in de registratie van radioactieve stoffen en splijtstoffen. **De gegevens over de bij DWT aanwezige splijtstof (hoeveelheden, locatie, hoedanigheid etc.) worden (per zone) geadministreerd.** De gegevens omvatten informatie over transport, decontaminatie, afval en eventueel uitgevoerde analyses.

Het uitgaande radioactief materiaal wordt administratief verwerkt. De gegevens die worden vastgelegd hebben betrekking op de afvoer van vast afval naar de COVRA in vaten, waarbij de aard van de inhoud, het gewicht van het vat, de hoeveelheid activiteit, de stralingsbelasting aan het oppervlak en het aantal vaten zijn vermeld. Relevante informatie vanuit de stralingscontrole zoals stralingsbelasting wordt in kwartaaloverzichten vastgelegd.

DWT heeft een geautomatiseerd vatenverwerkingsprogramma waarin informatie over het in behandeling zijnde vast afval nauwkeurig wordt geregistreerd. Deze vatenadministratie geeft inzicht in de aan- en afvoer van vast afval in vaten waarvan de inhoud, het gewicht en het droge stof gehalte voldoen aan de strenge eisen van de COVRA.

4.4 Behandeling van radioactieve componenten/stoffen

4.4.1 Decontaminatie

Componenten die voor decontaminatie worden aangeboden, zijn sterk wisselend van vorm, grootte en type radioactieve besmetting.

De processen en activiteiten ten behoeve van decontaminatie zijn afhankelijk van besmettingsgraad en werkmethode:

- het decontamineren van radioactief besmette componenten in de decocel;
- het decontamineren van radioactief besmette componenten in de decokamer (zuurkast) of de dompelspoelmachine in de decohal;
- het decontamineren van radioactief besmette componenten op de roostervloer in de decohal;
- het reinigen van radioactief verontreinigde pijpen (voornamelijk scaling bij buizen uit de olie- en gaswinning) met de pijpenreinigingsinstallatie; dit vindt plaats met water onder hoge druk in een gesloten systeem. Het vrijkomende waterige, radioactieve slib wordt voor verdere behandeling getransporteerd naar het waterbehandelingsgebouw. Ten behoeve van deze reiniging is een pomphuis voor de hoge druk pomp en een verplaatsbare stalen dieseltank met een inhoud van 5.000 liter geplaatst;
- **het (o)verpompen, ontwateren en conditioneren van slibben en sludges;**
- controle in of vanuit de telruimte;
- wassen van radioactief besmet textiel in wasserij;
- radioactiviteitsanalyse in laboratorium;
- het drogen van slib afkomstig uit waterbehandelingsgebouw in slibdroogruimte.

Het decontamineren van voorwerpen wordt op diverse manieren uitgevoerd, waaronder chemische en mechanisch-fysische decontaminatie. Kenmerkend voor deze wijze van decontaminatie is dat het onder 'natte' omstandigheden plaatsvindt, waardoor verspreiding van potentiële radioactieve deeltjes wordt voorkomen. Chemische decontaminatie gebeurt met behulp van zuren, basen en zeepachtige stoffen en mechanisch-fysische decontaminatie door gebruik te maken van hogedrukwaterreiniging en abrasiefstralen. Daarnaast kunnen onder meer ook ultrasoon reinigen en elektrolytisch polijsten worden toegepast. In enkele gevallen is het door de aard en omvang van de te decontamineren componenten noodzakelijk dat de componenten door een gespecialiseerd bedrijf buiten de inrichting NRG-Petten worden gedemonteerd. Het gespecialiseerde bedrijf wordt vooraf op de hoogte gesteld en voor zover mogelijk wordt de aard en omvang van aanwezige radioactiviteit aangegeven. Deze werkzaamheden worden onder direct toezicht van een deskundige van NRG uitgevoerd, waardoor geborgd is dat de werkzaamheden en de stralingshygiënische zorg conform de NRG-systematiek worden uitgevoerd.

Het verontreinigde water wordt vanuit de decohal via de roostervloer en vanuit de decocel via goten opgevangen in de kelderbassins en wordt van daaruit via een ondergrondse leiding naar het waterbehandelingsgebouw afgevoerd en daar behandeld.

4.4.2 Waterbehandeling

De belangrijkste activiteiten bij de waterbehandeling zijn het controleren, verzamelen (als buffer), behandelen van (mogelijk) radioactief afvalwater en vervolgens het effluent gecontroleerd verpompen naar de Noordzee via de zeelozingsleiding. Het afvalwater is afkomstig van de werkzaamheden bij de DWT en vanuit andere gebouwen op de OLP waar nucleair onderzoek wordt verricht.

De processen en activiteiten bij de waterbehandeling zijn:

- het verzamelen, opslaan en behandelen van afvalwater van de OLP voordat verpomping naar zee plaatsvindt. In geval van calamiteiten kunnen de tanks als reservebassin fungeren;
- het toevoegen van flocculatiemiddel en base of zuur aan de tankinhoud;
- het scheiden van verontreinigde deeltjes uit het afvalwater door gebruik te maken van de principes van bezinking, centrifuge en membraamfiltratie;
- **het scheiden en verwerken (slibverwijdering en slibdroging) van de vloeibare afvalstoffen;**
- het afvoeren van gedroogd slib in 100-liter vaten naar het vast-afvalverwerkingsgebouw ten behoeve van transport naar COVRA.

In het waterbehandelingsgebouw komen bij de centrale waterbehandeling vloeibare afvalstromen binnen die mogelijk radioactieve deeltjes bevatten waarbij separatie zal plaatsvinden tussen het radioactieve deel en niet-radioactieve deel, zie ook figuur 7. De vaste deeltjes worden eerst grof gescheiden van het afvalwater door middel van bezinking in grote dagtanks nadat flocculatiemiddelen zijn toegevoegd. Na flocculatie, menging en bezinking zullen de vaste deeltjes zoveel mogelijk uit het water gecentrifugeerd worden. Na het centrifugeren zal het water een fijne scheidingsstap ondergaan met behulp van membraamfiltratie waarbij zwevend stof uit het afvalwater wordt verwijderd. Na het scheiden van water en slib zal het geconditioneerde slib gedroogd worden, waarna het voor opslag bij de COVRA gereed wordt gemaakt. Het gereinigde water zal uiteindelijk naar de Noordzee verpompt worden.

4.4.3 Vast afvalverwerking

De activiteiten ten behoeve van vast afvalverwerking zijn:

- Het mechanisch bewerken zoals knippen en/of persen van radioactief besmette voorwerpen in het afvalstadium, om geschikt te maken voor transport naar COVRA, in de persruimte;
- Het tijdelijk opslaan van radioactieve stoffen in de opslagruimte voor laag radioactief vast afval, deels ondergronds in putten met betondeksels (uiteenlopende verpakkingen), deels bovengronds in stalen en kunststof vaten; opslag hiervan vindt plaats tot verdere verwerking plaatsvindt;
- Het recyclen (het uitpakken en het ontmantelen) en het scheiden van vrijkomende stoffen en materialen. Deze stoffen worden waar mogelijk vrijgegeven voor hergebruik, anders als afvalstoffen afgevoerd. Een voorbeeld betreft de recycling van generatoren van Mallinckrodt;

- het opslaan van vaten vast afval met kortlevende radionucliden om het na natuurlijk verval af te voeren als bedrijfsafval;
- het sorteren van afvalstoffen op activiteit en waar mogelijk afvoeren als bedrijfsafval en anders na verval van kortlevende isotopen afvoeren naar de COVRA.

4.4.4 *Bewerking vloeibaar afval*

Zoals in hoofdstuk 3 is aangegeven, ligt het in de bedoeling om sludges bedrijfsmatig te gaan voorbewerken, opdat opslag door COVRA mogelijk is.

4.5 Afvoer radioactieve stoffen en gedecontamineerde componenten

Het afvoeren van radioactieve stoffen wordt op diverse manieren uitgevoerd. Vast radioactief afval wordt na volumereductie gereedgemaakt voor transport in vaten naar de COVRA. Vloeibaar radioactief afval wordt ter behandeling naar het waterbehandelingsinstallatie verpompt of naar COVRA afgevoerd. Radioactieve reststoffen in lucht worden gecontroleerd naar buiten afgevoerd via filtersystemen. In paragraaf 5.4 is nader ingegaan op de afvoer van radioactief afval.

Radioactief verontreinigde componenten worden na decontaminatie gecontroleerd en waar mogelijk vrijgegeven en naar de klant teruggestuurd die het opnieuw in gebruik kan nemen. Indien de componenten niet kunnen worden vrijgegeven, worden ze als vast radioactief afval gereed gemaakt voor afvoer naar COVRA of geautoriseerde verwerkers.

5 Afvalstromen

5.1 Algemeen

Bij de DWT zijn de processen zoveel mogelijk gericht op het hergebruik van materialen en reststoffen na verwijdering van de radioactieve bestanddelen. Het ontmantelen van generatoren, het uitsorteren van radioactief materiaal en het behandelen van radioactief besmette voorwerpen zijn activiteiten waarbij recycling een belangrijke plaats inneemt.

Bij deze processen ontstaat radioactief afval in vaste of vloeibare vorm. De aard van het afval hangt af van de bewerkingen die met de radioactieve componenten worden uitgevoerd. In deze paragraaf wordt weergegeven welke afvalstromen ontstaan en welke behandelingen deze ondergaan.

5.2 Bedrijfsafval

5.2.1 Recycling en verwerking

Bij de DWT bestaat het bedrijfsafval uit diverse fracties, waaronder huishoudelijk afval, en wordt zoveel mogelijk aan de bron gescheiden. Papier- en blikafval wordt structureel ingezameld en centraal op afroep afgevoerd. Kartonafval wordt via de interne ophaaldienst voor hergebruik ingezameld. Al het overige materiaal zoals plastics, huisvuil en dergelijke wordt in afvalcontainers gedeponeerd en periodiek opgehaald door een externe instantie. (Bedrijfs)afval dat niet gevaarlijk en niet-radioactief is, wordt afgevoerd ter definitieve vernietiging.

5.2.2 Lozing naar riool

Voor eventueel vrijkomend verontreinigd water uit voorwerpen die klaarliggen voor decontaminatie is een vloeistofdichte vloer aanwezig. In de WVO-vergunning is afvoer van hemelwater op het riool opgenomen dat afkomstig is van het opslagterrein voorzien van de vloeistofdichte vloer.

5.3 Gevaarlijk afval

Onder gevaarlijk afval wordt verstaan afval dat niet radioactief is, maar dat gevaarlijk wordt beschouwd als bedoeld in de Wet Milieubeheer. Het Klein Chemisch Afval (KCA) wordt verzameld in de daarvoor bestemde containers en periodiek opgehaald door een externe instantie. Voor het afvoeren van gevaarlijk afval is een procedure aanwezig. In deel 2: 'Niet Radiologische aspecten van de inrichting' wordt in meer detail op het gevaarlijk afval ingegaan.

5.4 Radioactief afval

5.4.1 Aanvoer van radioactief materiaal voor verwerking en/of opslag

Aan de hand van stralings- en/of oppervlaktebesmettingsmetingen en eventueel additionele radiologische analyses, wordt bepaald of aangevoerd materiaal gedecontamineerd dient te worden. Waar mogelijk wordt het materiaal gescheiden ten behoeve van recycling en worden de restproducten van radioactief afval gereed gemaakt voor afvoer naar de COVRA. Potentieel radioactief besmet materiaal wordt in diverse vormen aangeboden aan de DWT conform de wettelijke ADR-eisen ten aanzien van transport en verpakking van radioactieve stoffen. Het aangeleverd materiaal bevat radioactieve producten die over het algemeen een lage specifieke activiteit hebben. Als resultaat van decontaminatie en ontmanteling kunnen vloeibare respectievelijk vaste afvalstromen ontstaan.

5.4.2 Ontstaan van radioactief afval tijdens verwerkingsproces

Als gevolg van de diverse werkzaamheden zoals deze in paragraaf 4.4 zijn beschreven, zoals het decontamineren, het sorteren en het verwerken van radioactief besmette componenten en andersoortig materiaal, ontstaan bij de DWT reststromen die als radioactief afval moeten worden beschouwd. DWT produceert zelf vrijwel geen extra afval.

5.4.3 Afvoer van radioactief afval naar opslagfaciliteit

Al het overgebleven radioactief afval dat niet verder meer behandeld kan worden, wordt als residu in vaten verzameld, afgewogen en nagemeten op straling en oppervlaktebesmetting, waarna het tijdelijk wordt opgeslagen in afwachting van transport naar de COVRA die het in ontvangst neemt voor langdurige opslag.

De verzameling en opslag van radioactieve afvalstoffen, zowel vast als vloeibaar, vindt plaats conform de wettelijke eisen en richtlijnen.

5.5 Gevolgen van lozingen

5.5.1 Lozing naar zee

Het afvalwater dat mogelijk radioactief is, wordt eerst intensief behandeld in het watergebouw voordat het in zee geloosd mag worden. Na het bezinken en het filteren is de concentratie van radioactiviteit in het effluentwater dermate gereduceerd, dat afvoer naar de Noordzee mag plaatsvinden via de 4,4 km lange zeelozingsleiding, zoals is opgenomen in de vergunning Wet Verontreinigde Oppervlaktewateren (WVO), afgegeven door de Directie Noordzee van Rijkswaterstaat.

De karakteristieke lozing in de Noordzee bedraagt op jaarbasis 200-400 Re ingestie, voornamelijk bepaald door de aanwezigheid van ^{131}I en ^{137}Cs in het afvalwater. De individuele effectieve dosis ten gevolge van deze lozing bedraagt tussen de 0,004 en 0,008 μSv per jaar.

5.5.2 Lozing in lucht

Het radiologisch effect op de omgeving tijdens normale bedrijfsvoering van de DWT wordt voornamelijk door lozing van tritium bepaald. De karakteristieke lozing van DWT bedraagt 1 Re inhalatie per jaar. Deze lozing veroorzaakt een maximale effectieve dosis van 0,025 μ Sv per jaar.

In deel 1 is een overzicht gegeven van de aangevraagde limieten en bijbehorende effectieve dosis.

6 Veiligheidsevaluatie

6.1 Veiligheidsmaatregelen binnen DWT

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 radioactieve stoffen binnen de eisen van de bedrijfsvoering;
- adequate afscherming van radioactieve bronnen;
- adequate opsluiting van radioactieve bronnen;
- andere, meer algemene doelen.

6.1.1 Materiële maatregelen

Bij de DWT zijn de volgende materiële maatregelen genomen om de radiologische consequenties zo veel mogelijk te beperken:

Adequate afscherming van radioactieve bronnen

- Over het algemeen worden alleen laag-actieve stoffen bij de DWT in behandeling genomen.
- Voor opslag van middel-actieve afvalstoffen (tot 10 mSv/h aan het oppervlak) zijn een ondergrondse opslagruimte in het vast-afvalverwerkingsgebouw en een ruimte in het waterbehandelingsgebouw in gebruik.
- Met name bij de slibdrooglijn is gezorgd voor additionele afscherming door voldoende dikke ijzeren platen.

Adequate opsluiting van radioactieve bronnen

- Om verspreiding van luchtgedragen radioactieve stoffen te voorkomen worden de werkzaamheden bij de DWT zoveel mogelijk nat uitgevoerd.
- 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 uiteindelijke gecontroleerde afvoer naar de atmosfeer.
- Het persen van vast afval geschiedt in de segmenteercel, die afgesloten is van de overige ruimte en voorzien is van een eigen ventilatiesysteem, dat een onderdruk verzorgt. Lozing vindt slechts plaats na filtering (en bemonstering) van de uitgaande lucht.
- Besmette componenten zijn steeds afgesloten of zodanig ingepakt dat verspreiding van radioactieve stoffen wordt voorkomen.
- De bedrijfszekere toestand van de ventilatiesystemen wordt bereikt door de beschikbaarheid van reserveonderdelen en een nood-persluchtvoorziening (perslucht wordt onder andere gebruikt voor de regeling van het ventilatiesysteem).

Detectie van onregelmatigheden

- Voor het vaststellen van onverwachte stralingsvelden zijn gamma-alarmmonitors opgesteld. Deze registreren continu het omgevingsdosistempo en geven alarm bij een overschrijding van een vooringesteld niveau.
- Bij het wegvallen van de onderdruk volgt een alarm via het gebouwbeheerssysteem (GBS).
- Ter detectie van een onverwachte, grote luchtbesmetting zijn permanent continue luchtstofmonitors (CLM) op diverse plaatsen opgesteld.
- Branddetectoren zijn in alle gebouwen aanwezig. Een alarm wordt automatisch doorgeleid naar de bedrijfsbrandweer.
- Binnen DWT zijn, waar nodig, in de gebouwen lekdetectie systemen geïnstalleerd welke op het gebouw beheerssysteem zijn aangesloten.
- Een lekdetectie is aanwezig om eventuele lekkage in het eerste deel van de zeelozingsleiding te detecteren.

Algemeen

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

6.1.2 Organisatorische maatregelen

Adequate afscherming van radioactieve bronnen

- Elk binnen DWT gebracht voorwerp voldoet in principe aan de (internationale) transporteisen.
- Alvorens radioactief besmette voorwerpen binnen de DWT worden gebracht, zijn deze voorwerpen reeds ingepakt of voorzien van afsluitdoppen, waardoor kans op verspreiding van radioactiviteit wordt uitgesloten. Voordat voorwerpen vanuit de DWT worden verzonden, wordt altijd een stralingsvrijgaveverklaring opgemaakt aan de hand van een dosistempometing en een smeerproef van het oppervlak (van het voorwerp of van de afgesloten goedgekeurde container, type A of een industriële verpakking IP, waarin het voorwerp zich bevindt). De oppervlaktebesmetting mag de hiervoor geldende grenswaarden niet overschrijden.

Algemeen

- Bij afwijkingen van de normale procedures zal, indien noodzakelijk, een werkplan worden opgesteld en worden goedgekeurd door de manager DWT. In bijzondere gevallen is goedkeuring door de algemeen stralingsdeskundige vereist.
- Alle radioactieve voorwerpen en de voorgenomen behandeling van deze voorwerpen worden beoordeeld aan de hand van door de opdrachtgever verstrekte gegevens en getoetst aan de vrijgave grenzen.

- 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 DWT aangewezen medewerkers.
- De verantwoordelijkheden ten aanzien van de veiligheid en het optreden in normale- en noodsituaties zijn vastgelegd in het 'Algemeen Voorschrift Veiligheid, Gezondheid, Welzijn en Milieu'.
- Hijswerktuigen en hogedrukaccessoires worden volgens wettelijke richtlijnen periodiek gecontroleerd en gecertificeerd.
- Naast de hierboven genoemde organisatorische maatregelen, bevorderen alle tot het managementsysteem behorende procedures en voorschriften een veilig bedrijf van de DWT.

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 inkomende blussystemen tot en met inzet van de bedrijfsbrandweer.

Brandpreventie en detectie

- De muren en deuren binnen de DWT zijn grotendeels brandvertragend uitgevoerd.
- Het toevoeren van brandbare gassen naar alle installaties is niet toegestaan, tenzij onder speciaal, in overleg met de bedrijfsbrandweer, voorgeschreven bepalingen.
- Voor het gebruik van brandbare vloeistoffen gelden de standaard voorschriften, tenzij andere voorwaarden in overleg met de bedrijfsbrandweer zijn vastgelegd.
- Alle werkruimten zijn voorzien van brandmelders.
- De bedrijfsbrandweer maakt geregeld controleronden in de daarvoor aangewezen inrichtingen.
- De brandmelders geven automatisch melding aan de Centrale Meldpost van de bedrijfsbrandweer met indicatie van de plaats van de melding.

Brandbestrijding

- Bij brandmelding via Centrale Meldpost is de bedrijfsbrandweer binnen zes minuten ter plaatse.
- Iedere medewerker kan via het speciale alarmnummer een brandmelding doorgeven aan de Centrale Meldpost.

- 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.

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'. 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 geheel NRG, en plaatselijke voorschriften. De plaatselijke voorschriften wijken niet af van de algemene voorschriften, maar zijn aanvullende aanwijzingen die specifiek zijn voor die locatie.

Melding en alarmering

De melding van een (bijna)-ongeval, 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 gevolgen analyses

6.2.1 Ongevalsituaties en gevolgenanalyses

In dit onderdeel van het rapport zijn de kansen op en gevolgen van de belangrijkste ontwerp- en buitenontwerp-ongevallen van de DWT beschreven. Uit de analyse blijkt dat de maximum doses van ontwerp-ongevallen en het maximum van het multifunctionele individuele risico van buitenontwerp-ongevallen voldoen aan de door de overheid gestelde limieten.

6.2.2 Methodiek

Bij de evaluatie van de veiligheid van het DWT-bedrijf is vastgesteld of er in de installaties van de DWT voorzieningen zijn aangebracht die bij het optreden van storingen in deze installaties (door interne en externe oorzaak) er voor zorgen dat daarbij:

- de blootstelling van medewerkers aan straling zoveel mogelijk wordt beperkt en de dosislimieten voor hen niet worden overschreden;

- de insluiting van de bij de DWT aanwezige radioactieve stoffen wordt gehandhaafd of, indien de insluiting toch faalt, de gevolgen van het vrijkomen van de radioactieve stoffen voor de omgeving zoveel mogelijk worden beperkt (defence in depth), c.q. de gestelde dosislimieten voor ontwerpgevallen niet worden overschreden.

Hiernaast is vastgesteld of het product van de kans op falen van de insluiting maal de ernst van de radiologische gevolgen voor de omgeving van dit falen, het zogenoemde ongevalrisico, voldoet aan de hiervoor gestelde wettelijke norm.

Bij het uitvoeren van de veiligheidsevaluatie van de DWT is gebruik gemaakt van een vast stramien, waarbij overeenkomstig de IAEA-richtlijnen voor elke potentiële bron van radioactieve stoffen binnen de DWT aan de hand van een groot scala van inleidende gebeurtenissen wordt vastgesteld of zo'n gebeurtenis al dan niet tot een emissie van deze bron zou kunnen leiden. Indien de inleidende gebeurtenis tot een emissie zou kunnen leiden, is vastgesteld hoe groot de kans daarop is en welke consequenties daaraan verbonden zijn.

6.2.3 *Potentiële bronnen van radioactieve stoffen*

In de diverse ruimten van de gebouwen van het DWT-complex bevinden zich een aantal bronnen van radioactieve stoffen die bij een ongeval kunnen leiden tot:

- verhoogde concentraties van luchtgedragen radioactieve stoffen in de werkruimten, waaraan de medewerkers worden blootgesteld en die ook tot niet reguliere emissies naar de omgeving kunnen leiden;
- toename van het dosistempo in ruimten en/of buiten de gebouwen, waarbij dosislimieten voor de medewerkers en omgeving kunnen worden overschreden;
- het vrijkomen van vloeibare radioactieve stoffen, die leiden tot een verhoogde blootstelling van de medewerkers en tot radiologische gevolgen voor de omgeving.

Filters in ventilatiesystemen

Op basis van de resultaten van de bedrijfsmatige uitgevoerde continue metingen van de emissie van radioactieve stoffen via de ventilatie is geschat dat er maximaal 10 MBq aërosolactiviteit op een absoluutfilter en 100 kBq ^{131}I op een koolfilter kan worden geaccumuleerd. Verschillende installaties in de DWT-gebouwen hebben hun eigen filters. De filters van het vastafvalverwerkingsgebouw zijn samen met die van de Waste Storage Facility (WSF) opgesteld in het filterhuis boven de 90-tons perscel, zodat voor de ongevalanalyses ter onderbouwing van de aanvraag van de KeW-vergunning moet worden uitgegaan van de activiteit van 2 absoluutfilters en één koolfilter (^{131}I). Gezien de verhoudingen in de te verwerken hoeveelheden radioactieve stoffen in de DWT-gebouwen kan voor de nuclidensamenstelling van de activiteit op de absoluutfilters in de ongevalanalyses uitgegaan worden van de samenstelling van slib (tabel 5).

Decontaminatiegebouw

De nog te reinigen componenten in het decontaminatiegebouw bevatten naast de componenten met NORM scale tevens besmette componenten afkomstig van de nucleaire industrie met scale verontreinigd met kunstmatige nucliden (besmet oppervlak 75 m²) en splijtstofresten (maximaal het activiteitsequivalent van vier containers). In het gebouw is een harsverwerkingsinstallatie voorzien waarmee hars uit een 60 liter opslagvat naar een dagtank kan worden verpompt. Bij deze installatie is een werkvoorraad van 4 van deze vaten aanwezig. De nuclidenamenstelling van dit hars is vermeld in tabel 7. In het decontaminatiegebouw kan zich een tank met radioactief sludge bevinden. Ook in de leidingen waardoor radioactieve vloeistoffen worden gepompt kunnen zich kleine hoeveelheden sludge en/of slib bevinden afkomstig van het decontamineren van tanks en andere voorwerpen. Ook de filters en andere onderdelen van het ventilatiesysteem kunnen radioactief besmet raken. De activiteit op deze installatieonderdelen is echter verwaarloosbaar. Voor de samenstelling van het sludge en slib wordt verwezen naar tabel 3.

tabel 3 Representatieve samenstelling van sludge en scale van de olie- en gasindustrie

Radionuclide	Specifieke activiteit in MBq/kg (droge stof)	
	Moedernuclide	Moeder + dochters*
²²⁶ Ra + dochters in evenwicht	0,01	0,06
²¹⁰ Pb + dochters in evenwicht	0,17	0,51
²²⁸ Ra + dochters in evenwicht	0,01	0,02
²²⁸ Th + dochters in evenwicht	0,01	0,07
Totale activiteit		0,660

*) De opeenvolgende 'moedernucliden' hebben respectievelijk 5, 2, 1 en 6 kortlevende dochters, die daarmee in evenwicht zijn.

Ongevallen in dit gebouw kunnen leiden tot het vrijkomen van vloeibare radioactieve stoffen leidend tot een verhoogde blootstelling van de medewerkers en vloeibare emissies in de omgeving. Ook is er op diverse plaatsen in het gebouw besmet radioactief materiaal aanwezig dat bij brand kan leiden tot vrijkomen van luchtgedragen radioactieve stoffen.

In tabel 4 zijn de karakteristieke hoeveelheden opgeslagen materiaal weergegeven. In deze tabel zijn bronnen ten gevolge van nieuwe activiteiten niet weergegeven.

tabel 4 Activiteitskarakteristieken bij het decontaminatiegebouw

Omschrijving bron	Hoeveelheid materiaal	Specifieke activiteit	Activiteit GBq	Samenstelling
Sludge olie- en gasindustrie (NORM)	4200 kg ^{a)}	0,66 MBq/kg	2,8	Pb-NORM
Besmette componenten (NORM)	260 m ² (= 520 kg ^{b)}	0,66 MBq/kg	0,34	Pb-NORM
Besmette componenten (nucl. industrie)	500 m ² (= 100 kg ^{c)}	26,5 GBq/100 m ²	132,4	Hars
Besmette componenten (splijststofresten)	16 kg scale ^{d)}	< 40 MBq/kg	0,64	Verarmd U
Besmette componenten (splijststofresten)	4 kg scale ^{e)}	< 96 MBq/kg	0,38	Verrijkt U
Splijststofresten in 400 liter spoelzuur	16 kg in oplossing	< 0,8 MBq/l (=kg)	0,64	Verarmd U
Splijststofresten in 400 liter spoelzuur	4 kg in oplossing	< 0,48 MBq/l (=kg)	0,38	Verrijkt U
Werkvoorraad hars	0,24 m ³	< 1324 GBq/m ³	318	Hars

Waterbehandelingsgebouw

In het waterbehandelingsgebouw bevinden zich opslagbassins met radioactief verontreinigd slib, opslagtanks met voorraden radioactief verontreinigde vloeistoffen en zijn er leidingen waardoor deze vloeistoffen worden verpompt. Ook vindt in dit gebouw tijdelijke opslag van vaten met radioactief vast afval plaats in afwachting van verwerking en uiteindelijk, vervoer naar COVRA.

Slibtanks en slibbassin

Voor de behandeling van radioactief verontreinigd afvalwater zijn er in het waterbehandelingsgebouw vier 25 m³ tanks aanwezig. Drie tanks fungeren respectievelijk als ontvangsttank c.q. behandel tank respectievelijk retour tank voor het retentaat van de membraanfiltratie. In de vierde tank was voorheen slib opgeslagen. Deze tank fungeert nu als reservetank. Beide eerstgenoemde tanks bevatten afhankelijk van het tijdstip radioactief water of 5 m³ slib (gemiddeld circa. 50 kg drooggewicht), de inhoud van de overige tanks is radiologisch gezien verwaarloosbaar.

Naast de tanks zijn er een aantal bassins. Van de vier 100 m³ bassins kunnen er drie gebruikt worden om gezuiverd afvalwater tijdelijk in op te slaan (bassins 23, 24 en 25). Onder normale omstandigheden zijn er twee in gebruik. De nuclidensamenstelling van dit afvalwater komt grotendeels overeen met dat van lozingswater dat via de zeelozingsleiding wordt geloosd (tabel 11 in rapport 'Radiologische Inventaris DWT'). Voor ongevalanalyses is deze activiteit niet relevant. In het vierde bassin (bassin 26) kan maximaal 95 m³ slib met een vast stof percentage van 10% worden opgeslagen, ofwel 9500 kg drooggewicht slib. De drie 200 m³ bassins in het

waterbehandelingsgebouw zijn respectievelijk in gebruik als opvangbassin voor etswater (bassin 27), als bezinkbassin voor afvalwater van de hogedrukreiniging (bassin 28) en als noodbuffer voor de opvang van HFR-afvalwater (bassin 29). Het etswater heeft een laag vaste-stofgehalte en veel lagere nuclidenconcentraties (en ook andere nuclidensamenstelling) dan het eerder genoemde slibbassin (bassin 26); de inventaris ervan is radiologisch verwaarloosbaar. Het afvalwater in het bezinkbassin bevat heel weinig slib, dat ook van een andere samenstelling is dan het slib in bassin 26; de nuclideninventaris ervan is radiologisch verwaarloosbaar. Het laatstgenoemde bufferbassin staat meestal leeg. De maximale activiteitsconcentratie van HFR-afvalwater bedraagt $1,2 \text{ GBq/m}^3$ welke optreedt bij het uitspoelen van het ionenwisselaarhars (25 m^3); de nuclidensamenstelling hiervan is vergelijkbaar met dat van kationhars afkomstig van de HFR (tabel 7).

In de veiligheidsanalyses wordt een specifieke activiteit van 10 MBq/kg verondersteld voor het gedroogde standaard slib afkomstig van de waterbehandelingsinstallatie. Uit analyses blijkt de gemiddelde activiteit circa 3 MBq/kg te bedragen. Een representatieve radionucliden-samenstelling van dit slib is gegeven in tabel 5. Indien het behandelde afvalwater afkomstig is van de decontaminatie van uraniumbevattende besmette componenten of (in de toekomst) hars met dit slib wordt verwerkt, zal het door de waterbehandeling geproduceerde slib een hogere activiteit hebben en naast de in tabel 7 genoemde nucliden ook uranium bevatten. Dit slib is in de risicoanalyse meegenomen als "hars / uranium bevattend slib". Conservatief is hierbij aangenomen dat er zowel uranium als hars in het slib aanwezig is.

tabel 5 Karakteristieke samenstelling slib waterbehandeling in tanks

Radionuclide	Standaard slib MBq/kg ^{*)}	Slib met U en hars MBq/kg ^{*)}
⁵⁴ Mn	0,07	0,41
⁵⁷ Co	0,07	0,07
⁶⁰ Co	0,45	3,81
⁶⁵ Zn	5,7	7,2
¹⁰⁹ Cd	2,7	104,7
^{115m} Cd		25,8
¹²⁵ Sb	0,35	0,35
¹³⁷ Cs	0,14	0,14
²⁰² Tl	0,08	0,08
²¹⁰ Pb	0,01	0,01
²²⁶ Ra + dochters in evenwicht	0,02	0,02
²²⁸ Th + dochters in evenwicht	0,01	0,01
²⁴¹ Am	0,01	0,01
²³⁸ Pb		1,98
Overigen (waaronder ²³⁹ Pu) ^{**)}	0,11	
Overigen (waaronder ²³⁴ U, ²³⁵ U en ²³⁹ Pu)		5,4
Totaal activiteit	10 MBq/kg	150 MBq/kg

*) Activiteitsconcentraties < 1% t.o.v. ^{65}Zn zijn niet vermeld, m.u.v. de radionucliden met alfa-activiteit.

**) Van de activiteit in de tanks heeft circa 9 MBq/kg een toxiciteit vergelijkbaar met ^{60}Co , ^{65}Zn of ^{137}Cs . Er is ongeveer 0,05 MBq/kg aan alfa-activiteit. Vanwege de aanwezigheid van ^{241}Am , mag worden verondersteld dat ook Pu-isotopen aanwezig kunnen zijn. De concentratie Pu-isotopen kan ten hoogste 0,01 MBq/kg (0,5 RE/kg) bedragen.

Ongevallen in het waterbehandelingsgebouw kunnen leiden tot het vrijkomen van vloeibare radioactieve stoffen (verhoogde blootstelling van de medewerkers en vloeibare emissies in de omgeving). Bij brand en falen van vaten kan dit leiden tot vrijkomen van luchtgedragen radioactieve stoffen.

In tabel 6 zijn de karakteristieke hoeveelheden opgeslagen materiaal weergegeven. In deze tabel zijn bronnen ten gevolge van nieuwe activiteiten vet weergegeven.

tabel 6 Activiteitskarakteristieken bij het waterbehandelingsgebouw

Omschrijving bron	Hoeveelheid materiaal	Specifieke activiteit	Activiteit GBq	Samenstelling
Vaten vast afval van HFR	800 vaten	500 MBq/vat gemiddeld	400	Kationhars
Vaten met afval van Mallinckrodt	3200 vaten ^{b)}	0,66 MBq/vat ^{c)}	2,1	I-131
Voorraad sludge bij slibdrooglijn	10 vaten, elk 35 kg^{a)}	0,66 MBq/kg	0,23	Pb-NORM
Voorraad standaard slib bij slibdrooglijn	10 vaten, elk 35 kg ^{a)}	10 MBq/kg	3,5	Slib standaard cq oud
Voorraad slib bij slibdrooglijn met "hars / uranium bevattend slib"	10 vaten, elk 35 kg^{a)}	0,150 GBq/kg	52,5	Slib met hars en U
Dagtank (25 m³) met "hars / uranium bevattend slib"	5 m³ (< 50 kg)^{a)}	0,150 GBq/kg	15	Slib met hars en U
Dagtanks (25 m³) met standaard slib	2 x 5 m³ (2 x 50 kg)^{a)}	10 MBq/kg	1	Slib standaard
Bassin met standaard slib	1 x 95 m³ (9500 kg)^{a)}	10 MBq/kg	95	Slib standaard
Voorraad gereinigd afvalwater	1 x 75 m ³	86 MBq/m ³	6,45	Lozingswater
Bufferbassin HFR afvalwater	25 m ³	1,2 GBq/m ³	30	Kationhars

^{a)} Dit betreft het drooggewicht

^{b)} Deze vaten bevatten kortlevende radionucliden, zoals Tc-99m en I-131. Verondersteld wordt dat de activiteit in deze vaten volledig uit I-131 bestaat.

^{c)} De gemiddelde activiteit in een vat bedraagt 0,66 MBq. Een vat kan maximaal 8 MBq I-131 bevatten.

Vast-afvalverwerkingsgebouw

In het vast-afvalverwerkingsgebouw bevindt zich, naast een hoeveelheid slib in de slibbakken bij de pijpenreinigingsinstallatie een hoeveelheid kationhars in de trenches in afwachting van verdere bewerking. Verder zijn de belangrijkste bronnen in dit gebouw “oude” Tc-generatoren en vaten met verpakt radioactief afval, die tijdelijk worden opgeslagen in afwachting van het persen.

Opslag van geretourneerde Tc-generatoren

In het waterbehandelingsgebouw is capaciteit voor de opslag van 20 000 Tc-generatoren die na terugkeer van de klant, via Mallinckrodt, tijdelijk worden opgeslagen in afwachting van ontmanteling c.q. recycling. De activiteit van de generator is afhankelijk van de tijd. In totaal kan in de loods maximaal 2000 GBq aan restactiviteit aanwezig zijn.

Opslag van kationhars en cunokaarsen afkomstig van de HFR

Andere bronnen van activiteit die bij calamiteiten in de lucht kunnen vrijkomen, vormen de vaten met hars afkomstig van de HFR. De activiteitsconcentratie in met name het kationhars is relatief hoog. Een representatieve samenstelling voor het hars is weergegeven in tabel 7. Naast kationhars kunnen ook andere harsen (anionhars) en filters uit het primaire systeem aanwezig zijn. De hoeveelheid opgeslagen hars/filters/kaarsen afkomstig van de HFR in het vast-afvalverwerkingsgebouw is beperkt tot 12 m³ in vaten van gemiddeld 60 liter inhoud. De maximale totale activiteit in de opgeslagen vaten bedraagt 15,6 TBq. Een representatieve samenstelling voor het hars is weergegeven in onderstaande tabel.

tabel 7 Karakteristieke samenstelling activiteit in kationhars ionenwisselaarstank HFR

Radionuclide	GBq/m ³
⁵⁴ Mn	2,8
⁵⁸ Co	7
⁶⁰ Co	28
⁶⁵ Zn	13
¹⁰⁹ Cd	850
^{115m} Cd	430
Totaal activiteit	1325

Bij brand en falen van de vaten en generatoren kunnen luchtgedragen radioactieve stoffen vrijkomen.

Persklaar afval

Het op de OLP verzamelde afval wordt door middel van persen gereedgemaakt voor definitieve afvoer naar COVRA. De tussenvoorraad van dit persklare afval bedraagt normaliter circa 200 vaten met een totale geschatte activiteit van 5,4 GBq.

tabel 8 Activiteitskarakteristieken bij het vast-afvalverwerkingsgebouw

Omschrijving bron	Hoeveelheid materiaal	Specifieke activiteit	Activiteit GBq	Samenstelling
Slib pijpenreiniging	4850 kg ^{a)}	0,66 MBq/kg	3,2	Pb-NORM
Vloeibaar hars van HFR	12 m³ hars in vaten ^{b)}	1300 GBq/m ³	15.600	Kationhars
Tussenopslag Tc-generatoren	20 000 generatoren	100 MBq/stuk gemiddeld	2.000	Technetium generator
Tussenvoorraad persklare afvalvaten voor COVRA	200 vaten ^{b)}	3 GBq/vat maximaal	600	Kationhars

^{a)} De massa (drooggewicht) is ten opzichte van 2000 gehalveerd. De nuclidensamenstelling en specifieke activiteit zijn gelijk gesteld aan de samenstelling van loodrijke sludge (zie tabel 3 en tabel 2 in 'Radiologische Inventaris DWT').

^{b)} Ten opzichte van 2000 is het aantal vaten verdrievoudigd. Hierbij wordt de nuclidensamenstelling per totale activiteit gelijk gesteld aan de samenstelling volgens tabel 7 (kationhars).

Installaties DWT buiten de gebouwen

Buiten de gebouwen, maar wel behorend tot de DWT, bevinden zich ondergrondse leidingen waarin vloeibare radioactieve stoffen of radioactief besmet water worden verpompt. Het eerste betreft de leidingen naar de DWT van andere faciliteiten op de OLP, zoals de HFR en Mallinckrodt. Het tweede betreft de zeelozingsleiding die radioactief besmet afvalwater naar zee afvoert. Falen van deze leidingen zou kunnen leiden tot vloeibare emissies in de bodem. Ook ongevallen tijdens transport van vaten met vloeibaar radioactief afval buiten de opslagvloer zouden tot vloeibare emissies in de bodem kunnen leiden.

Hiernaast kan zich op de waterdichte vloer zowel een voorraad te decontamineren materiaal bevinden als maximaal 50 m³ sludge van de olie- en gasindustrie in opslag ter verdere verwerking.

In tabel 9 is de karakteristieke hoeveelheid radioactiviteit buiten de gebouwen aangegeven. In deze tabel zijn bronnen ten gevolge van nieuwe activiteiten niet weergegeven.

tabel 9 Activiteitskarakteristieken vloeistofdichte opslagvloer

Omschrijving bron	Hoeveelheid materiaal	Activiteit GBq	Specifieke activiteit
Sludge van de olie- en gasindustrie	50 m ³ , 21.000 kg ^{a)}	13,9	0,66 MBq/kg
Besmette componenten en schroot	7800 m ² (= 15.600 kg) ^{b)}	10,3	0,66 MBq/kg
Besmette componenten nucleaire industrie	2500 m ² (= 500 kg)	662	26,5 GBq/100 m ³
Componenten met splijststofresten van verarmd uranium	20 containers (= 80 kg scale)	3,2	40 MBq/kg
Componenten met splijststofresten van verrijkt uranium	20 containers (= 20 kg scale)	1,9	96 MBq/kg

^{a)} Dit betreft het drooggewicht. De nuclidensamenstelling en specifieke activiteit zijn gelijk gesteld aan de samenstelling van loodrijke sludge (zie tabel 3).

^{b)} Dit betreft het effectief oppervlak. NORM besmetting is aanwezig in de vorm van scale in de tubings, afsluiters etc. afkomstig uit de olie- en gaswinning. Aangenomen is dat de scale een specifieke activiteit van 0,66 MBq/kg heeft. Voor alle scale en sludge wordt bij de risicoberekening (conservatief) uitgegaan van de nuclidensamenstelling van loodrijke sludge volgens tabel 3.

6.2.4 Beschouwde inleidende gebeurtenissen

Aan de hand van de lijst met door de IAEA voorgestelde gepostuleerde inleidende gebeurtenissen voor researchreactoren zoals vermeld in de appendix van IAEA SS-35-G1, zijn alle binnen DWT aanwezige installaties en binnen DWT lopende bedrijfsprocessen geanalyseerd op het kunnen optreden van gebeurtenissen die mogelijk tot schade van de installaties kunnen leiden waarbij radioactieve stoffen ongecontroleerd in gebouwruimten en de omgeving vrijkomen en daarbij een bedreiging vormen voor de veiligheid van de medewerkers en het milieu. De van belang zijnde inleidende gebeurtenissen die voor de DWT nader beschouwd zijn, zijn in tabel 10 gepresenteerd en zijn overeenkomstig de IAEA systematiek onder te verdelen in twee categorieën, zijnde ontwerpongevallen en buitenontwerpongevallen. De opzet en het wettelijke kader van de ongevalanalyses is in deel 1 nader beschreven. Bij het ernstigste buitenontwerpongeval is, aan de hand van het maximale risico dat is berekend voor de dichtstbijzijnde bewoonde locatie, het treffen van beschermende maatregelen geëvalueerd. De schatting van de kansen en de gevolgen is niet gebaseerd op een probabilistische risicoanalyse. Echter, door de kans van optreden van een aantal ongevallen op dezelfde systematische wijze te schatten, wordt inzicht gegeven in de grootste waarschijnlijkheid van optreden.

Ontwerpongevallen

In het ontwerp van de DWT zijn voorzieningen getroffen om bij optreden van dergelijke ongevallen/gebeurtenissen de gevolgen hiervan te voorkomen of zoveel mogelijk te beperken,

waarbij dosislimieten voor medewerkers en omgeving niet worden overschreden. De nader beschouwde ontwerpongevallen met de geschatte kans van optreden, zijn vermeld in tabel 11.

Buitenontwerpongevallen

In het ontwerp van de DWT is met deze ongevallen/gebeurtenissen geen rekening gehouden, omdat de kans van optreden van deze gebeurtenissen zeer klein is en het risico (= kans $\times$ gevolgen) te verwaarlozen is.

6.2.5 Ontwerpongevallen

De voor de DWT beschouwde ontwerpongevallen zijn afgeleid uit de lijst met gepostuleerde inleidende gebeurtenissen van tabel 10. Een ontwerpongeval waarbij de aangebrachte (ontwerpbasis) veiligheidsvoorziening niet functioneert, is beschouwd als een buitenontwerpongeval, zie paragraaf 6.2.6. De omschrijving van de verschillende ontwerpongevallen met hun kans van optreden zijn in tabel 11 gegeven. De gevolgen van deze ontwerpongevallen zijn per gebouw in de volgende paragrafen uitgewerkt.

Bij die ontwerpongevallen waarbij van goed werkende filters is uitgegaan, zijn de volgende filterefficiënties gebruikt:

- Voor de absoluutfilters een efficiëntie voor aërosolen van 99%;
- Voor de koolfilters in het waterbehandelingsgebouw en in het vast-afvalverwerkingsgebouw een efficiëntie van 90% voor elementair jodium.

tabel 10 Gepostuleerde inleidende gebeurtenissen veiligheidsevaluatie van de DWT

Index	Gebeurtenissen	Toelichting
1	Verlies van elektriciteitsvoorziening.	Ook gevolgen bij verlies van noodstroom worden beschouwd.
2	Falen van de insluiting of falen van de ventilatiesystemen.	Overige gebeurtenissen uit deze groep "foutieve handelingen of falen van uitrusting, systemen of componenten" zijn niet van toepassing op de DWT.
3	Leidingbreuk of lekkage opslagtanks.	Breuk van zeelozingsleiding, leidingen van HFR en MM; falen slibopslag containers.
4	Brand of explosie door interne oorzaak.	Bijvoorbeeld brand in opslag Tc-generatoren.
5	Overstroming door interne oorzaak *).	Door leidingbreuk, falen afsluiters en scheuren in opslagbassins kan actieve vloeistof op vloeren vrij komen.
6	Verlies van hulpsystemen.	Na falen hydraulische systemen, blijven de installaties automatisch in een veilige toestand achter.
7	Aardbevingen.	Uitgesloten van gedetailleerde analyse vanwege het niet-maatgevende karakter voor de DWT, echter leidingbreuk is wel beschouwd, zie gebeurtenis 2 en 3.
8	Overstroming door uitwendige oorzaken.	Niet veiligheid relevant, omdat de DWT ruim boven de achterliggende polder ligt.
9 10 11	Zeer zware stormen en bliksem en explosies buiten de DWT.	De hierdoor veroorzaakte schade zoals leidingbreuk, falen van vaten en van de insluiting worden wel beschouwd, zie gebeurtenis 2 en 3. Andere schade is niet veiligheidsrelevant voor de DWT.
12	Neerstortend vliegtuig.	Buitenontwerpongeval
13	Externe brand, externe lekkage van giftige stoffen, externe transport ongevallen en invloeden nabijgelegen faciliteiten.	Uitgesloten van analyse doordat interne brand maatgevend is en zij door analyses van andere inleidende gebeurtenissen, zoals in gebeurtenis 4 worden afgedekt. Bij ontruiming blijven de installaties in een stabiel veilige toestand achter.
14	Menselijk falen.	Deze gebeurtenis wordt afgedekt door andere inleidende gebeurtenissen.

*) Doordat radioactieve stoffen zijn opgeborgen in bassins/vaten of alleen in een niet-verspreidbare vorm (gesloten bron/schroot, crud, tubings) in de gebouwen van de DWT aanwezig zullen zijn, leidt een dergelijke overstroming niet tot radiologische gevolgen.

Falen van de elektrische voorzieningen (1)

Indien geen elektrisch vermogen meer naar de gebouwen van de DWT wordt toegevoerd, vallen van de in deze gebouwen aanwezige systemen, de elektrisch bekrachtigde kleppen en afsluiters dicht en de pompen uit. Deze systemen zijn zodanig ontworpen dat na een dergelijke storing van de elektrische apparatuur, het systeem in een (stabiele) veilige situatie komt. Dit geldt voor de systemen in alle gebouwen van de DWT.

De systemen die vanwege de veiligheid van de medewerkers en de omgeving in bedrijf moeten blijven, zoals ventilatiesystemen, emissie-monitoren, lekdetectiesystemen en ruimtebewakings-apparatuur (straling en brand), worden na uitval van extern toegevoegd elektrisch vermogen automatisch overgeschakeld op de noodstroomvoorziening.

Ventilatiesystemen en monitoring in alle gebouwen

Het debiet van de ventilatielucht wordt bij inschakeling van de noodstroom tot de helft gereduceerd. De afgevoerde lucht wordt langs de in op noodstroom geschakelde emissie-monitor gevoerd, waardoor eventuele emissies naar de omgeving gecontroleerd blijven plaatsvinden. De concentratie van eventueel aanwezige radioactieve stoffen in de gebouwen, blijft bij het gereduceerde ventilatiedebiet voldoende laag dat aan de geldende stralingshygiënische normen wordt voldaan. De medewerkers in het gebouw worden gewaarschuwd door een akoestisch alarm.

tabel 11 Ontwerpongevallen

Inleidende gebeurtenis	Ongevalomschrijving	Frequentie van optreden (per jaar) ^{*)}
1	Uitval van elektrische voorzieningen (ook noodvoorziening) waardoor de insluiting in gevaar komt en ongecontroleerde emissie in de atmosfeer zou kunnen optreden.	< 0,01
2 en 3	Storing aan apparatuur of componenten zoals breuken in het leidingwerk (buiten de DWT) en in de zeelozingsleiding en scheuren in de buitenopslagvloer waardoor insluiting van vloeibare radioactieve stoffen faalt en een ongecontroleerde emissie van deze stoffen optreedt.	< 0,04
4	Brand of explosie binnen de DWT (door diverse interne oorzaken)	< 0,04
5	Storingen aan apparatuur of componenten zoals breuken van leidingen, falen afsluiters etc. waardoor interne overstroming optreedt.	$0,04 < f < 1$

^{*)} Frequenties van optreden van storingen zijn ontleend aan meer dan 35 jaar bedrijfservaring met de DWT.

Ruimtebewaking in gebouwen

Bij uitvallen van stralingsmonitoren en brandmelders wordt dit door middel van signalering zichtbaar gemaakt.

Lekdetectie

Gezien de veiligheidsrelevantie zijn lekdetectiesystemen in de diverse ruimtes en op de zeelozingsleiding geplaatst. Hierdoor wordt eventuele lekkage van radioactieve vloeistoffen ondanks het wegvallen van de elektrische voorziening gemeld.

Gevolgen van falen van veiligheidssystemen

Indien de noodstroomvoorziening van de veiligheidssystemen faalt, dan leidt dit tot de volgende gebeurtenissen:

Bij uitvallen van de ventilatie in de gebouwen van de DWT valt de onderdruk in de verschillende ruimten weg waardoor de eventueel in deze ruimten aanwezige gasvormige en/of luchtgedragen radioactieve stoffen ongecontroleerd naar de omgeving zullen ontsnappen, zie voor de gevolgen gebeurtenis "Falen ventilatie (2)". Het eveneens falen van de tritiummonitoren in de uitgaande ventilatielucht van de DWT gebouwen heeft geen additionele gevolgen voor de omgeving. De gebeurtenis (2) is de inleidende gebeurtenis waarbij de ventilatie wel maar de monitor niet uitvalt.

Door het uitvallen van het ventilatiesysteem neemt de concentratie van radioactieve stoffen in de lucht in een aantal gebouwruimten toe, waardoor in deze ruimten mogelijk een overschrijding dreigt van de stralingshygiënische normen. Deze toename wordt niet geregistreerd omdat de systemen voor ruimtebewaking vanwege het wegvallen van de elektriciteitsvoorziening buiten gebruik zullen zijn. Doordat de verlichting en alle apparatuur uitvalt, zal dit snel opgemerkt worden.

Falen ventilatie (2)

Het ontwerpgeval "falen van het ventilatiesysteem (2)", leidt niet tot verhoogde tritiumemissies vanuit de verschillende gebouwen (het waterbehandelingsgebouw bevat de grootste bron), omdat bij een werkende ventilatie de filters in de ventilatieuitlaat het tritium ook niet ingevangen wordt. Hierdoor zal na het falen van het ventilatiesysteem de tritiumemissie, na enige tijd waarin de emissie lager zal zijn, de oorspronkelijke waarden zoals bij een werkend ventilatiesysteem weer bereiken. De gevolgen wat betreft de tritiumemissies zijn na het falen van de ventilatie dus niet verschillend van de gevolgen van de reguliere tritiumemissies. Emissies van luchtgedragen radioactieve stoffen, zie tabel 12, zullen na het uitvallen van het ventilatiesysteem wel toenemen omdat het filter in het ventilatiesysteem wordt omzeild. De eventuele reductie van de emissies door filterefficiëntie van muren etc. wordt hier niet in rekening gebracht.

Uit analyses van een andere nucleaire installatie op het terrein, de HCL, komt naar voren dat gevolgen van het falen van het ventilatiesysteem minder of maximaal van dezelfde grootte zijn als de gevolgen bij ongefilterde emissies via de ventilatie.

tabel 12 Gevolgen van het uitvallen van het ventilatiesysteem

Gebouw	Locatie/ruimten *)	Gevolgen *)
Decontaminatiegebouw	Deco-cel, vaste stoffen, besmette componenten, werkvoorraad hars , tanks met te verwerken sludge	Geen of weinig luchtgedragen stof buiten de decocel, geen emissies. Alarm bij wegvallen onderdruk in de decocel, waarna maatregelen worden getroffen.
Waterbehandelingsgebouw	Slibdrooglijn, met 10 vaten slib	Concentratie in de gebouwlucht neemt toe. Er treedt een ongecontroleerde emissie naar de omgeving op.
	Tritium vanuit de bassins	Gelijk als bij regulier bedrijf.
Vast-afvalverwerkingsgebouw	Opslag verpakte of open vaste stoffen	Geringe sporen van luchtgedragen activiteit afgezien van in de segmenteer/perscel. Bij wegvallen onderdruk in deze cel is er een akoestisch alarm, waarna maatregelen worden getroffen. Er treedt een geringe ongecontroleerde emissie naar de omgeving op.

*) Wijzigingen ten opzichte van 2000 zijn vet weergegeven.

Leidingbreuk binnen de gebouwen of lekkage in opslagtanks (3) en (5)

Bij breuk van leidingen tijdens het overpompen van radioactieve vloeistoffen, stromen de vloeistoffen via de vloer naar de kelders van de gebouwen, zie ook tabel 13. Deze kelders zijn vloeistofdicht uitgevoerd waardoor verspreiding van de radioactieve stoffen naar de omgeving van de DWT wordt verhinderd (de kelder is voorzien van lekdetectie zodat deze gebeurtenis wordt signaleerd). Echter onder de slibdroogruimte is geen kelder aanwezig, maar lekkage van radioactieve vloeistoffen in deze ruimte wordt middels een lekdetectiesysteem bewaakt.

Door het vrijkomen van de radioactieve vloeistoffen komen ook meer gasvormige en luchtgedragen radioactieve stoffen in de ruimten vrij. Het aandeel vluchtige radioactieve stoffen in slib en spoelwater is gering. Door de aanwezige ruimtemonitoren wordt mogelijk een toename van het dosistempo in de ruimten geregistreerd en wordt bij overschrijding van voor de ruimte geldende grenswaarde een alarm gegeven, waarna men overeenkomstig de procedure de ruimte verlaat. Eventuele toename van de emissies naar de omgeving wordt geregistreerd.

Leidingbreuk buiten de gebouwen van de DWT (3)

De leidingen van de HFR en Mallinckrodt naar de DWT alsmede de zeelozingsleiding zijn voorzien van een mantelbuis, waardoor na een leidingbreuk geen radioactieve stoffen in de omgeving vrijkomen. Al deze leidingen zijn voorzien van lekdetectie en worden periodiek op lekkage getest. Bij een gelijktijdige breuk van de mantelbuis door externe gevolgen, is sprake van een buitenontwerpongeval, zie desbetreffende paragraaf. Gelijktijdige falen tijdens de periode tussen twee opeenvolgende inspecties is eveneens geclassificeerd als een buitenontwerpongeval.

Behalve door leidingbreuk kan ook door ongevallen tijdens het transport van vaten met radioactieve vloeistoffen in vaten, radioactieve stoffen in de omgeving vrijkomen, in het geval dat het transport buiten het gebied met de vloeistofdichte bestrating plaatsvindt. Het ontwerpongeval is het falen van de afsluiting van een 100-liter vat als gevolg van menselijk falen tijdens transport (handelingen).

tabel 13 Gevolgen voor de omgeving door leidingbreuk

Gebouw	Locatie/ruimten/stoffen *)	Gevolgen *)
Decontaminatiegebouw	Leidingen in kelderruimtes	Vloeistof blijft in de kelder en wordt daar gedetecteerd, waarna maatregelen worden getroffen.
	Duperhal/vloeistofhal	Vloeibare radioactieve stoffen stromen over de vloer. De vloeistof wordt gedetecteerd, waarna maatregelen worden getroffen.
Waterbehandelingsgebouw	Leidingen van slibdroog installatie	Vloeistof wordt opgevangen en gedetecteerd, waarna maatregelen worden getroffen.
	Falen van bassins en tanks met slib Tritium uit de bassins	Vloeistoffen uit de bassins stromen in de kelderruimte en worden gedetecteerd. Vloeistoffen uit de tanks worden opgevangen in een betonnen bak. Na detectie worden maatregelen genomen. Er is een toename van de tritiumemissie.
Vast-afvalverwerkingsgebouw	Slibbakken en leidingen pijpenreinigingsinstallatie	Vloeistof wordt opgevangen en gedetecteerd. Er worden maatregelen getroffen.
	Vaten met hars in de “trenches”	Gelijktijdig falen van dubbelwandig vat wordt verondersteld. Activiteit komt door falend filter ongefilterd vrij.
	Afvoer perscel	Vloeistof wordt opgevangen en gedetecteerd. Er worden maatregelen getroffen.

*) Wijzigingen ten opzichte van 2000 zijn vet weergegeven.

tabel 14 Gevolgen voor de omgeving door brand of explosie

Gebouw	Locatie/ruimten/stoffen *)	Gevolgen *)
Decontaminatiegebouw	Luchtgedragen activiteit in de decocel. Besmet materiaal en sludgetanken in de decohal. Wasgoed in de wasserij. De harsinstallatie in de Duperhal.	Bij een brand in de decocel zou activiteit vrijkomen die via filters in de buitenlucht komt. Bij een brand in de andere ruimten, komt activiteit vrij in het gebouw en vervolgens via de ramen in de buitenlucht.
Waterbehandelingsgebouw	Opslag 800 metalen vaten met HFR afval	Geringe hoeveelheden activiteit komt via de filters van de ventilatie vrij.
Vast-afvalverwerkingsgebouw	Opslag 3200 kunststofvaten met afval	Activiteit komt bij verbranding via de filters van de ventilatie vrij.
	Vaten met slib	Bij een brand, komt activiteit via de ventilatie en dus via de filters vrij.
	Activiteit in perscel <i>Opslag vaten buiten de perscel</i>	Deel van de activiteit komt vrij bij brand, maar wordt via de filters naar buiten afgevoerd.
	Verwerking generatoren (200 stuks)	De verpakking bevat polystyreen. Indien de brand niet wordt gevoed door ander brandbaar materiaal, zal het lood de generatoren beschermen (Type A verpakking is echter niet brandbestendig).
	Opslagloods met max. 20 000 generatoren	Zie hierboven.
	NORM-slib in de slibbakken	De verhitte NORM-slib droogt en wordt deels verpoederd tot een verspreidbare vorm. Een deel daarvan komt via de filters vrij.
	Opslag kationhars in de kelders.	Vloeibare stof waarvan een klein deel van de totale activiteit bij brand via de filters van de ventilatie kan vrijkomen.

*) Wijzigingen ten opzichte van 2000 zijn vet weergegeven.

Brand of explosie door interne oorzaak (4)

De gevolgen van een brand en/of explosie door interne oorzaak, zie tabel 14, zijn beperkt van omvang.

Filters in ventilatiesystemen

Bij alle gebouwen kan bij brand in de ventilatieruimte de in de filters ingevangen activiteit in de omgeving vrijkomen. De hoeveelheid geaccumuleerde activiteit op de filters is echter radiologisch verwaarloosbaar.

Decontaminatiegebouw

Op basis van de screening van inleidende gebeurtenissen en de verschillende potentiële emissiebronnen in het decontaminatiegebouw zijn de volgende ontwerpgevallen mogelijk relevant:

- **Brand tijdens sludgeverwerking of decontaminatie in de decohal**
Ontstaan van een ongecontroleerde brand bij de opgeslagen te decontamineren voorwerpen of bij sludgetanken in de decohal. Het gepostuleerde enkelvoudig falen is weer het falen van het brandmeldsysteem. Het glas in de ramen van de decohal breekt en de rookgassen komen ongefilterd vrij in de buitenlucht
- **Brand in de decocel bij spoelzuurvaten**
Ontstaan van een ongecontroleerde brand bij opgeslagen spoelzuur dat gebruikt is voor decontaminatie van splijtstofbevattende containers in de decocel. Het gepostuleerde enkelvoudig falen is weer het falen van het brandmeldsysteem. Het glas in de ramen van de decohal breekt en de rookgassen komen ongefilterd vrij in de buitenlucht.
- **Brand bij harsinjectie-installatie in de Duperhal**
Ontstaan van een ongecontroleerde brand bij het hars. Het gepostuleerde enkelvoudig falen is het weer falen van het brandmeldsysteem. De brand ontwikkelt zich zodanig dat het hars in de vaten wordt verhit waarbij het nog aanwezige vocht verdampt. Het glas in de deur van de Duperhal breekt en de rookgassen komen ongefilterd in de buiten lucht.

Onderstaande tabel geeft voor het ontwerpgeval van interne brand in het decontaminatiegebouw de emissiefracties per bron.

tabel 15 Emissiefracties bij interne brand in het decontaminatiegebouw

Scenario	Bron	Emissiefractie
Brand bij sludgeverwerking	Sludge olie & gas	$6 \cdot 10^{-4}$
Brand in decohal of decocel	NORM besmette componenten Componenten nucleaire industrie Componenten met verarmd U Componenten met verrijkt U	$1 \cdot 10^{-3}$
Brand bij spoelzuuropstelling	Spoelzuur met verarmd U Spoelzuur met verrijkt U	$1 \cdot 10^{-2}$
Brand bij werkvoorraad Hars	Hars	$2 \cdot 10^{-3}$

In tabel 16 staan de berekende 95-percentielwaarden van de dosisverdelingen voor deze vier ongevallen en de dosistoetsingswaarden op basis van de ongevalcategorie behorend bij de kansen van optreden per ongeval.

tabel 16 Doses ontwerpongevallen decontaminatiegebouw

Scenario	Volwassene		Kind	
	95%-dosis [mSv]	Norm [mSv]	95%-dosis [mSv]	Norm [mSv]
Brand bij sludgeverwerking	0,152	1	0,226	0,4
<u>Brand in decohal of decocel:</u>				
NORM besmette componenten	0,031	1	0,047	0,4
Componenten Nucleaire industrie	0,042		0,049	
Componenten met verarmd U	0,003		0,005	
Componenten met verrijkt U	0,004		0,006	
<u>Brand bij spoelzuuropstelling:</u>				
Spoelzuur met verarmd U	0,030	1	0,050	0,4
Spoelzuur met verrijkt U	0,036		0,058	
Brand bij werkvoorraad Hars	0,204	1	0,235	0,4

Het bepalende ontwerpongeval voor het decontaminatiegebouw is dus een brand bij de opstelling voor harsverwerking. De doses bij dit ongeval vallen binnen de hiervoor geldende norm en worden voor meer dan 97% bepaald door dosisbijdragen via het ingestiepad.

Waterbehandelingsgebouw

Op basis van de screening van inleidende gebeurtenissen en de verschillende potentiële emissiebronnen in het waterbehandelingsgebouw zijn de volgende ontwerpgevallen mogelijk relevant:

- Brand opslagruimte met HFR-afval
Het gepostuleerde enkelvoudig falen is wederom het falen van het brandmeldsysteem, waardoor de brand zich ongestoord kan ontwikkelen. Door de brand worden de afvalvaten beschadigd waardoor eventueel brandbaar afval vlam vat en de daarin aanwezige activiteit deels in een goed verspreidbare vorm vrijkomt. De opslagruimte heeft geen ramen dicht bij de potentiële vuurhaard. Het ventilatiesysteem en de filters zijn in bedrijf, zodat de rookgassen via de filters van het ventilatiesysteem naar buiten gaan.
- Brand in de opslagruimte met kunststof vaten
Het gepostuleerde enkelvoudig falen is ook hier het falen van het brandmeldsysteem, waardoor de brand zich ongestoord kan ontwikkelen. Gezien de brandbaarheid van de kunststof vaten en hun inhoud, wordt gepostuleerd dat een relevant deel van de totale activiteit vrijkomt. De opslagruimte heeft geen ramen dicht bij de potentiële vuurhaard. Het ventilatiesysteem en de filters zijn in bedrijf, zodat de rookgassen via de filters van het ventilatiesysteem naar buiten gaan.
- Brand in de slibdrooglijn
Het gepostuleerde enkelvoudig falen is het falen van het brandmeldsysteem, waardoor de brand zich ongestoord kan ontwikkelen. Deze wordt zo hevig dat het droge slib in de vaten wordt verhit, het nog aanwezige vocht verdampt en gedroogde slibdeeltjes vrijkomen in de gebouwenlucht. De ruimte waarin de nieuwe drooglijn zich bevindt, heeft geen ramen dicht bij de potentiële vuurhaard. Het ventilatiesysteem en het filter zijn in bedrijf, zodat de rookgassen via het filter van het ventilatiesysteem naar buiten gaan.
- Falen van het slibbassin
Het gepostuleerde enkelvoudig falen is het falen van de betonnen bak waarin het bassin zich bevindt. Vanuit de plas met slib komen radioactieve stoffen vrij in de gebouwlucht. Het filter van het ventilatiesysteem heeft niet gefaald, waardoor de besmette gebouwenlucht eerst wordt gefilterd voordat het naar buiten gaat.
- Falen van het bufferbassin met HFR afvalwater
Het gepostuleerde enkelvoudig falen is het falen van de betonnen bak waarin het bassin zich bevindt. Vanuit de plas met afvalwater komen radioactieve stoffen vrij in de gebouwlucht. Het filter van het ventilatiesysteem heeft niet gefaald, waardoor de besmette gebouwenlucht eerst wordt gefilterd voordat het naar buiten gaat.

Tabel 17 geeft de emissiefracties per bron van de vijf ontwerpgevallen in het waterbehandelingsgebouw.

tabel 17 Emissiefracties ontwerp-ongevallen waterbehandelingsgebouw

Scenario	Bron	Emissiefractie
Brand opslagruimte HFR-afval	Vaten vast afval uit de HFR	$5 \cdot 10^{-4}$
Brand opslagruimte kunststof vaten	Kunststofvaten afval van Mallinckrodt	$5 \cdot 10^{-3}$
Brand bij slibdrooginstallatie	Voorraad slib bij 'nieuwe' slibdrooglijn	$1,1 \cdot 10^{-5}$
Falen van het slibbassin	Bassin en tanks met slib	$1 \cdot 10^{-5}$
Falen bufferbassin HFR afvalwater	Bufferbassin afvalwater HFR	$1 \cdot 10^{-4}$

In tabel 18 staan de berekende 95-percentiel waarden van de dosisverdelingen voor deze ongevallen en de dosistoetsingswaarden op basis van de ongevalcategorie behorend bij de kans van optreden per ongeval.

tabel 18 Doses ontwerp-ongevallen waterbehandelingsgebouw

Scenario	volwassene		kind	
	95%-dosis [mSv]	Norm [mSv]	95%-dosis [mSv]	Norm [mSv]
Brand opslagruimte HFR-afval	0,064	1	0,074	0,4
Brand opslagruimte kunststof vaten	0,003	1	0,004	0,4
Brand bij slibdrooglijn:				
Vaten gevuld met NORM	0,0002	1	0,0003	0,4
Vaten gevuld met standaard slib	0,00007		0,00007	
Vaten gevuld met hars-uranium slib	0,0003		0,0004	
Falen van het slibbassin	0,00009	0,1	0,00009	0,04
Falen bufferbassin HFR afvalwater	0,001	0,1	0,001	0,04

Het bepalende ontwerp-ongeval voor het waterbehandelingsgebouw is een brand in de opslagruimte met vaten met vast afval van de HFR. De doses bij dit ongeval valt binnen de norm en wordt voor 80% bepaald door de dosisbijdragen via het ingestiepad, terwijl de levenslange grond dosisbijdrage voor volwassenen en 1-jarige kinderen respectievelijk 10% en 17% van de dosis bepaalt.

Vast-afvalverwerkingsgebouw

Op basis van de screening van inleidende gebeurtenissen en de verschillende potentiële emissiebronnen in het vast-afvalverwerkingsgebouw zijn de volgende ontwerpgevallen mogelijk relevant:

- **Brand bij slib pijpenreinigingsinstallatie**
Het gepostuleerde enkelvoudig falen is het falen van het brandmeldsysteem. De brand ontwikkelt zich zodanig dat het droge slib in de vaten wordt verhit en verpoedert. De opslagruimten hebben geen ramen dicht bij de potentiële vuurhaard. Het ventilatiesysteem en het filter zijn in bedrijf, zodat de rookgassen via het filter van het ventilatiesysteem naar buiten gaan.
- **Falen van een vat met hars**
Na falen van een vat met vloeibaar hars afkomstig van de HFR stroomt hars uit het vat ongecontroleerd uit over de werkvloer. Hierbij komen radioactieve stoffen vrij in de gebouwenlucht. Het gepostuleerde enkelvoudig falen is het falen van het filter van het ventilatiesysteem waardoor deze radioactieve stoffen ongefilterd in de buitenlucht vrijkomen.
- **Brand bij opslag Tc-generatoren**
Het gepostuleerde enkelvoudig falen is weer het falen van het brandmeldsysteem. De brand ontwikkelt zich zodanig dat het lood van een deel van de Tc-generatoren doorsmelt en de capsules beschadigd raken, waarbij de ingesloten radioactieve stoffen vrijkomen in de gebouwenlucht. Het ventilatiesysteem en het filter zijn in bedrijf, zodat de rookgassen via het filter van het ventilatiesysteem naar buiten gaan.
- **Brand bij opslag afvalvaten**
Het gepostuleerde enkelvoudig falen is weer het falen van het brandmeldsysteem. Gezien de potentiële brandbaarheid van de vaten en inhoud kan hierbij het merendeel van activiteit in voorraad kunststofvaten in de gebouwenlucht vrijkomen. Het ventilatiesysteem en het filter zijn in bedrijf, zodat de rookgassen via het filter van het ventilatiesysteem naar buiten gaan.

De onderstaande tabel geeft het overzicht van de beschouwde ongevallen in het vast-afvalverwerkingsgebouw met de emissiefracties. **Ten opzichte van 2000 aangepaste emissiefracties zijn vet weergegeven (zie onderbouwing in 'Ongevalemmissies en consequentieanalyse DWT').**

tabel 19 Emissies ontwerpgevallen vast-afvalverwerkingsgebouw

Scenario	Bron	Emissiefractie
Brand bij slib pijpenreiniging	Slib van de pijpenreiniging	$1,1 \cdot 10^{-5}$
Falen vat met hars	Vloeibaar hars HFR	$5 \cdot 10^{-7}$
Brand bij opslag Tc-generatoren	Tc-generatoren	$1 \cdot 10^{-2}$
Brand bij opslagvaten	Tussenvoorraad persklare afvalvaten	$5 \cdot 10^{-4}$

In tabel 20 staan de 95-percentiel waarden van de dosisverdelingen voor deze vier ongevallen en de dosistoetsingswaarden op basis van de ongevalcategorie behorend bij de kansen van optreden per ongeval.

tabel 20 Doses ontwerpgevallen vast-afvalverwerkingsgebouw

Scenario	volwassene		Kind	
	95%-dosis [mSv]	Norm [mSv]	95%-dosis [mSv]	Norm [mSv]
Brand bij slib pijpenreiniging	0,003	1	0,005	0,4
Falen van een vat met hars	0,003	1	0,003	0,4
Brand bij opslag Tc-generatoren	0,076	1	0,091	0,4
Brand bij opslagvaten	0,096	1	0,110	0,4

Het bepalende ontwerpgeval voor het vast-afvalverwerkingsgebouw is een brand bij de tussenvoorraad persklare vaten met vast afval. De dosisconsequenties van een brand bij de opslag van Tc-generatoren zijn van dezelfde orde grootte. De doses bij deze ongevallen worden voor meer dan 75% bepaald door dosisbijdragen via het ingestiepad, terwijl de levenslange grond dosisbijdrage voor volwassenen en 1-jarige kinderen respectievelijk 10% en circa 20% van de dosis bepaalt.

Gevolgen van ontwerpgevallen

Tabel 21 geeft een overzicht van de vergelijking van de dosisgevolgen van de ontwerpgevallen bij de DWT met de daarvoor geldende limieten.

tabel 21 Kans van optreden en gevolgen van de ontwerpgevallen

Ontwerp- ongeval (zie tabel 11)	Frequentie (per jaar)	Emissie	Maximum individuele dosis	Dosislimiet voor deze klasse van ontwerpgevallen ¹⁾
1	<0,01	Geen relevante additionele emissie	< 0,001 mSv	1 mSv
2 en 3	< 0,04	Geen emissie buiten het terrein	<< 0,4 mSv	1 mSv
4	< 0,04	Geringe emissie in de lucht	0,24 mSv	1 mSv
5	0,04 < f < 1	Geen emissie buiten het terrein	<< 0,04 mSv	0,1 mSv

¹⁾ Bij eenjarige kinderen als referentiegroep zijn de limieten een factor 40/15 strenger, de limiet is dan 0,4 mSv in plaats van 1 mSv.

6.2.6 Buitenontwerpongevallen

Uit de lijst van externe (inleidende) gebeurtenissen, blijft alleen het neerstorten van een vliegtuig (12) over als een externe gebeurtenis die bij de DWT tot een buitenontwerpongeval met aanzienlijke gevolgen voor de omgeving kan leiden. Hierbij wordt uitgegaan van een neerstortend zwaar jachtvliegtuig, welk ongeval wat betreft de beschadiging van de wanden en vloeren, ernstiger is dan een ongeval met een neerstortend groot verkeersvliegtuig.

De kans dat een militair jachtvliegtuig de DWT treft, moet geschat worden op 3×10^{-8} /jaar. Deze kans is de voor Nederland gemiddelde kans per oppervlak ter grootte van de DWT.

Behalve dit buitenontwerpongeval door externe oorzaak, zijn ook de ontwerpongevallen beschouwd die bij het falen van een tweede veiligheidssysteem, tot een ernstig ongeval kan ontwikkelen. Dit betreft:

- een leidingbreuk met gelijktijdig falen van de mantelbuis van de zeelozingsleiding of met gelijktijdig falen van de goot bij de ondergrondse leidingen tussen de gebouwen;
- het falen van de keldervloer na een interne overstroming;
- het falen van de filters van het ventilatiesysteem bij een uitgewerkt ontwerpongevalsescenario met brand.

Voor alle onderdelen van de DWT zijn de bovenstaande buitenontwerpongevallen en hun gevolgen beschouwd. 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 het ingestiepad zijn berekend voor volwassen personen die uitsluitend voedsel gebruiken uit het besmette gebied.

Decontaminatiegebouw

Omdat bij alle ontwerpgevallen voor het decontaminatiegebouw het falen van de filters van het ventilatiesysteem al was aangenomen, blijven alleen de scenario's over die volgen op een vliegtuig ongeval.

Indien een zwaar jachtvliegtuig neerstort zal het decontaminatiegebouw verwoest worden, waardoor de installaties in dit gebouw ernstig worden beschadigd. Hierbij zijn twee situaties mogelijk: 1) een vliegtuigcrash zonder kerosinebrand en 2) een vliegtuigcrash met een kerosine brand. Door de crash zullen radioactieve stoffen gebonden aan sludge of hars uit de beschadigde systemen en vaten vrijkomen op de werkvloer. Bij het eerste scenario wordt verondersteld dat slechts een kleine brand optreedt. De in het vocht opgeloste radioactieve stoffen komen ongefilterd in de buitenlucht vrij. Bij het tweede scenario wordt verondersteld dat er na het neerstorten van het jachtvliegtuig door de kerosine een felle grote brand optreedt. Door de hitte van de brand zal een deel van de radioactieve stoffen uit de sludge en hars vrijgezet worden. In tabel 22 zijn de emissiefracties van de diverse bronnen van beide scenario's aangegeven. Hierin is de nieuwe bron 'uranium bevattend spoelzuur' vet weergegeven.

tabel 22 Emissies buitenontwerpgevallen decontaminatiegebouw

Scenario	Bronnen	Emissiefracties
Vliegtuigongeval met kleine brand	Sludge uit olie- en gasindustrie	$1 \cdot 10^{-4}$
	Uranium bevattend spoelzuur	$1 \cdot 10^{-2}$
	Hars	$1 \cdot 10^{-3}$
Vliegtuigongeval met kerosinebrand	Sludge uit olie- en gasindustrie	$1 \cdot 10^{-4}$
	Besmette componenten	$1 \cdot 10^{-3}$
	Uranium bevattend spoelzuur	$1 \cdot 10^{-1}$
	Hars	$2 \cdot 10^{-3}$

De voor deze ongevallen bepaalde dominante multifunctionele individuele risico met de locatie van het maximum is weergegeven in tabel 23.

tabel 23 Maximum MIR buitenontwerpgevallen decontaminatiegebouw

Scenario	Maximum plaats	Maximum per jaar	Bijdrage ingestie
Vliegtuigongeval met kleine brand	45 m ten noorden	$1,2 \cdot 10^{-14}$	90 %
Vliegtuigongeval met kerosinebrand	45 m ten noorden	$1,2 \cdot 10^{-16}$	99 %

Voor het decontaminatiegebouw is het bepalende buitenontwerpgeval het ongevalsscenario dat geïnitieerd wordt door een vliegtuigongeval, maar waarbij deze niet gevolgd wordt door een voldoende grote brand om stijging van de rookgassen te geven. De doses bij genoemde ongevallen wordt gedomineerd door de ingestiebijdrage.

Waterbehandelingsgebouw

Voor de ontwerp-ongevallen voor het waterbehandelingsgebouw waarvoor bij de ontwerp-ongevallen was aangenomen dat de filters van het ventilatiesysteem functioneerden, moet het niet-functioneren van het ventilatiefilter als buitenontwerp-ongeval beschouwd worden. De kans van optreden van deze scenario's wordt gevonden door de kans van optreden bij de ontwerp-ongevallen te vermenigvuldigen met de kans van 10^{-2} dat de filters falen. Daarnaast moeten ook de scenario's die volgen op een vliegtuigongeval worden beschouwd.

- Brand opslagruimte met HFR-afval
Na falen van het brandmeldsysteem kan een brand in de opslagruimte voor HFR-afval zich ongestoord ontwikkelen. Door de brand worden de afvalvaten beschadigd waardoor eventueel brandbaar afval vlam vat en de daarin aanwezige activiteit deels in een goed verspreidbare vorm vrij. Hoewel het ventilatiesysteem in bedrijf is functioneert het filter niet, zodat de besmette gebouwenlucht ongefilterd naar buiten gaat.
- Brand in de opslagruimte met kunststof vaten
Na falen van het brandmeldsysteem kan een brand in de opslagruimte met kunststof vaten zich ongestoord ontwikkelen. Gezien de brandbaarheid van de kunststof vaten en hun inhoud, wordt gepostuleerd dat een relevant deel van de totale activiteit vrijkomt. Hoewel het ventilatiesysteem in bedrijf is functioneert het filter niet. De besmette gebouwenlucht gaat in dit geval ongefilterd naar buiten.
- Brand in slibdrooglijn
Na falen van het brandmeldsysteem kan een brand bij de slibdrooglijn zich ongestoord ontwikkelen. Deze kan zo hevig worden dat het droge slib in de vaten wordt verhit, het nog aanwezige vocht verdampt en gedroogde slibdeeltjes vrijkomen in de gebouwenlucht. Hoewel het ventilatiesysteem in bedrijf is functioneert het filter niet, zodat de besmette gebouwenlucht ongefilterd naar buiten gaat.
- Falen van het slibbassin
Na falen van een betonnen bak waarin zich het bassin bevindt zullen vanuit de plas met slib radioactieve stoffen vrijkomen in de gebouwlucht. Hoewel het ventilatiesysteem in bedrijf is functioneert het filter niet, zodat de besmette gebouwenlucht ongefilterd naar buiten gaat.
- Falen van het bufferbassin met HFR afvalwater
Na falen van een betonnen bak waarin zich het bassin bevindt zullen vanuit de plas met afvalwater radioactieve stoffen vrijkomen in de gebouwlucht. Hoewel het ventilatiesysteem in bedrijf is functioneert het filter niet, zodat de besmette gebouwenlucht ongefilterd naar buiten gaat.
- Vliegtuigongeval
Indien een zwaar jachtvliegtuig neerstort zal het waterbehandelingsgebouw verwoest worden, waardoor de installaties in dit gebouw ernstig worden beschadigd. Radioactieve stoffen gebonden aan slib uit de beschadigde bassins, tanks en vaten zullen vrijkomen op de werkvloer. Wanneer er slechts een kleine brand optreedt zal door verdamping de in vocht opgeloste radioactieve stoffen ongefilterd in de buitenlucht vrijkomen.

Wordt het neerstorten van het jachtvliegtuig echter gevolgd door een grote kerosinebrand, dan zal een deel van de inhoud van de vaten met vast HFR-afval en Mallinckrodt-afval verbranden en de daaraan gebonden activiteit vrijkomen. Door de hitte van de brand zal een deel van de radioactieve stoffen uit het slib en de afvalvaten vrijgezet worden en deels met de rookgassen in de omgeving verspreid worden.

Tabel 24 geeft het overzicht van de emissies bij de geïdentificeerde buitenontwerpongevallen. Ten opzichte van 2000 nieuwe of aangepaste emissiefracties zijn vet weergegeven (zie ook 'Ongevalemmissies en consequentieanalyse DWT').

tabel 24 Emissies buitenontwerpongevallen waterbehandelingsgebouw

Scenario	Bronnen	Emissiefracties
Brand opslagruimte HFR-afval	Vaten vast afval uit de HFR	$5 \cdot 10^{-2}$
Brand opslagruimte kunststof vaten	Kunststofvaten afval Mallinckrodt	$5 \cdot 10^{-2}$
Brand slibdrooglijn	Slibvoorraad slibdrooglijn	$1,1 \cdot 10^{-3}$
Falen van het slibbassin	Bassin en tanks met slib	$1 \cdot 10^{-4}$
Falen bufferbassin HFR afvalwater	Bufferbassin afvalwater HFR	$1 \cdot 10^{-2}$
Vliegtuigongeval met kleine brand	Slibvoorraad slibdrooglijn	$1 \cdot 10^{-4}$
	Bassin en tanks met slib	$1 \cdot 10^{-4}$
	Bufferbassin afvalwater HFR	$1 \cdot 10^{-2}$
Vliegtuigongeval met kerosinebrand	Slibvoorraad slibdrooglijn	$1 \cdot 10^{-4}$
	Bassin en tanks met slib	$1 \cdot 10^{-4}$
	Bufferbassin afvalwater HFR	$1 \cdot 10^{-2}$

De voor de buitenontwerpongevallen bepaalde multifunctionele risico's staan vermeld in tabel 25. Ook de ingestiebijdrage, welke geheel te voorkomen is, in tabel 25 vermeld.

tabel 25 Maximum MIR buitenontwerpongevallen waterbehandelingsgebouw

Scenario	Plaats maximum	Maximum per jaar	Bijdrage ingestie
Brand HFR-afval + falend filter	45 m ten noorden	$5,8 \cdot 10^{-9}$	94 %
Brand opslagvaten + falend filter	45 m ten noorden	$8,2 \cdot 10^{-11}$	99 %
Brand slibdrooglijn + falend filter	45 m ten noorden	$2,2 \cdot 10^{-11}$	98 %
Falen slibbassin + falend filter	45 m ten noorden	$1,9 \cdot 10^{-10}$	72 %
Falen HFR-bassin + falend filter	45 m ten noorden	$2,2 \cdot 10^{-9}$	94 %
Vliegtuigongeval met kleine brand	45 m ten noorden	$7,3 \cdot 10^{-15}$	72 %
Vliegtuigongeval met kerosinebrand	45 m ten noorden	$2,6 \cdot 10^{-15}$	94 %

Uit tabel 25 is af te leiden dat brand bij de opslag van vaten vast afval afkomstig van de HFR met een falend filter voor het waterbehandelingsgebouw het bepalende buitenontwerpongeval is. De dosis wordt gedomineerd door de ingestiedosis, welke geheel te vermijden is.

Vast-afvalverwerkingsgebouw

Voor het vast-afvalverwerkingsgebouw, waarvoor bij de ontwerpongevallen was aangenomen dat de filters van het ventilatiesysteem functioneerden, moet het niet-functioneren van het ventilatiefilter als buitenontwerpongeval beschouwd worden. Daarnaast moeten ook de scenario's die volgen op een vliegtuigongeval worden beschouwd.

- Brand bij NORM-slib pijpenreiniging
Na falen van het brandmeldsysteem kan een brand bij de vaten met droge NORM-slib zich zodanig ontwikkelen dat het verhitte droge NORM-slib deels tot een verspreidbare vorm verpoedert. Hoewel het ventilatiesysteem in bedrijf is functioneert het filter niet, zodat de besmette gebouwenlucht ongefilterd naar buiten gaat.
- Brand bij opslag Tc-generatoren
Na falen van het brandmeldsysteem in de opslagruimte voor Tc-generatoren kan een brand zich zodanig ontwikkelen dat het lood van een deel van de Tc-generatoren doorsmelt en de capsules beschadigd raken, waarbij de ingesloten radioactieve stoffen vrijkomen in de gebouwenlucht. Hoewel het ventilatiesysteem in bedrijf is functioneert het filter niet, zodat de besmette gebouwenlucht ongefilterd naar buiten gaat.
- Brand bij opslag afvalvaten
Na falen van het brandmeldsysteem in de opslagruimte voor kunststof afvalvaten kan, gezien de potentiële brandbaarheid van de vaten en inhoud, hierbij het merendeel van activiteit in voorraad kunststofvaten in de gebouwenlucht vrijkomen. De opslagruimte heeft geen ramen dicht bij de potentiële vuurhaard. Hoewel het ventilatiesysteem in bedrijf is functioneert het filter niet, zodat de besmette gebouwenlucht ongefilterd naar buiten gaat.

- Vliegtuigongeval

Indien een zwaar jachtvliegtuig neerstort zal het vast-afvalverwerkingsgebouw worden verwoest, waarbij de daarin opgeslagen vaten deels ernstig beschadigd zullen worden. Indien er slechts een kleine brand optreedt, zal door verdamping de in vocht opgeloste radioactieve stoffen ongefilterd in de buitenlucht vrijkomen. Dit heeft vooral betrekking op activiteit in opgeslagen Tc-generatoren en in vaten hars afkomstig van de HFR.

Wanneer het neerstorten van een zwaar jachtvliegtuig wordt gevolgd door een grote kerosinebrand, dan zal een groot deel van de inhoud van de vaten met vast afval verbranden en de daaraan gebonden activiteit vrijkomen. Ook de inhoud van de TC-generatoren zal grotendeels kunnen vrijkomen. De inhoud van de vaten met hars zal deels uitlopen over de vloer, waarna door de hitte van de brand een deel van de daaraan gebonden activiteit via verdampen en verpoederen kan vrijkomen en deels met de rookgassen in de omgeving verspreid worden.

De emissiefracties van deze ongevallen zijn in tabel 26 weergegeven.

tabel 26 Emissies buitenontwerpongevallen vast-afvalverwerkingsgebouw

Scenario	Bronnen	Emissiefracties
Brand bij slib pijpenreiniging	Vaste slib van de pijpenreiniging	$1,1 \cdot 10^{-3}$
Brand bij opslag Tc-generatoren	Tussenopslag Tc-generatoren	$1 \cdot 10^0$
Brand bij opslagvaten	Tussenvoorraad persklare afvalvaten	$5 \cdot 10^{-2}$
Vliegtuigongeval met kleine brand	Vaste slib van de pijpenreiniging	$1 \cdot 10^{-4}$
	Vloeibaar hars afkomstig van de HFR	$1 \cdot 10^{-3}$
	Tussenopslag Tc-generatoren	$1 \cdot 10^{-3}$
Vliegtuigongeval met kerosinebrand	Vaste slib van de pijpenreiniging	$1,1 \cdot 10^{-3}$
	Vloeibaar hars afkomstig van de HFR	$2 \cdot 10^{-3}$
	Tussenopslag Tc-generatoren	$1 \cdot 10^0$
	Tussenvoorraad persklare vaten	$1 \cdot 10^{-1}$

Voor het vast-afvalverwerkingsgebouw zijn voor de vijf buitenontwerpongevallen de bepaalde multifunctionele risico's vermeld in tabel 27.

tabel 27 Maximum MIR buitenontwerpongevallen vast-afvalverwerkingsgebouw

Scenario	Plaats maximum	Maximum per jaar	Bijdrage ingestie
Brand pijpenreiniging + falend filter	45 m ten noorden	$3,0 \cdot 10^{-10}$	98 %
Brand Tc-generatoren + falend filter	45 m ten noorden	$7,0 \cdot 10^{-9}$	88 %
Brand opslagvaten + falend filter	45 m ten noorden	$8,6 \cdot 10^{-9}$	94 %
Vliegtuigongeval met kleine brand	45 m ten noorden	$3,5 \cdot 10^{-13}$	96 %
Vliegtuigongeval met kerosinebrand	45 m ten noorden	$3,6 \cdot 10^{-15}$	94 %

Uit tabel 27 is af te leiden dat de bepalende buitenontwerpongevallen voor het vast-afvalverwerkingsgebouw brand bij de opgeslagen afvalvaten van de HFR of in de opslag van Tc-generatoren zijn, beide bij falend filter. Deze doses worden gedomineerd door de bijdragen van de ingestiedosis en levenslange grond dosis, welke geheel te voorkomen zijn.

DWT installaties buiten de gebouwen

Eén van de te beschouwen buitenontwerpongevallen die betrekking heeft op de installaties buiten de gebouwen is het dubbel falen van de zeelozingsleiding. Daarnaast moeten ook buitenontwerpongevallen voor de potentiële emissiebronnen op de vloeistofdichte opslagvloer beschouwd worden.

- Dubbel falen van de zeelozingsleiding
Na dubbel falen van de zeelozingsleiding wordt licht-radioactief water in het zand op het strand geloosd. Hierbij wordt verondersteld dat eenmalig een totale batch lozingswater (75 m^3) vrijkomt.
- Vliegtuigongeval op de opslagvloer
Indien een zwaar jachtvliegtuig op de opslagvloer neerstort, zullen de daar opgeslagen sludgetanks falen en zal de sludge over de vloer uitlopen. Wordt dit ongeval gevolgd door een kleine brand, dan zal de in het sludge-water opgeloste activiteit deels verdampen en vrijkomen in de buitenlucht. Zou dit scenario gevolgd worden door een grote kerosinebrand, dan zal door de hitte van de brand de sludge indrogen en deels tot een verspreidbare vorm verpoederen. De verspreidbare radioactieve stoffen zullen met de rookgassen in de omgeving verspreid worden. In tabel 28 zijn de emissiefracties van deze scenario's opgenomen.

tabel 28 Emissies buitenontwerpegevalen installaties buiten de DWT-gebouwen

Scenario	Bronnen	Emissiefracties
Dubbel falen van de zeelozingsleiding	Voorraad afvalwater	$1 \cdot 10^0$
Vliegtuigongeval met kleine brand	Sludge uit olie- en gasindustrie	$5 \cdot 10^{-5}$
Vliegtuigongeval met kerosinebrand	Sludge uit olie- en gasindustrie	$5,5 \cdot 10^{-4}$
	Besmette componenten	$1 \cdot 10^{-3}$

Voor de twee buitenontwerpegevalen welke buiten de gebouwen plaats zouden kunnen vinden, zijn de multifunctionele individuele risico's in tabel 29 vermeld. Ook hier wordt de dosis gedomineerd door de ingestiedosis.

tabel 29 Maximum MIR buitenontwerpegevalen DWT-installaties buiten de gebouwen

Scenario	Plaats maximum	Maximum per jaar	Bijdrage ingestie
Dubbel falen van de zeelozingsleiding *)	500 m ten westen	$4,6 \cdot 10^{-10}$	100 %
Vliegtuigongeval met kleine brand	45 m ten noorden	$4,5 \cdot 10^{-15}$	98 %
Vliegtuigongeval met kerosinebrand	45 m ten noorden	$2,9 \cdot 10^{-16}$	98 %

*) De doses voor het ongeval van dubbel falen van de zeeleiding zijn berekend onder de aanname van inname van 1 kg met lozingswater verontreinigd zand.

In tabel 30 is een overzicht weergegeven van het 'per locatie' bepaalde dominante buitenontwerpegeval. Voor de DWT-installaties buiten de gebouwen is het dubbel falen van de zeelozingsleiding het bepalende buitenontwerpegeval.

tabel 30 Overzicht MIR's van dominante buitenontwerpegevalen

Locatie	Scenario	Maximum	Maximum per jaar	Bijdrage ingestie
Decontaminatiegebouw	Vliegtuigongeval met kleine brand	45 m ten noorden	$1,2 \cdot 10^{-14}$	90 %
Waterbehandelingsgebouw	Brand HFR-afval plus falend filter	45 m ten noorden	$5,8 \cdot 10^{-9}$	94 %
Vast-afvalverwerkingsgebouw	Brand bij opgeslagen afvalvaten plus falend filter	45 m ten noorden	$8,6 \cdot 10^{-9}$	94 %
Zeelozingsleiding	Dubbel falen zeelozingsleiding	500 m ten westen	$4,6 \cdot 10^{-10}$	100 %

Ten opzichte van 2000 is van alle buitenontwerpongevallen alleen het ongeval met het laagste maximale risico, dat bij een vliegtuigongeval gevolgd door een kleine brand in het decontaminatiegebouw, ongeveer 10-maal groter geworden.

Uit tabel 30 is af te leiden dat het maximale multifunctionele risico optreedt bij brand in vast afval verwerkingsgebouw in de ruimte voor de tussenopslag voor vaten met radioactief afval. Dit maximum is gevonden direct aan de terreingrens ten noorden van de DWT en wordt gedomineerd door de ingestiedosis, welke geheel te voorkomen is. Ter plaatse van de permanente bewoning is het individuele risico een factor 50 kleiner.

Voor een overzicht van kansen en consequenties van maatgevende ongevallen voor de diverse installaties op de NRG-inrichting t.b.v. toetsing aan de daarvoor geldende criteria wordt verwezen naar deel 1 van dit Veiligheidsrapport.

7 Stralingsbescherming

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de specifieke implementatiekenmerken voor de DWT. 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 DWT 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.

Indeling in stralingszones

Bij de DWT wordt per gebouw een onderverdeling in twee zones gehanteerd waar verschillende regels betreffende stralingsbescherming gelden, te weten:

- de bewaakte zone, waar radiologische werkzaamheden mogen plaatsvinden;
- de gecontroleerde radiologische zone: gebied met een verhoogd radiologisch risico.

De indeling van de stralingszones en de bijbehorende beperkingen zijn in overleg met de algemeen stralingsdeskundige vastgesteld.

7.2 Maatregelen met betrekking tot stralingsbescherming

7.2.1 Maatregelen bij de behandeling van radioactief afval

Het laagactief afval, in standaardvaten, geeft in het algemeen geen aanleiding tot een verhoogde persoonsdosis. Bij de behandeling van het overig radioactief afval vindt geen significante blootstelling aan straling plaats, omdat het afval zich slechts óf in een cel óf in een afschermend vat bevindt.

7.2.2 Afscherming

De afscherming van radioactief besmet materiaal is van primair belang bij het toepassen van het ALARA-beginsel. Belangrijk hierbij is dat verspreiding van radioactieve stoffen te allen tijde voorkomen moet worden. Om verspreiding van radioactief materiaal tegen te gaan, worden behandelingen van radioactief besmet materiaal zo veel mogelijk in een afgesloten cabine of cel uitgevoerd, dan wel vinden de decontaminatiewerkzaamheden in natte omgeving plaats.

De bedrijfservaring heeft geleerd dat buiten de radiologische zones de ontvangen dosis kleiner is dan 1 mSv per jaar.

7.2.3 Ventilatie

De ventilatie is een middel om accumulatie van zwevende radioactieve stoffen in de gebouwen te verminderen; hiermee wordt ook het ALARA-beginsel nageleefd. De uitgaande gebouwlucht wordt via een monitor geleid, zodat de hoeveelheid radioactieve stoffen die het gebouw verlaat, wordt gecontroleerd.

Het ventilatiesysteem bestaat uit een filterpakket waarin de volgende filters voorkomen:

- een voorfilter dat de meeste stofdeeltjes vangt;
- een absoluutfilter om de fijnere deeltjes die niet door het voorfilter gevangen zijn alsnog tegen te houden;
- zonodig een actief koolfilter om jodium te kunnen afvangen.

7.2.4 Meetapparatuur

In tabel 31 is weergegeven welke monitoren ten behoeve van stralings- en radioactiviteitsmetingen in de DWT aanwezig zijn en welke een alarmeringsfunctie hebben in het gebouwbeheersysteem.

tabel 31 Stralingsmeetapparatuur

Omschrijving	Locatie	Alarmfunctie	Frequentie
gamma-monitor	verscheidene	ja	continu
besmettingsmonitor	uitgang decogebouw	ja	op aanspraak
continue luchtstofmonitor	leidinggangen	lozingscontrole	continu

Naast bovenstaande instrumenten is er een aantal draagbare meetapparaten aanwezig voor het bepalen van lokale stralings- en besmettingsniveaus. Verder zijn alle medewerkers uitgerust met ambtelijke persoonsdosimeters die maandelijks worden uitgelezen.

Tevens worden regelmatig representatieve watermonsters uit de behandelde vloeibare afvalstromen genomen en op mogelijke restactiviteit geanalyseerd voordat lozing kan plaatsvinden. De waterlozingen worden geregistreerd in een centrale administratie.

7.2.5 Persoonlijke beschermingsmiddelen

Indien de omstandigheden dit noodzakelijk maken, wordt beschermende kleding gebruikt zoals witte jassen, overalls, verse-luchtpakken, handschoenen, overschoenen, veiligheidsbrillen en -schoenen, gehoorbeschermingsmiddelen, filtermaskers etc.

7.2.6 Toegangscontrole

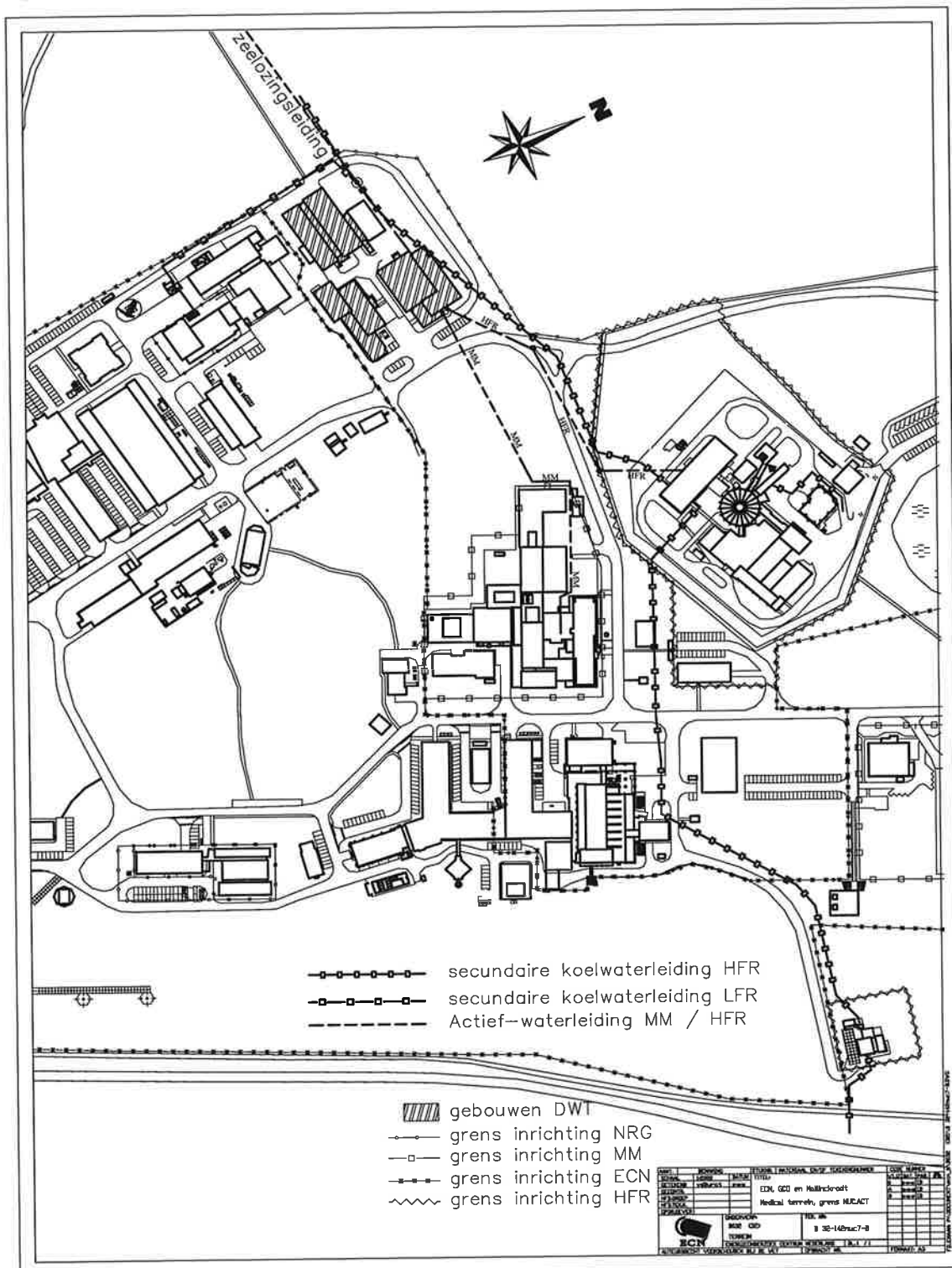
Toestemming tot het betreden van de DWT-gebouwen wordt verkregen van de manager DWT of een daartoe gemachtigde persoon. Voor werkzaamheden die worden uitgevoerd door derden, dient een werkvergunning te worden aangevraagd. Op deze werkvergunning is aangegeven aan welke radiologisch beperkingen de werkzaamheden zijn onderworpen en welke persoonlijke beschermingsmiddelen dienen te worden toegepast. De werkvergunning dient goedgekeurd te worden door de manager DWT of een hiertoe gemachtigde persoon.

7.3 Registratie van de persoonsdoses

De dosis die personen ontvangen wordt op verschillende manieren gemeten. In het gecontroleerde gebied 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

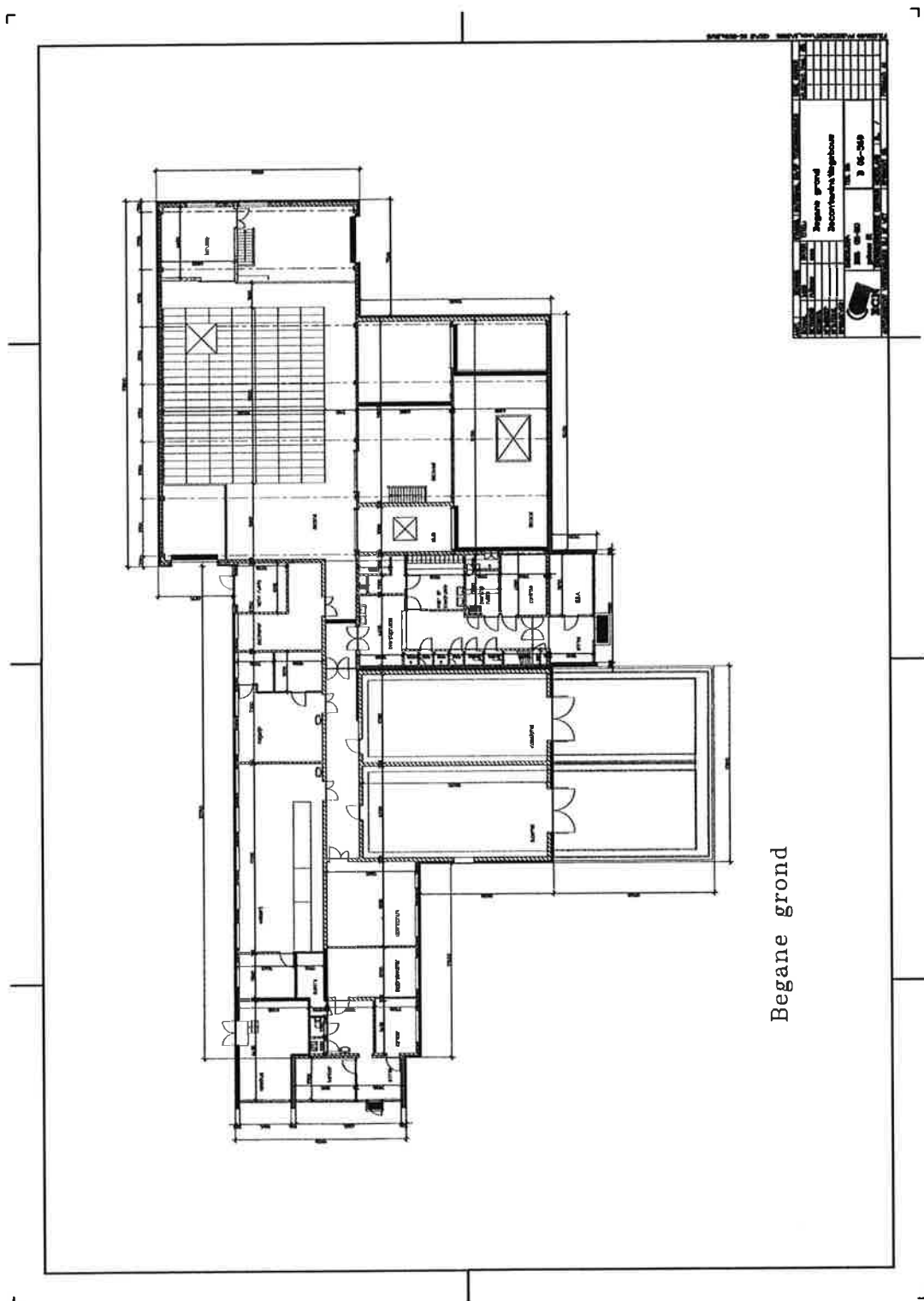
Alle nieuwe medewerkers worden opgeleid conform vastgelegde voorschriften. De inhoud van deze opleiding, waarbij de stralingshygiënische aspecten van de werkzaamheden een prominente plaats innemen, is afhankelijk van de functie en het opleidingsniveau van de medewerker. Tevens vinden regelmatig herhalingscursussen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

bijlage A Figuren

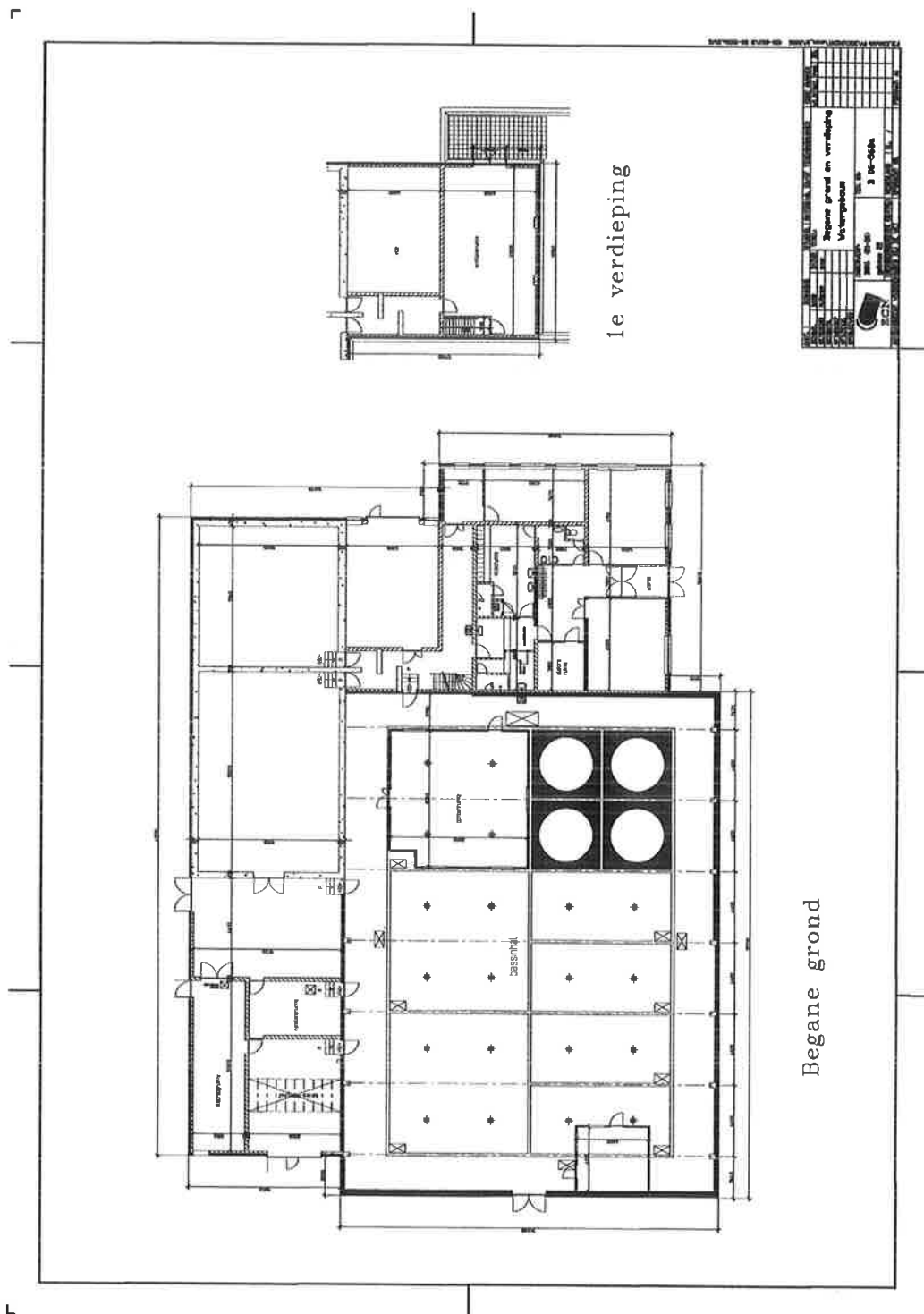
figuur 2 Situering DWT met relevante leidingen



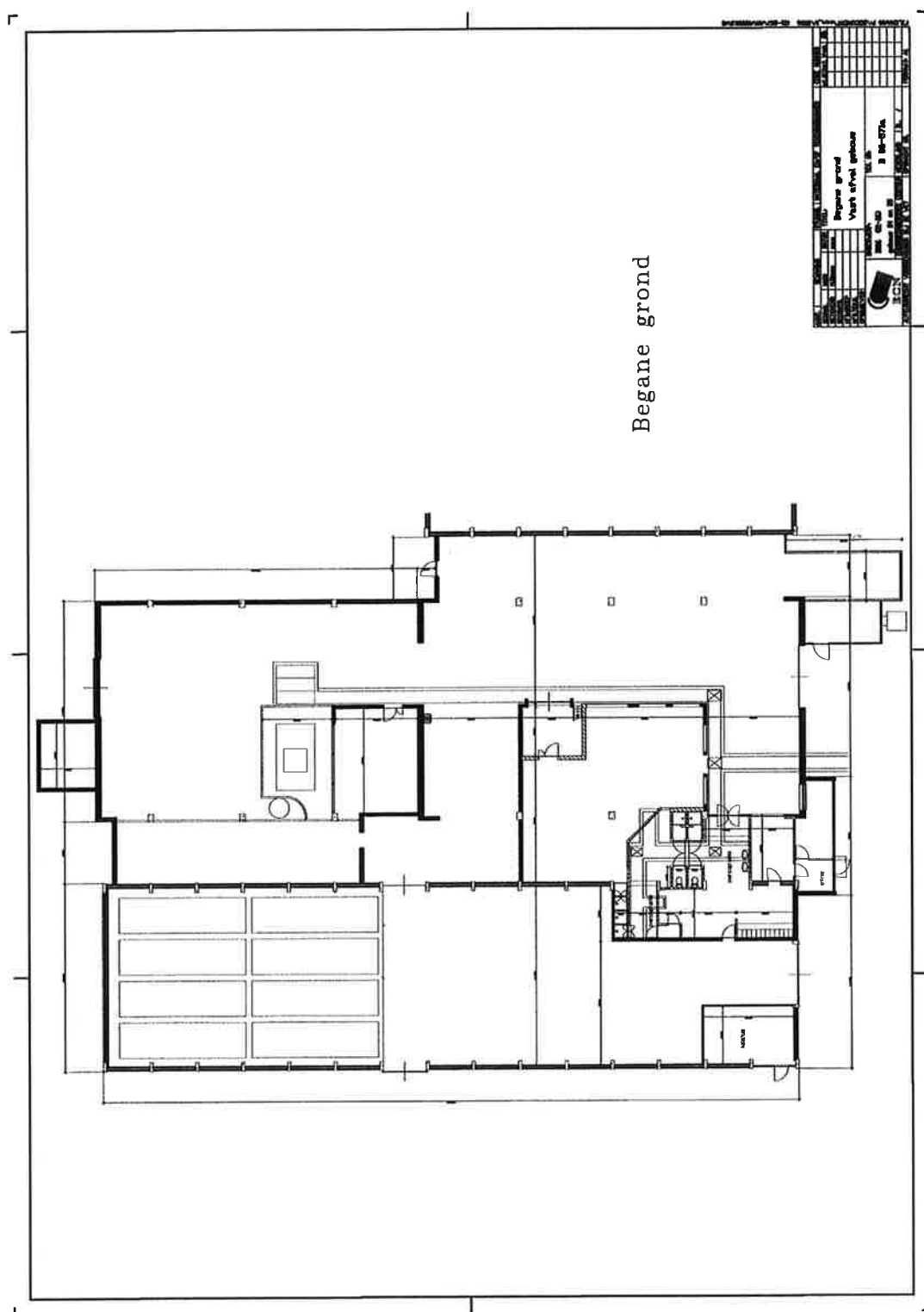
figuur 3 DWT-complex



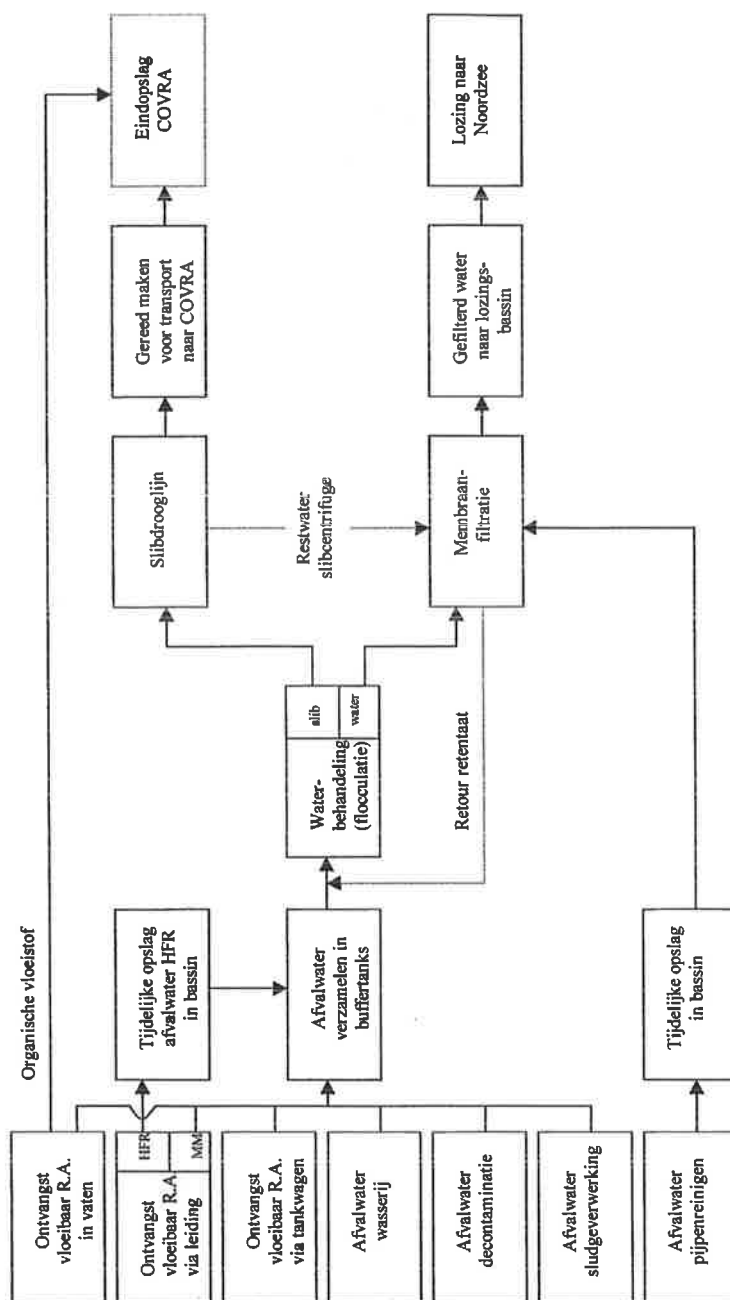
figuur 4 Decontaminatiegebouw



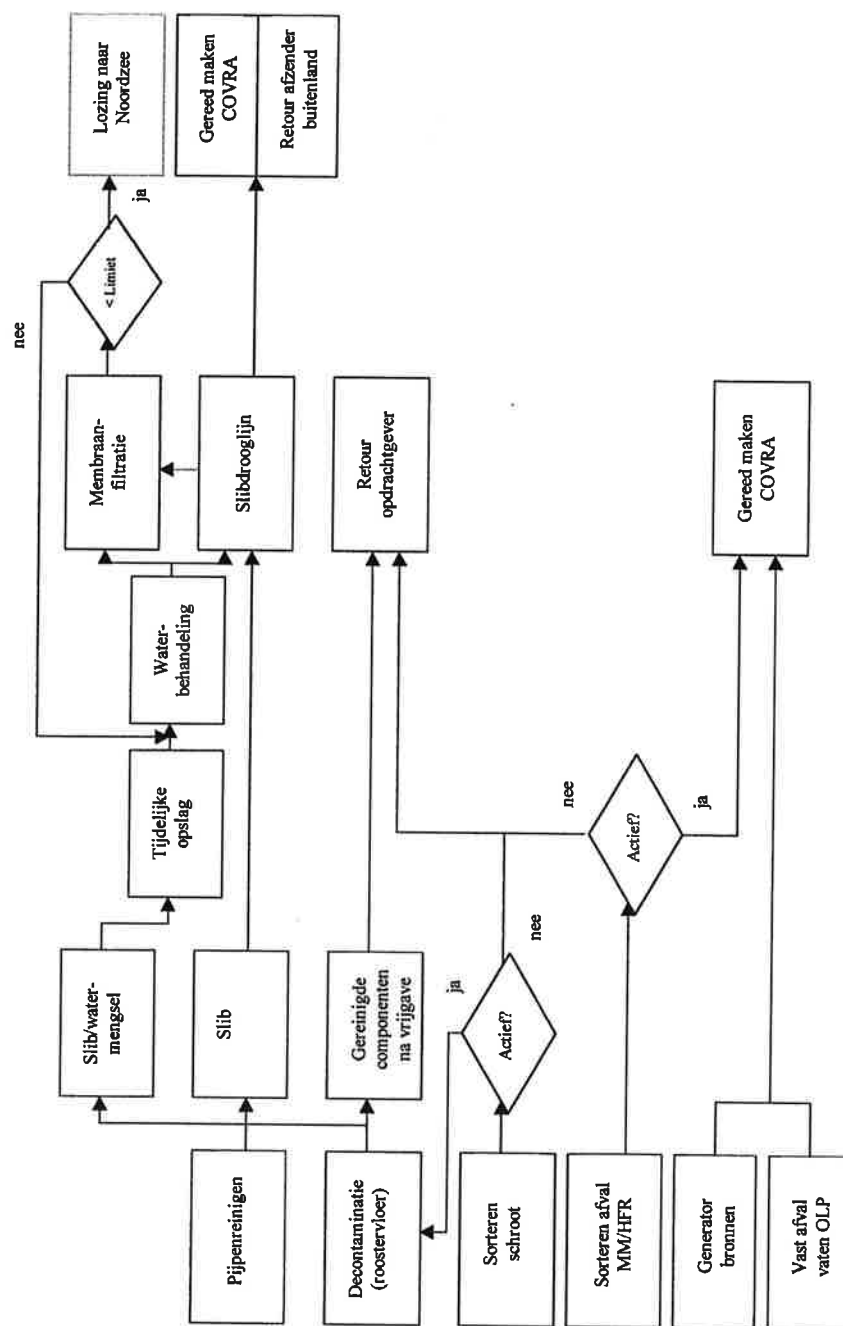
figuur 5 Waterbehandelingsgebouw



figuur 6 Vast afvalverwerkingsgebouw



figuur 7 Processchema vloeibaar radioactief afval DWT (waterbehandeling)



figuur 8 Processchema vast radioactief afval DWT

