FANC AFCN

federaal agentschap voor nucleaire controle
agence fédérale de contrôle nucléaire

Doc type :	NOTE EXTERNE NOTA
Statut/Status :	Final
Réf/Ref* :	2019-03-25-JME-5-4-1-NL
Version/Versie :	Rev ☒ Version originale/Oorspr. versie ☐ Traduction/Vertaling
Langue/Taal	NL

Titre/Titel:	Verslag aan de Wetenschappelijke Raad voor Ioniserende Stralingen betreffende de vergunningsaanvraag voor een Oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval in Dessel, bevattende de resultaten van de veiligheidsanalyse van het aanvraagdossier door FANC en Bel V
Synthèse/ Samenvatting:	Het voorliggend document is het verslag aan de Wetenschappelijke Raad voor Ioniserende Stralingen betreffende de vergunningsaanvraag voor een oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval in Dessel. Het verslag bevat de resultaten van de veiligheidsanalyse van FANC en Bel V van het voorlopig veiligheidsverslag van NIRAS.
Destinataire(s)/ Bestemmeling(en)	☐ Conseil d'administration/ Raad van Bestuur ☑ Conseil scientifique/ Wetenschappelijke Raad ☐ Comité d'audit/ Auditcomité ☐ Comité de Direction/ Directiecomité ☐ Comité stratégique/ Strategisch Comité ☐ Personnel AFCN/ Personeel FANC ☑ Département-Departement/ Service-Dienst AFCN/ FANC : IADEP (info) ☐ Autres destinataires/ Andere recipiënten:

Inhoudstafel

0. Leeswijzer van dit document 4
0.1. Lijst van afkortingen 4
0.2. Enkele definities 6
1. Conclusies van FANC en Bel V 7
2. Onderwerp van de vergunningsaanvraag 10
3. Bespreking van de vergunningsaanvraag 11
3.1. Regelgevend kader 11
3.2. Proces tussen de vergunningsaanvraag en de volledigverklaring van de aanvraag 12
3.3. Volledigheid van de aanvraag 13
3.4. Milieueffectenrapportage 13
4. Beschrijving van het project 14
4.1. Doelstelling 14
4.2. Beschrijving van de periodes en fasen in het leven van de bergingsinrichting 15
4.3. Vestigingsplaats van de installaties voor berging van categorie A-afval 16
4.4. Beschrijving van de installaties voor berging van categorie A-afval en hun ontwerp 17
4.5. Beschrijving van het te bergen categorie A-afval 20
4.6. Beschrijving van de bergingscolli 27
4.7. Beschrijving van de voorziene monitoring en toezicht 28
4.8. Beschrijving van het potentieel secundair afval en zijn behandeling 29
4.9. Beschrijving van de organisatie 29
4.10. Beoordeling door FANC en Bel V van het project 31
5. Veiligheidsbeleid 32
5.1. Beleidsverklaring en -beschrijving 32
5.2. Basisprincipes 32
5.3. Stralingsbeschermingsprincipes 35
5.4. Veiligheidsprincipes 39
5.5. Veiligheidsstrategie 42
5.6. Veiligheidsconcept 45
5.7. Beoordeling door FANC en Bel V van het veiligheidsbeleid 50
6. Beschrijving van de constructie 52
6.1. Constructieproces 52
6.2. Kwaliteitsborging 54
6.3. Beoordeling FANC en Bel V van de constructie 57
7. Beschrijving van het bergingsproces 58
7.1. Verschillende actoren die tussenkomen in het bergingsproces 58
7.2. Het bergingsproces 59
7.3. Beschrijving van de normale uitbating 66
7.4. Beoordeling FANC en Bel V van het voorgestelde bergingsproces 66
8. Operationele Stralingsbescherming 67
8.1. Organisatie van de stralingsbescherming, zonering en inschatting van de doses 67
8.2. Beoordeling FANC en Bel V van de operationele stralingsbescherming 70
9. Veiligheidsevaluatie 71
9.1. Studies met betrekking tot de operationele veiligheid 71

9.2. Studies met betrekking tot de lange termijn veiligheid 76
9.3. Globale risicoanalyse 102
9.4. Beoordeling FANC en Bel V van de veiligheidsevaluatie 104
10. Vereisten en conformiteitscriteria voor bergingscolli 107
10.1. Mechanische vereisten en conformiteitscriteria 107
10.2. Fysische vereisten en conformiteitscriteria 109
10.3. Chemische vereisten en conformiteitscriteria 112
10.4. Biologische vereisten en conformiteitscriteria 118
10.5. Radiologische vereisten en conformiteitscriteria 118
10.6. Andere vereisten 123
10.7. Beoordeling FANC en Bel V en overzicht van de belangrijkste vereisten voor FANC en Bel V 123
11. Radiologische limieten van de berging 126
11.1. Operationele limieten, Bergingslimieten en bijkomende regels, limieten en verificaties .. 126
11.2. Beoordeling FANC en Bel V van de voorgestelde radiologische limieten 129
11.3. Overzicht van alle regels, limieten en verificaties op radiologisch vlak 130
12. Referenties 131
Bijlage 1 - Adviesvoorstel aan de Wetenschappelijke Raad 135
Bijlage 2 Evaluatie per hoofdstuk van het voorlopig veiligheidsverslag 137

0. Leeswijzer van dit document

In het voorliggend document kan het verslag aan de Wetenschappelijke Raad voor Ioniserende Stralingen gevonden worden betreffende de vergunningsaanvraag voor een oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval in Dessel. Het verslag bevat de resultaten van de analyse van FANC en Bel V van het voorlopig veiligheidsverslag[1] van NIRAS dat vervolledigd werd op 31 januari 2019 voor wat betreft het veiligheidsrapport , op 28 februari 2019 voor wat betreft de vergunningsaanvraagnota en op 30 juli 2019 voor wat betreft het ontwerp van project-MER.

Ten behoeve van de leesbaarheid van dit verslag, werd de structuur van het veiligheidsrapport van NIRAS voor dit verslag niet gevolgd. Er wordt in de tekst wel steeds verwezen naar de desbetreffende hoofdstukken van het veiligheidsrapport van NIRAS.

Per subparagraaf wordt steeds de aanpak van NIRAS beschreven, waarna de beoordeling door FANC en Bel V kan gevonden worden. Aan het eind van elke paragraaf volgt ook steeds een finale beoordeling van het onderwerp.

In de beschrijvende tekst van de aanpak van NIRAS worden er aan de hand van onderlijning of gebruik van "**vetgedrukte tekst**" enkele belangrijke termen en/of zinnen aangeduid. Wanneer bij deze beschrijving letterlijke citaten uit referenties worden gehanteerd, worden deze tussen aanhalingstekens geplaatst.

*De beoordeling door FANC en Bel V is steeds in "cursief" geschreven, waarbij het belangrijkste standpunt van FANC en Bel V **"vetgedrukt"** is geschreven. Vragen van FANC en Bel V, die NIRAS dient te beantwoorden voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad of de oplevering van de bergingsinrichting, zijn "onderlijnd".*

Een vraag van FANC en Bel V, op te lossen voor een tweede Wetenschappelijke Raad of voorafgaand aan de oplevering, is voorwaardelijk en afhankelijk van het bekomen van een positief voorlopig voorafgaand advies en/of de vergunning. Het doet onder geen beding afbreuk aan de bevoegdheden van de Wetenschappelijke Raad om een advies terzake te verstrekken conform artikel 6.3 van het ARBIS [1], noch aan de bevoegdheden van de koning aangaande het verlenen van de vergunning.

Dit rapport is als volgt opgebouwd:

- Sectie 1 bevat de conclusies van de analyse van FANC en Bel V, alsook een lijst van wat ze nodig achten dat NIRAS levert tegen een tweede Wetenschappelijke Raad;
- In de secties 2 tot en met 11 worden de resultaten besproken van de veiligheidsanalyse door FANC en Bel V van het veiligheidsrapport van NIRAS. Aangezien NIRAS geen samenvatting van het veiligheidsrapport heeft opgesteld, geven FANC en Bel V, ten behoeve van het goed begrip, ook telkens een samenvatting van de informatie uit het veiligheidsrapport;
- Sectie 12 is de lijst van de gebruikte referenties;
- Bijlage 1 van het rapport bevat een voorstel aan de Wetenschappelijke Raad van Voorlopig Voorafgaand Advies;
- Bijlage 2 van het rapport bevat de evaluatie van FANC en Bel V per hoofdstuk van het veiligheidsrapport.

0.1. Lijst van afkortingen

- **AES**: Altered Evolution Scenario (Alternatieve Evolutie Scnerario's)
- **ACRIA**: Acceptatie CRIteriA

[1] In het vervolg van dit verslag wordt de term 'veiligheidsrapport' gehanteerd voor 'voorlopig veiligheidsverslag'.

- **ARBIS**: Koninklijk Besluit van 20 juli 2001 houdende Algemeen Reglement op de Bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van Ioniserende Stralingen [1]
- **ASR**: Alkali-Silica reactie
- **BCF**: BiosfeerConversieFactor
- **BE**: Best Estimate (Beste schatting)
- **BLi**: BergingsLimiet
- **BW**: Belangrijke Wijziging (volgens artikel 12 van het ARBIS)
- **CLi**: ConcentratieLimiet
- **CPF**: Controlled Permeability Formwork
- **DB**: DosisBeperking
- **DBE**: Design Basis Earthquake (Ontwerpaardbeving)
- **DEF**: Delayed Ettringite Formation (laattijdige ettrengietvorming)
- **DFC**: Dienst voor Fysische Controle
- **DR**: Design Requirement (Ontwerpvereiste)
- **DRW**: DosisReferentieWaarde
- **EES**: Expected Evolution Scenario (Verwachte Evolutie Scenario)
- **FEP**: Features, Events and Processes (Kenmerken, gebeurtenissen en processen)
- **GTF**: GeoTransferFactor
- **HAZID**: Hazard Identification Study (Studie ter identificatie van de bedreigingen)
- **HIS**: Human Intrusion Scenario (Scenario's van onopzettelijke Menselijke Intrusie)
- **IMS**: Integrated Management System (Geïntegreerd managementsysteem)
- **I&C**: Instrumentation and Control (Instrumentatie, sturing en regeling)
- **IPM**: Installatie voor de Productie van Monolieten
- **NBW**: Niet Belangrijke Wijziging (volgens artikel 12 van het ARBIS [1])
- **NISD**: NIRAS Site Dessel
- **OLi**: Operationele Limiet
- **ONSF**: ONDRAF Site Fleurus
- **OSG**: Operational Start-up Group (Operationele opstartgroep)
- **PORC**: Plant Operational Committee (Operationeel comité van de inrichting)
- **PS**: Penalising Scenario (Penaliserend Scenario)
- **QA/QC**: Quality Assurance/ Quality Control (Kwaliteitsborging/kwaliteitscontrole)
- **QC**: Quality Class (Kwaliteitsklasse)
- **QVV**: Qualification, Verification and Validation (Kwalificatie, Verificatie en Validatie)
- **RCC**: Referee Concertation Committee (Overleg en Arbitragecomité)
- **RPC-LT**: Radioprotection à Longue Terme (Stralingsbescherming voor de Lange Termijn)
- **RS**: Reference Scenario (Referentie Scenario)
- **SAC**: Safety Assessment Committee (Comité van de veiligheidsanalyse)
- **SFP**: Single Failure Proof (Bestand tegen enkelvoudige faling)
- **SSC**: Systemen, structuren en componenten
- **STOLA**: STudie- en Overleggroep Laagactief Afval - Dessel
- **STORA**: STudie- en Overleggroep Radioactief Aval in Dessel
- **SWIFT**: Structured What-if Technique (Gestructureerde 'Wat-als' techniek)
- **TQM**: Total Quality Management (Integrale kwaliteitszorg)
- **VGMB**: Veiligheid, Gezondheid, Milieu en Beveiliging
- **VVKI**: Koninklijk Besluit van 30 November 2011 houdende VeiligheidsVoorschriften voor de KernInstallaties [2]
- **WCB**: Water Collection Building (Waterverzamelingsgebouw)

0.2. Enkele definities

- **Afvalfamilie**: Groepering van geconditioneerd afval, waarbij de groepering binnen het cat. A-afval gebeurt op basis van: (1) de oorsprong en/of het conditioneringsprocédé, (2) de primaire verpakking, (3) chemische samenstelling van het afval en (4) de intensiteit van de straling[2].
- **Variëteit**: Homogene groepering van bergingsafval, waarbij de term homogeen erop duidt dat het bergingsafval een gelijkaardige oorsprong heeft en werd geëindconditioneerd in dezelfde productie-installatie voor monolieten en in hetzelfde type monoliet (type I, II, III).
- **Conformiteitsdossier**: Dossier opgesteld per (sub)-afvalfamilie, of per variëteit indien afval in monolieten of caissons aangeboden wordt, dat moet aantonen dat alle colli geconditioneerd afval die behoren tot de afvalfamilie of alle monolieten die behoren tot de variëteit a priori aanvaardbaar zijn voor de oppervlakteberging.
- **Opvolgingsdossier**: dossier opgesteld per collo geconditioneerd afval of monoliet waarin alle belangrijke gegevens van het desbetreffende collo of monoliet worden verzameld.
- **Opvulplan**: Plan voor het plaatsen van colli geconditioneerd afval in monolieten en van de monolieten in de module. Het eerste opvulplan zal opgesteld worden voor de eerste vier modules.
- **Aanvullende controles**: Bijkomende karakterisatie van een bestaand collo geconditioneerd afval die het mogelijk moet maken om de conformiteit met elk conformiteitscriterium van geconditioneerd afval, zoals gedefinieerd in hoofdstuk 15 van het veiligheidsrapport, na te gaan.
- **Administratieve controles**: Controle van de volledigheid van het opvolgingsdossier, uit te voeren voor elk collo geconditioneerd afval en elke monoliet.
- **Standaard fysieke controles**: Dit betreffen de volgende niet-destructieve controles uit te voeren voor elk collo geconditioneerd afval en elke monoliet: (1) controle identificatie van het collo, (2) visuele controle collo, (3) controle oppervlaktebesmetting collo, (4) gewichtscontrole collo, (5) controle dosisdebiet collo.
- **Fysieke controles**: Bijkomende destructieve en niet-destructieve controles uit te voeren op colli geconditioneerd afval of monolieten, waarbij het aantal te controleren colli per (sub)-afvalfamilie of het aantal te controleren monolieten per variëteit vastgelegd wordt in het conformiteitsdossier van de desbetreffende (sub)-familie of variëteit.

[2] FANC en Bel V merken op dat de definitie van NIRAS gebaseerd is op het dosisdebiet op contact met het afvalcollo en niet de activiteit.

1. Conclusies van FANC en Bel V

FANC en Bel V hebben voorliggende vergunningsaanvraag voor een oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval, ingediend door NIRAS op 31/01/2013, en door haar vervolledigd op 31/01/2019, 28/02/2019 en 30/07/2019, onderworpen aan een grondige verificatie en veiligheidsanalyse en concluderen daaruit het volgende:

1. De vergunningsaanvraag is volledig en voldoet aan de vereisten van artikel 6 van het ARBIS [1].
2. De vergunningsaanvraag voldoet aan de vereisten door FANC en Bel V gespecificeerd in de FANC nota 2012-03-15-JME-5-4-3-NL [3].
3. Het ontwerp van project-MER voldoet aan de inhoudelijke vereisten van artikel 6 van het ARBIS [1].
4. Het voorliggende veiligheidsrapport bevat de nodige gegevens, maar op een aantal plaatsen dient het veiligheidsrapport in de toekomst aangepast te worden teneinde de kwaliteit en bevattelijkheid ervan te verhogen. FANC en Bel V vragen bepaalde hoofdstukken op dit vlak bij te sturen (zie verder bij de gevraagde elementen). Deze bijsturingen zijn echter niet van dien aard dat ze een gunstig voorlopig voorafgaand advies in de weg staan.
5. Er is voldoende duidelijkheid over de voorziene bronterm van de inrichting, zijnde het afval dat NIRAS wenst aan te bieden voor berging. Deze bronterm wordt door FANC en Bel V geschikt bevonden voor de voorliggende oppervlaktebergingsinrichting te Dessel. FANC en Bel V hebben in dit verslag een eerste voorstel gemaakt van vereisten die aan de bergingscolli zouden worden opgelegd. NIRAS heeft in het veiligheidsrapport conformiteitscriteria gedefinieerd die bij het aangeboden afval zullen worden geverifieerd. Deze criteria dekken voor FANC en Bel V afdoende de voorgestelde vereisten af.
6. Op niveau van de berging heeft NIRAS eveneens de radiologische capaciteit van de oostelijke tumulus kunnen bepalen. De capaciteit van de westelijke tumulus dient nog bepaald te worden, hetgeen nog een invloed kan hebben op de totale capaciteit van de inrichting.
7. De vergunningsaanvraag (veiligheidsrapport en de onderliggende documenten) bevat voldoende informatie aangaande de stralingsbeschermingsprincipes, veiligheidsprincipes, het veiligheidsconcept, de site en het ontwerp van de inrichting en bespreekt alle veiligheidsaspecten die betrekking hebben op de bouw van de inrichting, de uitbating, sluiting, en periode na de sluiting. FANC en Bel V gaan akkoord met de site en het ontwerp van de inrichting. De stralingsbeschermingsprincipes en veiligheidsprincipes werden door NIRAS op een aanvaardbare wijze geïmplementeerd. De resultaten van de door NIRAS uitgevoerde veiligheidsevaluaties geven aan dat er tijdens alle fasen uit het leven van de inrichting, en dit zowel in normale omstandigheden als in incident- of ongevalsomstandigheden, geen onaanvaardbare risico's kunnen ontstaan. De resultaten worden door FANC en Bel V onderschreven, mede via onafhankelijke (numerieke) analyses. Alhoewel er voor de operationele veiligheid een correcte inschatting werd gemaakt van de maximaal te verwachten dosissen bij het zwaarst mogelijke ongeval, is de afleiding van de ongevallen en hun evaluatie onvoldoende systematisch en traceerbaar uitgevoerd.

Bij de door FANC en Bel V uitgevoerde analyse zijn een aantal elementen geïdentificeerd waarvoor aan NIRAS gevraagd wordt ze te ontwikkelen voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad, op voorwaarde dat de Wetenschappelijke Raad een gunstig voorlopig voorafgaand advies uitbrengt. Deze hebben niet alleen betrekking op de inhoudelijke aspecten van het dossier, maar ook op ontwikkelingen die NIRAS in de organisatie en het beheersysteem zal moeten doorvoeren teneinde klaar te kunnen zijn om haar nieuwe rol als exploitant van een klasse I inrichting op te kunnen nemen. De gevraagde elementen zijn de volgende:

- Een plan ter ontwikkeling van de nodige competentie inzake nucleaire veiligheid, stralingsbescherming en de redactie van veiligheidsrapporten, en ter ontwikkeling van een gepaste veiligheidscultuur en zin voor kwaliteit. Het plan dient te voorzien in een met bewijsstukken gestaafde implementatie die doorlopen dient te worden alvorens de bouw van de inrichting kan aanvatten;
- De bevestiging van het prioritair belang dat aan veiligheid zal worden gegeven, d.w.z. bevestigen dat indien NIRAS beslissingen neemt om redenen van socio-economische aard, duurzaamheid of milieu, dit geen afbreuk mag doen aan de veiligheid.
- Een nieuw ontwerp hoofdstuk "Veiligheidsbeleid, veiligheidsstrategie en veiligheidsconcept" (hoofdstuk 2) waarin het veiligheidsbeleid op een duidelijkere manier wordt geformuleerd, alsook een nota met daarin de kernboodschappen van het veiligheidsbeleid op basis van het nieuw ontwerp hoofdstuk 2. Deze nota dient te verzekeren dat het ganse personeel, belast met belangrijke taken op het vlak van nucleaire veiligheid, het veiligheidsbeleid en de toepassing ervan begrijpt en kan uitvoeren;
- Een optimaliseringsoefening ten aanzien van de duur van de Nucleaire Reglementaire Controlefase in functie van het verwijderen van een aantal 'kritische' colli of bergingscolli uit de voorziene bronterm;
- Een traceerbare integratie van het operationele veiligheidsconcept in de ontwerpstrategie;
- Een herzien veiligheidsconcept m.b.t. tot de lange termijn veiligheid waarbij in het concept een veiligheidsfunctie "beschermen van andere veiligheidskritische SSC's" wordt geïntegreerd;
- Een lijst van procedures die van toepassing zullen zijn tijdens de constructie van de installaties;
- Een QA/QC-programma dat zal doorlopen worden tijdens de bouw, samen met de rechtvaardiging dat dit programma afdoende de conformiteitscriteria van de bouw afdekt;
- Een QA/QC-programma dat zal worden doorlopen tijdens de fabricage van de monolieten, samen met de rechtvaardiging dat dit programma afdoende de conformiteitscriteria voor de monolieten afdekt;
- Ontwerpen van procedures die de behandeling van niet-conformiteiten vastleggen voor fabricatie monolieten en bouw van de bergingsinrichting;
- Een meer gedetailleerde beschrijving van het ontwerp van de monoliet (en specifiek bv. van het aanhechtingsmechanisme van het deksel);
- De mogelijke invloed nagaan van de delta tussen de oudere, door NIRAS aangewende normen, en de huidige van toepassing zijnde normen op het ontwerp en de constructie van de betononderdelen;
- De uitwerking van de voorziene instrumentatie, regeling en sturing en de manier waarop deze gekwalificeerd zal worden;
- Een beschrijving van hoe het Integrated Management System (IMS) m.b.t. de bouw zal functioneren;
- Een nieuw ontwerp van hoofdstuk operationele veiligheid (hoofdstuk 13), dat op een systematische manier de operationele veiligheid analyseert;
- Een performantieanalyse voor de lange termijn veiligheid aangaande insluiting en afzondering;

- Een update van de modellen voor de radiologische impactbepaling i.h.k.v. de lange termijn veiligheidsevaluatie op basis van een meer representatief installatiemodel dat eveneens te ontwikkelen is voor de performantieanalyse;
- Een systematische kwalificatie van de AES-modellen.
- Een herziening van de evaluatie van de impact op niet-menselijke biota waarbij recente internationale ontwikkelingen in rekening worden gebracht, bijkomende blootstellingswegen worden beschouwd en de fauna en flora van de te identificeren kwelgebieden wordt nagegaan;
- Een update van het hydrogeologisch model op basis van terreinmetingen, en op basis daarvan het afleiden van een geosfeertransferfactor voor de Westelijke Tumulus, met inschatting van de radiologische capaciteit van deze tumulus, en de bepaling van het effect van mogelijke kwelgebieden in de omgeving van de berging;
- Een update van de biosfeerreceptor 'kwelgebieden', waarbij de inname door dieren van besmet grondwater afkomstig van de put in ondiep grondwater beschouwd wordt, en waarbij de voor het kwelgebied gepaste grondeigenschappen gemodelleerd worden;
- Een argumentatie betreffende de voorgestelde concentratielimiet voor chloor in het licht van zijn mogelijke rol als complexant;
- Een uitgewerkt hoofdstuk 17 met voor elk onderwerp van de Technische Specificaties de nodige acties, voorwaarden en termijnen;
- Een overzicht van de acties die NIRAS onderneemt i.h.k.v. het onderzoek, de ontwikkeling en de demonstratie.

FANC en Bel V zullen tegen de tweede Wetenschappelijke Raad een voorstel van conformiteitsvereisten voor bergingscolli opstellen, dewelke kunnen worden opgenomen in de vergunning van de bergingsinrichting indien deze zou verleend worden.

Naast deze gevraagde elementen zullen FANC en Bel V een aantal aandachtspunten opvolgen tijdens de verdere implementatie van de bergingsinrichting. Deze hebben in de eerste plaats betrekking op constructie- en kwaliteitscontroleaspecten.

2. Onderwerp van de vergunningsaanvraag

NIRAS, de Nationale Instelling voor Radioactief Afval en verrijkte Splijtstoffen, vraagt een vergunning aan voor de oprichting en exploitatie van een “Oppervlaktebergingsinrichting voor categorie A-afval” op het grondgebied van de gemeente Dessel. Dit is een nieuwe inrichting van klasse I volgens ARBIS artikel 3.1-a [1]. NIRAS zal een nieuwe exploitant van klasse I worden.

Onder categorie A-afval wordt laag- en middelactief kortlevend radioactief afval verstaan.

Het doel van deze inrichting is het huidige en op dit moment voorziene categorie A-afval in België op een veilige manier te bergen. Onder berging van radioactief afval wordt verstaan: “de plaatsing van radioactief afval in een installatie zonder de bedoeling dat afval terug te halen, maar zonder afbreuk te doen aan de mogelijkheid om, in voorkomend geval, over te gaan tot recuperatie van afval” (artikel 2-11 van [4]).

De aanvraag heeft betrekking op de bouw en exploitatie van 34 bovengrondse bergingsmodules die een totaal van 163.200 m³ aan bergingscolli met afval kunnen bevatten. Deze modules zullen na opvullen worden afgedekt met een afdekking bestaande uit meerdere lagen. De bergingsinrichting bevat daarnaast ook nog een gebouw voor de opvang van water uit het in de berging voorziene drainagesysteem en een inspectiegalerij. De inrichting is voorzien van een spoornetwerk en trolley voor het vervoer van de bergingscolli. De inrichting zal eveneens een toegangscluster bevatten waar zich de controlekamer zal bevinden voor de sturing van de exploitatie vanop afstand, en waarin ook een decontaminatiedouche en de toegang tot de gecontroleerde zone van de inrichting zal worden voorzien. Voor een meer uitgebreide beschrijving van de inrichting wordt verwezen naar §4.4 van dit rapport (Beschrijving van de installaties) of naar de hoofdstukken 1, 7 en 8 van het veiligheidsrapport van de inrichting.

3. Bespreking van de vergunningsaanvraag

3.1. Regelgevend kader

Volgend regelgevend kader dat verband houdt met de nucleaire veiligheid en stralingsbescherming is van toepassing op deze vergunningsaanvraag:

- Het koninklijk besluit van 20 juli 2001 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende stralingen (ARBIS), met laatste wijzigingen van 06 december 2018 [1].
- Het koninklijk besluit van 30 november 2011 houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties, waarvan in dit geval en momenteel de generieke voorschriften van toepassing zijn [2].
    - Een nog te publiceren deel van dit KB, namelijk de "Specifieke veiligheidsvoorschriften voor de inrichtingen voor eindberging van radioactief afval.", werd in 2012 in een FANC-nota gepubliceerd [5] en wordt door NIRAS als leidraad gebruikt, en door FANC en Bel V gebruikt bij de beoordeling van de aanvraag.
- FANC-nota's die als leidraden van toepassing zijn op de oppervlakteberging[3]:
    - Leidraad oppervlakteberging op Belgisch grondgebied van laag- en middelactief kortlevend afval [6];
    - Strategische nota en richtlijnen betreffende vergunningsaanvragen [7];
    - Leidraad betreffende het in acht nemen van menselijke intrusie bij oppervlaktebergingsinstallaties voor radioactief afval [8];
    - Leidraad over de beschouwing van gebeurtenissen met een externe oorsprong bij het ontwerp van de bergingsinstallatie [9];
    - Leidraad "Aardbevingen" [10];
    - Leidraad "Veiligheidsevaluatie: aspecten met betrekking tot grondwater" [11];
    - Leidraad "Veiligheidsevaluatie: biosfeer" [12];
    - Leidraad "Stralingsbeschermingscriteria RPC-LT voor de lange termijn veiligheidsevaluatie van een oppervlakteberging voor radioactief afval" [13];
    - Leidraad over de stralingsbescherming tijdens de operationele periode van een oppervlakteberging voor radioactief afval [14];
    - Nota "aanvaardbaarheid van potentiële blootstellingen als gevolg van interne en externe gebeurtenissen en betreffende bergingsinrichtingen voor radioactief afval." [15]
- Voornaamste internationale leidraden van het Internationaal Atoomenergieagentschap:
    - IAEA SF-1 Fundamental safety principles [16];
    - IAEA SSR-5 Disposal of Radioactive Waste [17];
    - IAEA SSG-23 The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste [18];
    - IAEA SSG-29 Near Surface Disposal Facilities for Radioactive Waste [19];
    - IAEA GS-G-3.4 The Management System for the Disposal of Radioactive Waste [20];
    - IAEA SSG-31 Monitoring and Surveillance of Radioactive Waste Disposal Facilities [21].

[3] De Franstalige titels werden voor het goede begrip naar het Nederlands vertaald. De originele titels kunnen worden gevonden in de referenties.

3.2. Proces tussen de vergunningsaanvraag en de volledigverklaring van de aanvraag

Op 31 januari 2013 diende NIRAS voorliggende vergunningsaanvraag in voor de oppervlaktebergingsinrichting voor categorie A-afval in Dessel. Op 14 juni 2013 verklaarde het FANC de vergunningsaanvraag onvolledig en vroeg daarnaast ook een aantal bijsturingen van het dossier ([22] en [23]) . De belangrijkste geïdentificeerde probleempunten, op te lossen voor de eerste zitting van de Wetenschappelijke Raad waren:

- Er ontbraken een aantal gegevens die gevraagd werden in artikel 6.2 van het ARBIS [1];
- Er was een onaanvaardbare methodologie voor de bepaling van de bergingslimieten waardoor er onvoldoende beperking was van de radiologische capaciteit en toegelaten maximale concentraties van langlevende radionucliden;
- Het veiligheidsdossier bevatte onvoldoende informatie om zicht te krijgen op het afval dat NIRAS wenst te bergen;
- Aangaande de veiligheidsevaluatie was er voor meerdere scenario's onduidelijkheid over het conservatief karakter en onduidelijkheid over het beheer van onzekerheden;
- Er was geen operationele risicoanalyse en er was onduidelijkheid omtrent de door NIRAS geïdentificeerde gebeurtenissen van interne en externe oorsprong, te beschouwen in de operationele veiligheidsevaluatie;
- Er ontbrak een klassificatiesysteem van de veiligheidsgerelateerde SSC's (Systemen, Structuren en Componenten);
- De doenbaarheid van de opvulling van de inspectieruimte was onvoldoende aangetoond;
- Er was een verkeerde interpretatie van het principe van optimalisatie van de bescherming en een gebrek aan implementatie ervan, specifiek met betrekking tot het ontwerp van de installaties;
- Het dossier bevatte een onaanvaardbare argumentatie en toepassing van het principe van gelaagde bescherming ('defence in depth').

Op 5 juli 2013 stuurde NIRAS een antwoord terug [24]. In dit antwoord levert NIRAS alvast een deel van de ontbrekende elementen aan, en stelt ze een aantal vragen aan FANC met betrekking tot de brief en nota van 14 juni 2013 en vraagt ze ook een overleg met het FANC teneinde één en ander te verduidelijken. Op 30 september 2013 vindt een overleg plaats waarbij de vragen van NIRAS worden beantwoord. Op 25 oktober 2013 stuurt FANC een brief aan NIRAS om dit schriftelijk te bevestigen [25].

Tussen 14 november 2013 en 10 juli 2014 stellen het FANC en zijn technisch filiaal Bel V nog een driehonderdtal bijkomende vragen met betrekking tot het dossier ([26], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33], [34] [35], [36], [37], [38], [39], [40], [41], [42], [43], [44], [45]).

Op 7 december 2017 kon FANC het antwoord op de laatste vraag die beantwoord diende te worden voor een eerste Wetenschappelijke Raad afsluiten [46]. De antwoorden kunnen worden gevonden in deel 3 'Bundeling van de antwoorden' van de vervolledigde vergunningsaanvraag.

Op 1 februari 2019 mocht FANC de gevraagde aanvullingen van NIRAS ontvangen [47]. Aan het begin van elk hoofdstuk van het veiligheidsrapport heeft NIRAS telkens de correspondentie tussen de antwoorden die ze hebben gegeven op de vragen van FANC en Bel V, en de aangepaste paragrafen uit het specifieke hoofdstuk, in een tabelvorm opgenomen.

Het veiligheidsrapport werd ten aanzien van zijn oorspronkelijke versie uit 2013 sterk gewijzigd. Daarom werd het onmogelijk om de tekstwijzigigingen in het veiligheidsrapport aan te duiden.

De grootste inhoudelijke wijzigingen/aanvullingen die in de afgelopen zes jaar zijn gebeurd en gedocumenteerd in het aangevulde dossier, zijn:

- Nieuwe bergingslimieten die gebaseerd zijn op de voorlopige bronterm, en niet meer op een terugrekenen vanaf de dosisbeperking, waardoor de limieten voor langlevende nucliden lager en aanvaardbaar zijn geworden;
- Een uitgebreidere beschrijving van de karakteristieken van het te bergen afval;
- Een aantal aanpassingen aan het veiligheidsconcept en aan het ontwerp van de inrichting, gebaseerd op o.a. een optimaliseringsoefening;
- Een herziening van de interpretatie en toepassing van fundamentele veiligheidsprincipes waaronder het principe van gelaagde bescherming ('defence in depth');
- Een voor het grootste deel nieuwe lange termijn veiligheidsevaluatie met nieuwe scenario's en modellen en behandeling van onzekerheden;
- Een operationele risicoanalyse;
- Een klassificatiesysteem voor de SSC's (Systemen, Structuren en Componenten).

Op 19 februari 2019 heeft FANC aan NIRAS schriftelijk [48] laten weten dat het ontwerp van project-MER een aantal onvolkomenheden bevatte, de vergunningsaanvraagnota het risicocriterium niet correct vermeldde, alsook dat de ondersteunende documenten niet bijgevoegd waren bij de aanvraag. NIRAS heeft in zijn antwoord van 28 februari 2019 [49] een verbeterde versie van het ontwerp van project-MER, alsook van de vergunningsaanvraagnota geleverd, samen met de ondersteunende documenten.

Op 30 juli 2019 heeft NIRAS aan FANC dan een update gestuurd van het ontwerp van project-MER [50], [51], waarbij een aantal aanpassingen zijn gebeurd als gevolg van een door NIRAS gevraagd scopingadvies op gewestelijk niveau.

De versie van het voorliggende dossier dewelke beoordeeld werd door FANC en Bel V bestaat dus uit de referenties [47] ***voor het veiligheidsrapport,*** [49] ***voor de vergunningsaanvraagnota en de ondersteunende documenten en*** [51] ***voor het ontwerp van project-MER.***

3.3. Volledigheid van de aanvraag

FANC en Bel V hebben op basis van hun analyse van de vergunningsaanvraag, van de titels en inhoud van het voorlopig veiligheidsverslag, en van het ontwerp van project-MER, geoordeeld dat de aanvraag volledig en ontvankelijk was en dat alle te verstrekken inlichtingen en bescheiden werden geleverd conform artikel 6.2 van het ARBIS [1]. De analyse van volledigheid van titels en verificatie van de conformiteit met artikel 6.2 van het ARBIS [1] is gedocumenteerd in de nota [52]. De volledigheid van de inhoud werd nagegaan in de bijlage 2 van dit verslag.

3.4. Milieueffectenrapportage

Op 30/07/2019 heeft NIRAS aan FANC een update van ontwerp project-MER overgemaakt [50], [51].

Het ontwerp van project-MER is volledig bevonden qua titels (beoordeling door FANC en Bel V in [52]). De nucleaire milieu-impact uit het ontwerp van project-MER wordt conform bevonden door FANC en Bel V met deze uit het veiligheidsrapport [47]. De beoordelingen van de nucleaire milieuimpact die in dit verslag door FANC en Bel V werden opgetekend, en die gebaseerd zijn op de evaluatie van het veiligheidsrapport, zijn dus ook van toepassing op het gedeelte van het ontwerp van project-MER dewelke de nucleaire effecten beschrijft.

Het ontwerp van project-MER bevat ook alle gegevens gevraagd in de aanbeveling 2010/635/Euratom betreffende de toepassing van artikel 37 van het EURATOM-verdrag [53], zoals gevraagd in het ARBIS artikel 6.2 [1]. Dit werd nagegaan door FANC en Bel V in nota [52].

4. Beschrijving van het project

Deze sectie geeft een beschrijving van het project, beginnende met de doelstelling van de inrichting (§4.13.1), waarna de periodes en fasen van deze inrichting worden overlopen (§4.2). In §4.3 wordt de vestigingsplaats besproken, en in §4.4 de installaties. Een zicht op het te bergen afval kan gevonden worden in §4.5. De bergingscolli of monolieten worden in §4.6 beschreven. Monitoring en toezicht komt aan bod in §4.7. §4.8 bespreekt het potentieel secundair afval. De organisatie van NIRAS zit vervat in §4.9. Tenslotte kan de beoordeling door FANC en Bel V van al deze aspecten in §4.10 worden gevonden.

4.1. Doelstelling

De doelstelling van het project is het bergen van het Belgische laag- en middelactief kortlevend afval in daartoe specifiek ontworpen installaties aan de oppervlakte in Dessel.

Tijdens de exploitatie van de berging zal het te bergen afval aangeboden worden onder de vorm van monolieten (bergingscolli); dit zijn caissons gevuld met afval (hetzij vaten, hetzij bulkafval) en geïmmobiliseerd met een opvulmortel.

De monolieten zullen in betonnen modules worden geborgen, dewelke voorzien zijn van een vast stalen dak met rolbrug. De in totaal 34 modules zullen georganiseerd worden in een oostelijke zone bestaande uit 20 modules (2 rijen van 10 modules) en een westelijke zone bestaande uit 14 modules (2 rijen van 7 modules). De modules zullen na het vullen en afsluiten worden afgedekt met een uit meerdere lagen bestaande afdekking zodat twee tumuli ontstaan.

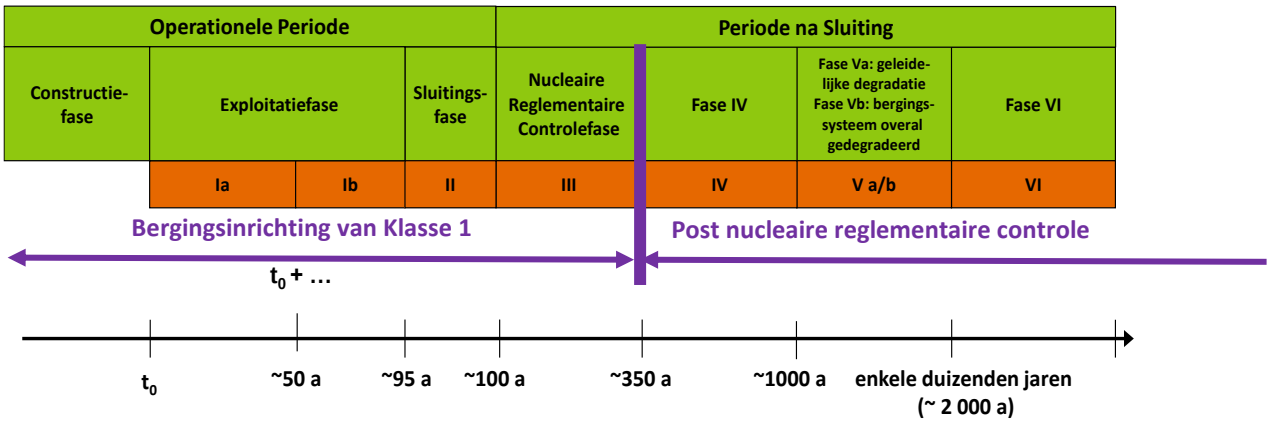
Na een monitoringperiode, waarbij bepaalde delen van de inrichting nog toegankelijk zijn, worden de installaties gesloten en vangt een Nucleaire Reglementaire Controlefase aan waarbij toezicht en monitoring op en rondom de tumuli verder gezet zal worden. Na deze Nucleaire Reglementaire Controlefase kan de inrichting worden ontheven van verdere nucleaire controle en zal ze dus ook haar statuut als nucleaire (klasse I) inrichting verliezen en niet meer vallen onder de inrichtingen zoals gespecificeerd in artikel 3 van het ARBIS [1]. Op dat moment is de radioactiviteit in de inrichting aanwezig dusdanig gedaald dat er geen maatregelen meer noodzakelijk zijn teneinde de bescherming van de bevolking en het leefmilieu tegen de gevaren van ioniserende stralingen te garanderen. De opheffing van de nucleaire reglementaire controle is momenteel voorzien 350 jaar na de start van de exploitatiefase.

FANC en Bel V zijn akkoord met de doelstelling van de inrichting.

Betreffende het aspect van de rechtvaardiging van deze praktijk (alsook de rechtvaardiging van de IPM die zich stroomopwaarts in de afvalbehandelingsketen bevindt) wordt verwezen naar §5.3.1.

4.2. Beschrijving van de periodes en fasen in het leven van de bergingsinrichting

Figuur 4-1 geeft een overzicht van de fasen en periodes uit het leven van de bergingsinrichting.



Figuur 4-1: Fasen en periodes uit het leven van de inrichting en hun door NIRAS voorziene lengte. De figuur werd aangevuld met en aanduiding in paars van de periode waarin de inrichting een inrichting van klasse I is
(gebaseerd op Figuur 1.4 uit het veiligheidsrapport)

Wanneer de vergunning tot oprichting en exploitatie wordt bekomen zal NIRAS een constructiefase aanvatten waarbij ze een eerste deel van de eerste 20 modules zal bouwen. Wanneer een eerste reeks modules – aantal nog door NIRAS te bepalen – gebouwd zal zijn, zal NIRAS de eerste 4 modules, na bevestiging van de oprichtings- en exploitatievergunning, in gebruik nemen, waarmee de exploitatiefase (deel **Ia**) aanvat. Wanneer de 20 eerste modules zijn opgevuld kan gestart worden met het aanbrengen van de afdekking en komt de eerste tumulus in het tweede deel van de exploitatiefase terecht (deel **Ib**[4]) waarbij een gedeelte van de inrichting (inspectieruimte en inspectiegalerij) toegankelijk blijft voor monitoring- en toezichtactiviteiten. Het begin van de fase **Ib** is voor de tweede tumulus voorzien ongeveer 50 jaar na de start van de exploitatiefase. Na ongeveer 95 jaar, wanneer de toezicht- en monitoringactiviteiten geen anomalieën hebben geïdentificeerd, zal de sluiting van beide tumuli worden aangevat (Sluitingsfase - fase **II**). Deze fase zou een 5-tal jaren in beslag nemen en ongeveer 100 jaar na de start van de exploitatie eindigen. Met de sluiting eindigt ook de operationele periode en gaat de inrichting over in de post-operationele periode. De periode na de sluiting begint met de fase waarin er reglementaire nucleaire controle blijft bestaan (Nucleaire Reglementaire Controlefase - fase **III**) en er monitoring en toezicht op de gesloten bergingsinrichting wordt uitgevoerd. Na de opheffing van de nucleaire reglementaire controle, voorzien ongeveer 350 jaar na de start van de exploitatie is de installatie niet langer een inrichting in de zin van het ARBIS artikel 3 [1].

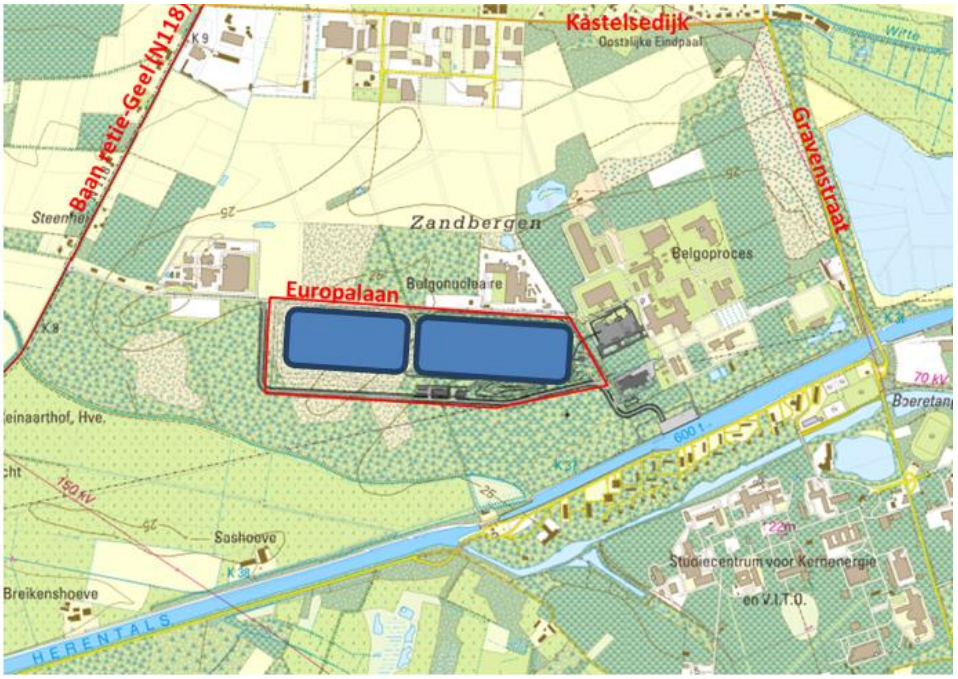
De indeling in fasen (**IV**, **Va**, **Vb**, **VI**) die wordt voorgesteld na de opheffing van de nucleaire reglementaire controle heeft betrekking op de evolutie/degradatie van de inrichting, wat verder aan bod komt in paragrafen 9.2.2.1 en 9.2.5 van dit verslag.

FANC en Bel V zijn akkoord met de voorgestelde fasen en periodes. Deze beantwoorden ook aan de reglementaire vereisten qua maximale duur van de Nucleaire Reglementaire Controlefase (zie §5.2.2).

[4] NIRAS geeft geen schatting van de datum waarop fase **Ib** voor de eerste tumulus zou starten. Dit wordt verwacht een paar tientallen jaren na de start van de exploitatie.

4.3. Vestigingsplaats van de installaties voor berging van categorie A-afval

De inrichting zal gevestigd zijn te Dessel, ten zuiden van de Europalaan en ten westen van Belgoprocess. Figuur 4-2 geeft de site weer waarop de inrichting gevestigd zal zijn, alsook de inplanting van beide tumuli.



Figuur 4-2: Inplanting van de oostelijke en westelijke tumuli op de topografische kaart, waarbij de omtrekken van de tumuli werden verduidelijkt door FANC en Bel V
(Gebaseerd op Figuur 4-2 van het veiligheidsrapport)

In 2006 besliste de regering om de site in Dessel te selecteren als vestigingsplaats voor de bergingsinrichting (zie beslissing ministerraad [54]).

FANC en Bel V wijzen de Raad er in eerste instantie op dat er ***onder de geplande installatie geen grondlagen aanwezig zijn die kunnen fungeren als natuurlijke barrière****. Dit betekent dat de* ***lange termijn veiligheid volledig zal berusten op kunstmatige componenten van de inrichting****. Bovendien bevinden zich onmiddellijk onder de installaties als drinkwater exploiteerbare grondwaterlagen, waardoor de transportweg van radionucliden tussen de installatie en de biosfeer kort is. Dit vereist dat de nodige aandacht wordt gegeven aan de bescherming van het grondwater (zie §5.5.3 van de FANC-leidraad 'RPC-LT'* [13]*), waardoor de radiologische capaciteit van de inrichting beperkt wordt.*

Niettegenstaande deze nadelen van de vestigingsplaats te Dessel zien FANC en Bel V op basis van het dossier van NIRAS ook een aantal gunstige eigenschappen:

- *De lage tektonische activiteit en seismiciteit;*
- *De gematigde klimaatomstandigheden en afwezigheid van extreme klimaatcondities en extreme weerfenomenen;*
- *Een geschikte topografie, waardoor overstromingen en landverschuivingen de inrichting niet kunnen bedreigen;*
- *Een voldoende draagkracht van de ondergrond zodat de stabiliteit van de installaties verzekerd is;*
- *De nabijheid van de opslaginstallaties en de installatie voor de productie van monolieten (op Belgoprocess), wat het transport en de manipulaties met het afval beperkt.*

FANC en Bel V stellen dat de site, ondanks een aantal nadelen, globaal geschikt wordt bevonden als bergingslocatie, gegeven ook dat de veiligheidsevaluatie, die rekening houdt met de specifieke site-eigenschappen en de eigenschappen van de kunstmatige barrières, de veiligheid van de inrichting heeft aangetoond (zie §9).

4.4. Beschrijving van de installaties voor berging van categorie A-afval en hun ontwerp

Alvorens de installaties zullen worden opgetrokken, zal onder de voetafdruk ervan een grondverbetering gebeuren waarbij in de eerste 40 centimeter calciumbentoniet zal worden ingefreesd. Dit om de radionuclideretentie-eigenschappen van de inrichting te verhogen.

Nadien wordt een 2,6 meter hoge ophoging gebouwd onder de eerste zone van 20 modules. Deze bestaat uit een grindlaag (onderaan) en een zand-cementlaag (bovenaan). Op deze ophoging worden de modules opgetrokken (~25 meter op ~27 meter op 11 meter hoog, met wanden van ~70 centimeter dikte). Deze modules hebben een dubbele vloerplaat waardoor ze onderaan voorzien zijn van een niet-toegankelijke inspectieruimte (hoogte tussen 60 en 80 centimeter, afgesloten met een sluitsteen – inspectie via robot). Het plafond van deze ruimte wordt gedragen door kolommen van 75 centimeter op 75 centimeter. De niet-toegankelijke inspectieruimte geeft uit op een centraal, tussen de twee rijen modules gelegen inspectiegalerij, die wel toegankelijk is. De modules zijn voorzien van een drainagesysteem met drie afvoeren per module die infiltrerend water of condenswater kunnen evacueren. De buizen van dit systeem komen uit in de inspectiegalerij en lopen door deze galerij tot aan de verder gelegen WCB (Water Collection Building). De modules van de twee zones zullen worden voorzien van een vast stalen dak met zijpanelen zodat de modules niet blootgesteld worden aan neerslag en andere weersomstandigheden. Dit dak draagt ook de SFP (single failure proof) rolbrug die de monolieten zal plaatsen. Bovenop elke stapel monolieten komen verplaatsbare afschermingsplaten. De monolieten worden per spoor in een trolley aangevoerd vanaf de naastgelegen site van Belgoprocess (IPM-installatie). Een schematische voorstelling van de modules tijdens de exploitatiefase (fase **Ia**) is afgebeeld op Figuur 4-3.



Figuur 4-3: Schematische toestand tijdens het plaatsen van de monolieten (fase Ia) waarbij een deel van de componenten is weggelaten om de opbouw te verduidelijken (Figuur 1-7 van het veiligheidsrapport)

Wanneer vier modules zijn opgevuld met monolieten (elke module kan 936 type I of 780 type II of III monolieten bevatten) zal elk van deze vier modules bovenaan worden afgesloten met een structurele topplaat.

Nadat al de modules van een volledige zone (toekomstige tumulus) zijn opgevuld en afgesloten, zal het stalen dak worden verwijderd en zal op elke module een in vezelbeton gemaakte ondoorlatende topplaat worden aangebracht. Op deze topplaat zal vervolgens een vijf meter dikke afdekking worden geplaatst, bestaande uit meerdere lagen van afwisselend aarde, zand, stenen en klei. Figuur 4-4 geeft schematisch de situatie weer na aanbrengen van de afdekking. Vanaf het plaatsen van de ondoorlatende topplaat bevindt deze tumulus zich in exploitatiefase **Ib**.



Figuur 4-4: Schematische toestand na aanbrengen van de eindafdekking (fase Ib) waarbij een deel van de componenten is weggelaten om de opbouw te verduidelijken
(Figuur 1-8 uit het veiligheidsrapport)

De berging zal tijdens de exploitatie vanop afstand worden bestuurd vanuit een controlekamer in het administratief gebouw. Dit gebouw zal ook de toegang tot de gecontroleerde zone huisvesten, alsook een decontaminatiedouche.

Voor een uitgebreide beschrijving van de verschillende SSC's en hun ontwerp wordt verwezen naar het hoofdstuk 8 van het veiligheidsrapport.

NIRAS baseerde zijn ontwerp op bestaande concepten in andere landen en bracht ook een aantal wijzigingen aan, onder andere op vraag van het partnerschap STOLA (nu STORA). Zo is er op hun vraag onder meer een inspectieruimte onderaan elke module toegevoegd en is er het vast stalen dak dat de volledige rijen modules overdekt en beschermt.

Hoewel het ontwerp dus geïnspireerd is op de internationale praktijk, hebben FANC en Bel V bij het indienen van de vergunningsaanvraag door NIRAS in 2013 vastgesteld dat er geen systematisch ontwerpproces was gebeurd dat vertrekt van alle voor het ontwerp relevante inputs (zoals regelgeving en veiligheidsconcept) en komt tot de ontwerpvereisten die voor de verschillende componenten van toepassing zullen zijn. FANC en Bel V hebben NIRAS daarom gevraagd om a posteriori een systematische identificatie van ontwerpinputs en ontwerpvereisten te ontwikkelen. Dit heeft aanleiding gegeven tot een aantal aanpassingen (zoals het anti-badkuipeffect[5] systeem) alsook een rechtvaardiging van een aantal reeds gemaakte keuzes. ***FANC en Bel V gaan akkoord met de aanpassingen en de manier waarop deze werden opgenomen in het veiligheidsdossier****.*

FANC en Bel V hebben verder nog vast kunnen stellen dat het ontwerp in zijn geheel niet werd geoptimaliseerd. De uitgevoerde optimaliseringsoefening geeft echter wel voldoende garantie dat er geen voor de hand liggende ontwerpkeuzes werden genegeerd die een hogere bescherming zouden bieden (zie §5.3.2).

[5] Systeem dat er voor zorgt dat water steeds onderaan de modules kan afgevoerd worden, zodat de modules niet vol water kunnen lopen.

NIRAS heeft een classificatiesysteem ontwikkeld voor de verschillende SSC's, gebaseerd op het veiligheidsconcept van de berging (zie §5.6 van dit verslag) en het belang dat de SSC's hebben voor de veiligheid op korte en lange termijn. NIRAS stelt hierbij de volgende veiligheidsklassen voor:

- "Safety class" SSC's: SSC's die één of meerdere veiligheidsfuncties hebben;
- "Safety significant" SSC's: SSC's die kunnen bijdragen tot een veiligheidsfunctie;
- "Safety related" SSC's: overige veiligheidsgeklasseerde SSC's.

SSC's die niet onder één van deze klassen vallen zijn niet veiligheidsgeklasseerd.

FANC en Bel V gaan akkoord met de huidige ontwerpinputs en ontwerpvereisten en met het voorgestelde ontwerp van de inrichting, alsook met de voorgestelde classificatie van SSC's. De mechanische weerstand tegen de ontwerpbelastingen, in hoofdzaak aardbevingen, zal voldoende zijn (zie specifieke opmerking hieronder betreffende de afdekking). FANC en Bel V gaan eveneens akkoord met de voorgestelde conformiteitscriteria voor de bouw. Dit zijn criteria verbonden met de ontwerpvereisten, waarbij voor de componenten zal worden nagegaan dat aan deze criteria is voldaan, waardoor ook geconcludeerd zal kunnen worden of aan de ontwerpvereisten is voldaan. FANC en Bel V gaan eveneens akkoord met de voorgestelde ontwerp- en bouwnormen die hiertoe zullen worden gebruikt. Wel stellen ze vast dat niet de laatste versies van de normen worden aangewend. Daarom vragen ze dat tegen een tweede Wetenschappelijke Raad de mogelijke invloed wordt nagegaan van de delta tussen de oudere, door NIRAS aangewende, normen en de huidige van toepassing zijnde normen, op het ontwerp en de constructie van de betononderdelen.

Aangaande het ontwerp, ontwerpvereisten en conformiteitscriteria hebben FANC en Bel V verder nog volgende vaststellingen en vragen:

- *De leidraad aardbevingen* [10] *werd niet gevolgd voor het ontwerp van de afdekking. Deze leidraad stelt dat de afdekking ook zou moeten weerstaan aan aardbevingen geassocieerd met de lange termijn veiligheid (in casu de "DBE350"[6] met terugkeerperiode 8575 jaar).*
  De afdekking weerstaat echter slechts aan een aardbeving met terugkeerperiode van 1225 jaar (of de "DBE50", de aardbeving geassocieerd met de operationele periode). NIRAS heeft echter het effect van een aardbeving groter dan de Design Basis Earthquake meegenomen in zijn veiligheidsanalyse (zie §9.1 en §9.2) en aangetoond dat het risico aanvaardbaar is.
  FANC en Bel V kunnen deze derogatie aanvaarden.
- *De sulfaatresistentie van de ondoorlatende topplaat is een aandachtspunt voor FANC en Bel V. Hoewel er specifieke criteria zullen zijn die een laag gehalte aan sulfaten in de afdekking opleggen, dient voor FANC en Bel V te worden uitgesloten dat sulfaten mogelijks het beton aantasten van de ondoorlatende topplaat[7], die een levensduur van ~1000 jaar dient te hebben. Deze topplaat dient voor FANC en Bel V dan ook te worden ontworpen in lijn met de vereisten van milieuklasse XA3 volgens NBN B 15-001:2018* [55] *(sterk chemisch agressieve omgeving).*

Gezien de bovenvermelde derogatie kan aanvaard worden en mits het aandachtspunt m.b.t. de ondoorlatende topplaat in rekening wordt gebracht, gaan ***FANC en Bel V akkoord met het voorgestelde ontwerp.***

FANC en Bel V oordelen verder dat de informatie aangaande de instrumentatie, sturing en regeling van de inrichting (Instrumentation & Control – I&C), en de kwalificatie ervan, in het dossier zeer gering is. Aangezien de berging vanop afstand zal bestuurd worden, is de I&C belangrijk voor de veiligheid. In dit opzicht vragen FANC en Bel V dat NIRAS tegen een tweede Wetenschappelijke Raad de voorziene instrumentatie, sturing en regeling uitwerkt, alsook de manier waarop deze gekwalificeerd zal worden.

[6] DBE: Design Basis Earthquake

[7] Het is namelijk ook niet gegarandeerd dat over een paar tientallen jaren nog sulfaatarme kleien zullen worden gewonnen in België en omstreken.

4.5. Beschrijving van het te bergen categorie A-afval

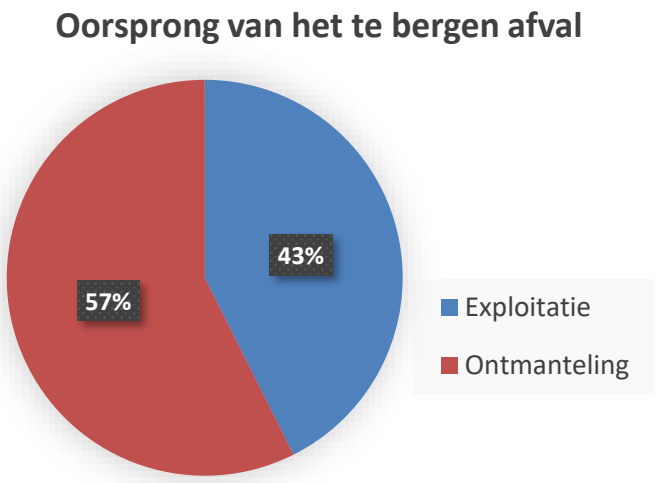
NIRAS voorziet om in de inrichting laag- en middelactief kortlevend afval (kortweg categorie A-afval) te bergen. Het interne volume van de voorziene 34 modules laat toe om 163.200 m³ aan monolieten te bergen. Deze monolieten zullen in totaal ongeveer 70.500 m³ primair afval onder de vorm van vaten en bulk materiaal kunnen bevatten.

De radiologische limieten van de bergingsinrichting zijn rechtstreeks afgeleid uit het voorziene te bergen afval. Daarom is het noodzakelijk om van op het moment van de vergunningsaanvraag een voldoende uitgebreide kennis van het afval te hebben. NIRAS heeft in het veiligheidsrapport, meerbepaald in hoofdstuk 6, dan ook de nodige informatie ontwikkeld betreffende het afval.

NIRAS heeft het afval bestemd voor de berging onderverdeeld in 54 families, naar gelang de oorsprong, conditionering en/of verpakking. In hoofdstuk 6 van het veiligheidsrapport wordt een overzicht gegeven van deze families met een beschrijving van de voornaamste kenmerken van het afval uit de verschillende families.

Het categorie A-afval kan op verschillende manieren ingedeeld en voorgesteld worden, waardoor een beeld ontstaat van zijn oorsprong en vorm.

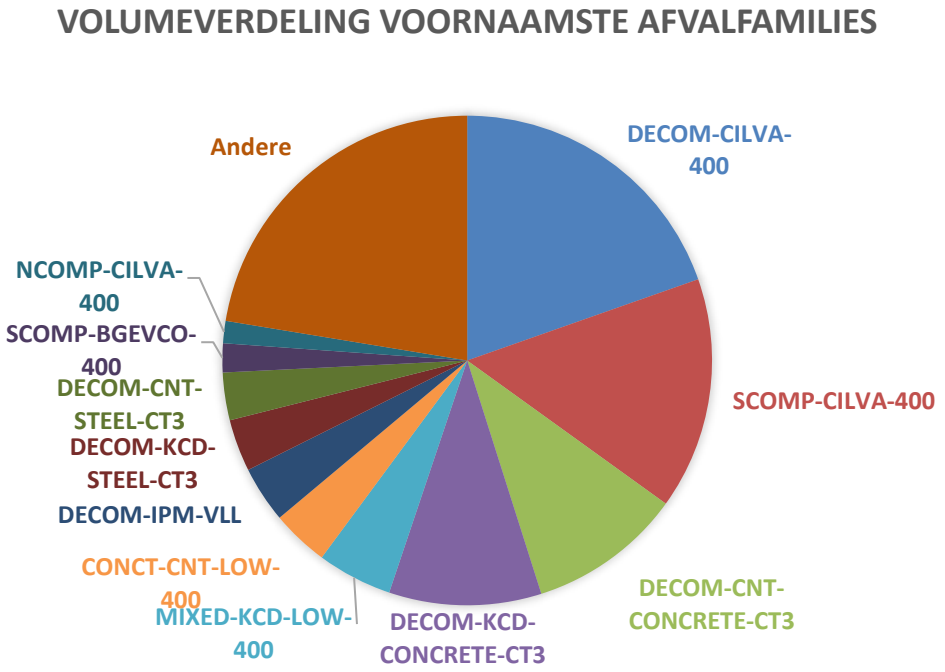
Allereerst kan er een indeling gemaakt worden naar de **oorsprong van het afval**. Meer dan de helft (57%) van het categorie A-afval is afkomstig van de ontmanteling van nucleaire installaties, zoals aangegeven in Figuur 4-5. De overige 43% is afkomstig van afval dat gegenereerd wordt uit de exploitatieactiviteiten van nucleaire installaties (bv. harsen en filters van kerncentrales).



Figuur 4-5: Oorsprong van het te bergen afval
(gebaseerd op de gegevens van hoofdstuk 6 van het veiligheidsrapport van NIRAS)

Daarnaast is ook de grote meerderheid van het volume categorie A-afval afkomstig van de kerncentrales van Doel en Tihange (exploitatie en ontmanteling); dit rechtstreeks (via productie van geconditioneerd afval in de centrales – zoals concentraten, harsen en filters) maar ook onrechtstreeks (via conditionering in de CILVA-installatie op Belgoprocess – zoals brandbaar afval en afval bestemd voor supercompactie). Het precieze percentage is niet uit het dossier af te leiden aangezien de CILVA-installatie op Belgoprocess zowel afval van de kerncentrales als afval van andere producenten conditioneert en NIRAS hier geen onderscheid in heeft gemaakt.

Onderstaande grafiek (Figuur 4-6) geeft de **voornaamste afvalfamilies** weer in functie van het percentage van het totale afvalvolume dat ze vertegenwoordigen.



Figuur 4-6: Volumeverdeling van de voornaamste afvalfamilies (gebaseerd op de gegevens van het hoofdstuk 6 van het veiligheidsrapport)

Uit de figuur blijkt dat 20% van het afval afkomstig zal zijn van DECOM-CILVA-400, waarmee deze de grootste familie is. Deze familie bestaat uit afval, afkomstig van ontmantelingsactiviteiten, dat in de CILVA-installatie geconditioneerd zal worden in 400 liter vaten. Het betreft dus toekomstig afval. De tweede grootste familie is eveneens afkomstig van de CILVA-installatie (SCOMP-CILVA-400). Hierbij worden 220-liter vaten met niet-brandbaar supercompacteerbaar afval gesupercompacteerd tot pucks, waarvan er verschillende in een 400-liter vat worden ingecementeerd. Het afval is afkomstig van diverse nucleaire installaties, waaronder de kerncentrales. Deze familie vertegenwoordigt 15% van het totale volume afval.

De twee families DECOM-CNT-CONCRETE-CT3 en DECOM-KCD-CONCRETE-CT3 betreffen bulk betonpuin afkomstig van de ontmanteling van enerzijds de kerncentrale van Tihange (CNT) en anderzijds die van Doel (KCD); waarbij elke familie 10% vertegenwoordigt van het totale afvalvolume.

Andere belangrijke afvalhoeveelheden zijn van de families MIXED-KCD-LOW-400, CONCT-CNT-LOW-400 (beide gecementeerde concentraten, in KCD met bijmenging van ander afval), DECOM-IPM-VLL (ontmantelingsafval met zeer lage activiteit dat in de IPM zal worden geconditioneerd), DECOM-KCD-STEEL-CT3, DECOM-CNT-STEEL-CT3 (stalen ontmantelingsafval uit de kerncentrales). Verder zijn er nog SCOMP-BGEVCO-400 (mobiele supercompactie- en cementeringsinstallatie op SCK tussen 1990 en 1995) en tenslotte het niet compacteerbare afval dat in CILVA wordt geconditioneerd NCOMP-CILVA-400. Deze laatste vertegenwoordigt iets meer dan 1% van het totale afvalvolume. De overige, hierboven niet vermelde families vertegenwoordigen 1% of minder van het totale afvalvolume en zijn divers van aard (bv. geconditioneerde filters en ionenwisselaarharsen uit de centrales, bitumen uit de mummie-installatie afkomstig van het vroegere Eurochemic, divers ontmantelingsafval en historisch afval).

Wanneer de **activiteit aan radionucliden** voor de verschillende afvalfamilies onder de loep wordt genomen, stellen FANC en Bel V vast dat deze divers is en er grote verschillen zijn tussen families. Zo zijn er volumegewijs kleine afvalfamilies die een naar verhouding groot deel van de totale activiteit van bepaalde nucliden bevatten. Als voorbeeld kunnen de vier 'SLUDGE'-families (gebitumineerd slibafval 'Mummie-bitumen') worden genomen. Deze vertegenwoordigen samen slechts 1% van het totale afvalvolume, maar bevatten ongeveer 50% van de hoeveelheid ^{239}Pu en 40% van de hoeveelheid ^{240}Pu van de volledige '*inventaris 2013 V2*'. Omgekeerd wordt voor DECOM-CILVA-400,

dat 20% van het totale volume vertegenwoordigt, slechts ongeveer 5% van de hoeveelheid ^{239}Pu en 4% van de hoeveelheid ^{240}Pu van de volledige '*inventaris 2013 V2*' verwacht. Meer en gedetailleerde informatie betreffende de verdeling van de nucliden per afvalfamilie en type afval kan worden gevonden in het hoofdstuk 6 van het veiligheidsrapport en zijn bijlagen. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat er vermoedelijk een fout zit in het dossier betreffende de familie RESIN-CNT-MEDIUM-T400 bestaande uit harsen van Tihange (thermogecompacteerd[8]): de radiologische inhoud van deze familie wordt in het veiligheidsrapport immers vermoedelijk sterk overschat waardoor het ten onrechte prominent aanwezig is in tabel 6-12 uit het veiligheidsrapport aangaande de bijdrage van de families tot de nuclideconcentraties. Ten gevolge van deze overschatting is deze familie niet opgenomen in de bronterm.

NIRAS heeft, vertrekkende van de '*inventaris 2013 V2*', een bronterm voor de berging afgeleid, zijnde '**bronterm 2013 V2**'[9]. Deze bronterm steunt op de gegevens van de inventaris, aangevuld met schattingen per familie van de nucliden waarvoor geen activiteit werd opgegeven. Op vraag van FANC en Bel V heeft NIRAS ook een verificatie van de inventaris uitgevoerd en een paar fouten hierin rechtgezet ([56], [57]).

De **bronterm 2013 V2** werd ook afgetoetst aan de radiologische criteria en voorwaarden (zie §10). Als gevolg van dit aftoetsen werd nog een klein deel van het afval van de inventaris uit de bronterm verwijderd.

De '**bronterm 2013 V2**', die de voorlopige bronterm van de berging is, wordt getoond in Tabel 4-1. Het betreft hier de hoeveelheden nucliden die van belang zijn voor de lange termijn veiligheid[10].

Nuclide	Bronterm 2013 V2 (Totaal Bq[11])	Halfwaardetijd (jaar)
^{108m}Ag	2,30E+10	**4,18E+02**
^{241}Am	5,44E+11	**4,33E+02**
^{243}Am	1,64E+10	**7,36E+03**
^{14}C	7,29E+12	**5,70E+03**
^{36}Cl	2,02E+10	**3,01E+05**
^{41}Ca	2,31E+12	**1,03E+05**
^{244}Cm	1,90E+11	**1,80E+01**
^{135}Cs	3,73E+08	**2,30E+06**
^{137}Cs	8,08E+13	**3,00E+01**
^{129}I	1,41E+09	**1,61E+07**
^{93}Mo	2,03E+10	**4,00E+03**
^{94}Nb	3,99E+11	**2,00E+04**
^{59}Ni	4,99E+12	**7,60E+04**
^{63}Ni	5,44E+14	**1,01E+02**
^{237}Np	8,51E+08	**2,14E+06**

[8] In de toekomst zullen deze harsen, omwille van een aanpassing van het procedé, niet langer gethermocompacteerd worden.

[9] Hoewel het woord 'bronterm' misschien eerder verwacht wordt voor wat zich werkelijk in de berging zal bevinden wordt deze term door NIRAS ook gebruikt in de betekenis van 'voorziene bronterm', namelijk dat wat in de toekomst in de berging geborgen zou worden.

[10] Elementen zoals ^{60}Co werden hierbij dus niet opgenomen.

[11] Waarde weergegeven als bijvoorbeeld E+08 betekent x10^{8}.

Nuclide	Bronterm 2013 V2 (Totaal Bq[11])	Halfwaardetijd (jaar)
^{238}Pu	3,19E+11	**8,77E+01**
^{239}Pu	9,37E+10	**2,41E+04**
^{240}Pu	9,87E+10	**6,56E+03**
^{241}Pu	1,06E+13	**1,43E+01**
^{79}Se	8,99E+08	**3,56E+05**
^{126}Sn	1,25E+09	**2,30E+05**
^{90}Sr	3,19E+12	**2,88E+01**
^{99}Tc	7,47E+10	**2,14E+05**
^{234}U	7,71E+10	**2,46E+05**
^{235}U	3,76E+09	**7,04E+08**
^{236}U	5,80E+10	**2,37E+07**
^{238}U	2,21E+10	**4,47E+09**
^{93}Zr	1,63E+09	**1,53E+06**

Tabel 4-1: Totale activiteiten van bronterm 2013 V2. Met daaraan toegevoegd de halfwaardetijden van de nucliden
(Tabel gebaseerd op Tabel 6-15 en Tabel 14-5 van het veiligheidsrapport)

In Tabel 4-2 kan een overzicht gevonden worden van de gemiddelde concentratie in de berging alsook van de maximale concentratie in de colli. Deze tabel geeft zodoende een beeld van de maximale heterogeniteit van de aciviteit in de colli. NIRAS heeft hierbij geen foutenmarge of onzekerheidsinterval gedefiniëerd in het dossier. De onzekerheden op de hoeveelheden van de verschillende nucliden zullen worden behandeld in de conformiteitsdossiers (zie §7).

Nuclide	Gemiddelde concentratie in de berging [Bq/m³]	Maximale concentratie in gekarakteriseerde colli en over alle families/variëteiten [Bq/m³]
^{108m}Ag	4,66E+05	6,25E+07
^{241}Am	1,10E+07	1,19E+09
^{243}Am	3,32E+05	1,50E+07
^{14}C	1,48E+08	4,95E+10
^{41}Ca	4,68E+07	1,98E+08
^{36}Cl	4,09E+05	4,68E+07
^{244}Cm	3,85E+06	5,88E+08
^{135}Cs	7,56E+03	2,85E+06
^{137}Cs	1,64E+09	3,50E+11
^{129}I	2,86E+04	1,87E+07
^{93}Mo	4,11E+05	2,70E+07
^{94}Nb	8,09E+06	6,90E+08

Nuclide	Gemiddelde concentratie in de berging [Bq/m³]	Maximale concentratie in gekarakteriseerde colli en over alle families/variëteiten [Bq/m³]
^{59}Ni	1,01E+08	5,10E+10
^{63}Ni	1,10E+10	4,93E+12
^{237}Np	1,72E+04	4,40E+07
^{238}Pu	6,46E+06	9,60E+08
^{239}Pu	1,90E+06	4,90E+08
^{240}Pu	2,00E+06	3,73E+08
^{241}Pu	2,15E+08	3,13E+10
^{79}Se	1,82E+04	1,08E+08
^{126}Sn	2,53E+04	1,86E+06
^{90}Sr	6,46E+07	6,88E+10
^{99}Tc	1,51E+06	2,29E+09
^{234}U	1,56E+06	2,78E+08
^{235}U	7,62E+04	9,98E+06
^{236}U	1,18E+06	1,69E+07
^{238}U	4,48E+05	1,02E+08
^{93}Zr	3,30E+04	1,08E+08

Tabel 4-2: Gemiddelde en maximale concentratie in de bronterm 2013 V2 (Gebaseerd op Tabel 6-20 van het veiligheidsrapport)

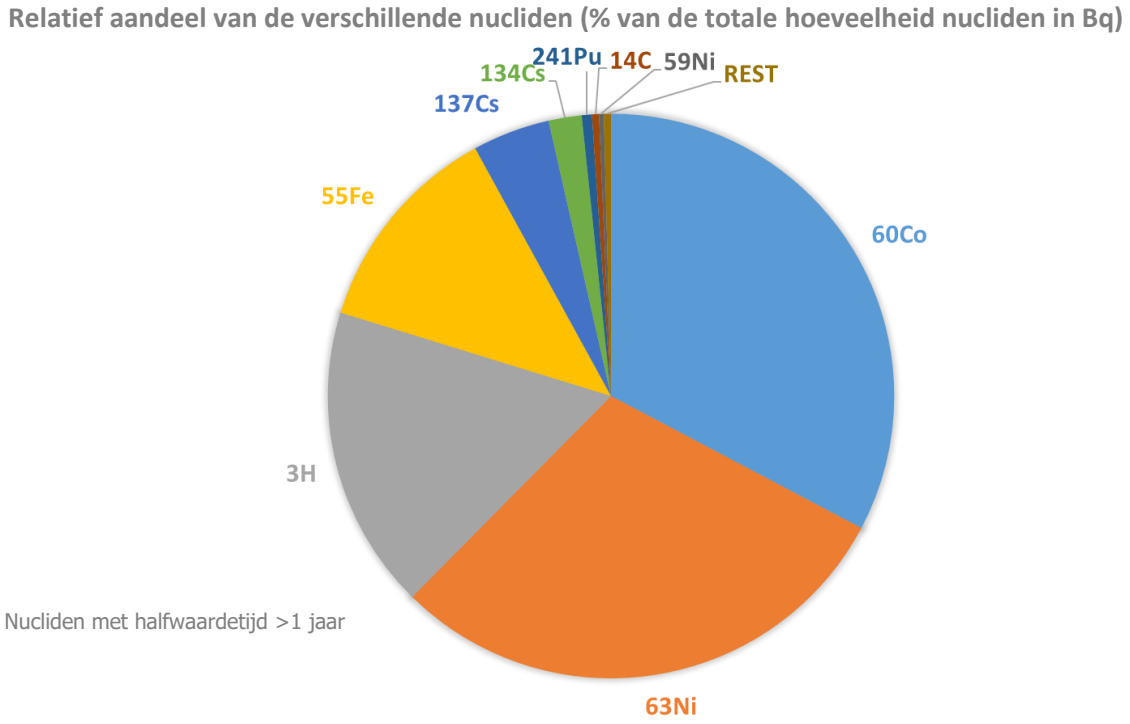
Hoewel deze vergelijking niet volledige gerechtvaardigd is, werd voor de langlevende nucliden individueel de vergelijking gemaakt met de vrijgavelimieten van het ARBIS [1][12]. Hieruit blijkt dat de gemiddelde concentratie in de berging voor een groot deel van de nucliden onder de vrijgavelimieten liggen (zoals ^{36}Cl, ^{59}Ni, ^{93}Mo, ^{99}Tc, ^{129}I, ^{135}Cs, ^{234}U, ^{235}U, ^{236}U, ^{238}U, ^{237}Np) of er minder dan 10 keer[13] boven liggen (^{14}C, ^{108m}Ag, ^{239}Pu, ^{240}Pu, ^{243}Am)[14]. De meeste nucliden die in gemiddelde concentratie meer dan een factor 10 boven de vrijgavelimieten zitten, zijn deze die in de berging significant zullen vervallen alvorens vrij te komen. Dit als gevolg van een in vergelijking met de levensduur van de inrichting relatief korte halveringstijd. Het gaat dan om ^{63}Ni, ^{90}Sr, ^{137}Cs, ^{238}Pu, ^{241}Pu, ^{244}Cm. Enkel de activiteit aan langlevend ^{94}Nb en ^{241}Am zit een factor van respectievelijk 40 en 50 boven de vrijgavelimieten. Wat ^{241}Am betreft, wordt echter toch verwacht dat het grootste deel van de activiteit in de berging zal vervallen als gevolg van zijn halfwaardetijd van 433 jaar en de goede sorptie op cementgebonden componenten. Ten slotte wordt afval dat significante hoeveelheden ^{226}Ra en ^{232}Th bevat, niet toegelaten tot de bergingsinrichting (zie §10.5).

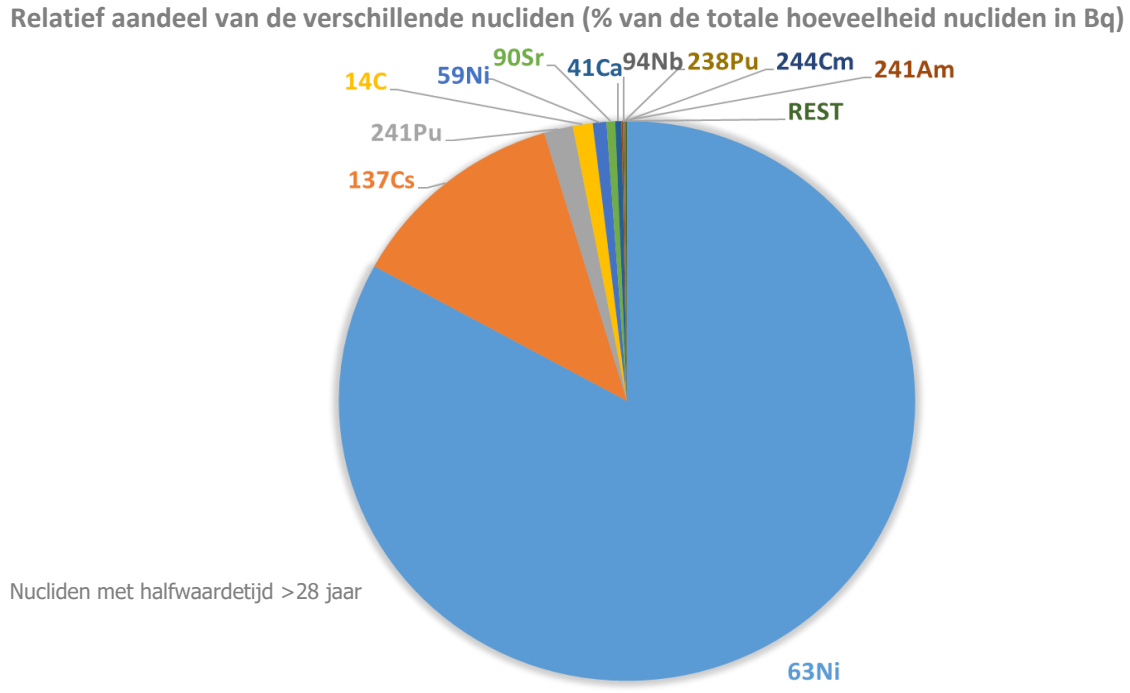
[12] Het betreft hier de vrijgavelimieten uit het huidige ARBIS [1]. Deze zullen in de toekomst een update dienen te ondergaan om in lijn gebracht te worden met de limieten uit de EURATOM/2013/59 richtlijn. Deze wijzigingen veranderen echter niets aan de globale conclusie van deze analyse.

[13] De limieten voor vrijgave zijn gebaseerd op een impact van 10 µSv/jaar, terwijl voor de bergingsinrichting een dosisbeperking van 0,1 mSv/jaar wordt gehanteerd, dus 10 maal hoger dan de dosis van de vrijgavelimieten.

[14] Voor ^{41}Ca, ^{79}Se en ^{126}Sn zijn geen vrijgavelimieten beschikbaar in het ARBIS [1]. De hoeveelheden ^{79}Se en ^{126}Sn zijn dusdanig laag dat ze niet significant aan de impact bijdragen (zie hoofdstuk 14 van veiligheidsrapport). ^{41}Ca wordt als gevolg van het veelvuldig voorkomen van niet-actief Ca op een specifieke manier behandeld in de veiligheidsevaluatie en vormt eveneens geen probleem voor de veiligheid (zie 9.2 van dit verslag).

Figuur 4-7 geeft een beeld van de relatieve verdeling van de gemiddelde concentratie (en dus ook van de totale hoeveelheid) van de belangrijkste nucliden uit de **bronterm 2013 V2**. Het bovenste diagram geeft deze verdeling weer voor de radionucliden met een halfwaardetijd van meer dan 1 jaar. Het onderste diagram geeft de verdeling weer voor nucliden met een halfwaardetijd van meer dan 28 jaar (gezien hun relevantie voor de lange termijn veiligheid).





Figuur 4-7: Relatief aandeel (% van de totale hoeveelheid nucliden in Bq) van de verschillende radionucliden in de berging. Boven: radionucliden met halfwaardetijd >1jaar. Onder: radionucliden met halfwaardetijd > 28 jaar.

Hieruit kan afgeleid worden dat twee derde van de nucliden (met halfwaardetijd > 1 jaar) als kortlevend bestempeld kunnen worden. Het gaat dan hoofdzakelijk om ^{60}Co, ^{3}H, ^{55}Fe en ^{137}Cs. De nucliden relevant voor de lange termijn veiligheid (halfwaardetijd van > 28j) worden gedomineerd door ^{63}Ni (83%, halfwaardetijd 100 jaar) en ^{137}Cs (12%, halfwaardetijd 30 jaar). Samen vormen deze 95% van de overblijvende activiteit.
Deze vergelijkingen en analyses, gemaakt door FANC en Bel V, ***geven aan dat het hier weldegelijk om laag- en middelactief kortlevend afval gaat****, wat* ***verenigbaar is met berging aan de oppervlakte****. De vergelijking geeft verder ook aan dat het globale risico verbonden met deze inrichting niet erg groot kan zijn. Er wordt wel opgemerkt dat de hoeveelheid van sommige langlevende nucliden in de bronterm vereist dat een bepaald niveau van insluiting in de berging beschikbaar blijft na de opheffing van de nucleaire reglementaire controle. Ook zullen er, gegeven de heterogeniteit en op basis van de veiligheidsevaluatie, spreidingsregels worden opgelegd (zie §10). De maximale concentraties teruggevonden in gekarakteriseerde colli vormen tevens de basis voor het bepalen van de concentratielimieten waaraan elk collo en elke monoliet zullen moeten voldoen (zie §10.5.1).*

NIRAS vraagt een vergunning aan voor 34 bergingsmodules, wat toelaat het maximaal volume afval dat door het partnerschap STOLA werd toegelaten, te bergen [54]. De bronterm 2013 V2 bevat echter afval voor slechts 29 modules. NIRAS stelt de reserve van 20% voor om rekening te houden met mogelijke wijzigingen aan de voorziene bronterm. Ze argumenteert dit door te stellen dat er een toename van 5% is geweest van het voorziene te bergen volume afval in de afgelopen 10 jaar.
FANC en Bel V gaan akkoord om deze reserve te voorzien.

Voor alle afvalfamilies zal het noodzakelijk zijn om bijkomende gegevens te verzamelen teneinde de conformiteit van de families met de conformiteitscriteria voor berging te kunnen aantonen. Hiervoor zullen extra inspanningen nodig zijn van NIRAS maar ook van de producenten van het afval die mogelijk over bepaalde bijkomende gegevens beschikken.

FANC en Bel V merken op dat momenteel slechts ongeveer de helft van de reeds geproduceerde vaten afval geaccepteerd werden door NIRAS. Het grootste deel van de niet geaccepteerde vaten (ongeveer 12.000) bevindt zich op Belgoprocess (vooral supergecompacteerd afval), maar ook op de kerncentrales bevinden zich nog ongeveer 1500 vaten per site die niet geaccepteerd werden door NIRAS. Een goede 3000 vaten historisch afval van SCK wachten eveneens nog op acceptatie. NIRAS zal een inhaalbeweging dienen te maken teneinde deze vaten te kunnen accepteren en – indien aan de bergingscriteria wordt voldaan – te kunnen bergen in de oppervlakteberging.

*Tenslotte merken FANC en Bel V op dat er momenteel afval in de voorziene bronterm V2 zit waarvan de compatibiliteit met de berging nog dient te worden aangetoond (momenteel niet beantwoordend aan de conformiteitscriteria). Het gaat dan om afval met een conditioneringsmatrix van bitumen of van polystyreen, of om afval met een te hoog gehalte aan cellulose. Voor een discussie rond de conformiteitscriteria, zie §*10*.*
De vaten met een ASR-probleem (alkali-silica-reactie met als gevolg gelvorming) zijn momenteel opgenomen in de voorziene bronterm van cAt. Deze zijn in hun huidige vorm echter niet compatibel met de vereisten uit de toekomstige vergunning en de conformiteitscriteria uit het veiligheidsrapport. Ook hier zullen inspanningen van NIRAS nodig zijn om een oplossing te vinden voor dit afval om het al dan niet te kunnen bergen aan de oppervlakte.

Als conclusie stellen FANC en Bel V vast dat er voldoende informatie is in het veiligheidsrapport aangaande de bronterm van de berging om toe te laten de inrichting hierop te kunnen vergunnen*. Voor FANC en Bel V beantwoordt dit ook aan de vraag van de Wetenschappelijke Raad, gesteld op 13 september 2013 aan NIRAS* [58] *betreffende de noodzaak om voldoende duidelijkheid te krijgen over de bronterm van de berging. Er is voldoende informatie aangaande de nuclide-inhoud, de chemische vorm en oorsprong van het afval, doch er zullen inspanningen nodig zijn van NIRAS en de producenten van het afval om de gegevens te vervolledigen in het licht van het aftoetsen van de conformiteitscriteria*

voor berging. FANC en Bel V bevestigen ook dat de inhoud aan langlevende nucliden van deze bronterm zo laag als redelijkerwijze mogelijk werd gehouden en dat deze verenigbaar is met de berging aan de oppervlakte. NIRAS zal nog een inhaalbeweging dienen te maken voor wat betreft het accepteren van reeds geproduceerd afval en zal ook inspanningen dienen te leveren om de compatibiliteit van bepaalde afvalfamilies met de berging aan te tonen of oplossingen te vinden voor specifieke colli met gebreken.

4.6. Beschrijving van de bergingscolli

Het radioactieve afval zal door NIRAS worden ingekapseld in zogeheten '**monolieten**'. Dit zijn gewapende betonnen caissons die, na te zijn opgevuld met het desbetreffende afval (vaten of bulk materiaal), gecementeerd worden tot een monolithisch blok.



Figuur 4-8: Schematisch overzicht van de caissons gevuld met afval (Figuur 1-6 uit het veiligheidsrapport)

Er zullen drie types van deze monolieten bestaan (zie Figuur 4-8):

- Type I (1,95 m x 1,95 m x 1,35 m hoog, maximaal 16,6 ton zwaar): Bedoeld voor het bergen van vier 400 l colli of vijf 220 l colli;
- Type II (1.95 m x 1.95 m x 1.65 m hoog, maximaal 17,5 ton zwaar): Bedoeld voor niet-standaard primaire colli (bv. 1500 l vaten);
- Type III (1,95m x 1,95m x 1,65m hoog, maximaal 20,0 ton zwaar): Bedoeld voor bulk ontmantelingsafval.

De monolieten zullen gemanipuleerd kunnen worden door middel van hijsankers die bovenaan in de hoeken worden ingecementeerd.

Voor meer details betreffende het ontwerp van de monolieten wordt verwezen naar hoofdstuk 7 van het veiligheidsrapport. De ontwerpvereisten en ontwerpcriteria van de bergingscolli worden besproken in §10.1.

De monolieten zullen geproduceerd worden in IPM (Installatie voor de Productie van Monolieten), maar kunnen ook geproduceerd worden door exploitanten zoals Electrabel (ontmanteling Kerncentrales Doel en Tihange), wanneer ze hiervoor van NIRAS een erkenning krijgen.

Hoewel dit initieel werd voorzien, zal de verpakking van de monolieten niet gekwalificeerd worden als IP2 verpakking, en kan ze als dusdanig niet worden gebruikt als transportcollo.

Uit de optimaliseringsoefening (zie §5.3.2) is naar voor gekomen dat monolieten vervaardigd met caissons uit vezelversterkt beton mogelijk optimaler zijn dan deze gemaakt met caissons uit gewapend beton. NIRAS dient echter een aantal verdere onderzoeken te plegen om dit te kunnen bevestigen. Desgevallend kan dus later overgeschakeld worden naar vezelversterkte caissons.

FANC en Bel V gaan akkoord met het ontwerp van de monolieten. *Deze zullen voor het afval een robuuste insluitingsbarrière vormen (zowel operationeel als op lange termijn) alsook de stralingsbelasting tijdens de operationele fase sterk verminderen. Wel merken ze op dat een meer gedetailleerde beschrijving van de monoliet nodig is (bv. specifieke het aanhechtingsmechanisme voor het deksel) en vragen dat dit geleverd wordt tegen een tweede Wetenschappelijke Raad.*

Ook qua mechanisch ontwerp werd voor FANC en Bel V afdoende rekening gehouden met de relevante belastingsgevallen en werden aanvaardbare ontwerp- en bouwnormen geselecteerd.

Gegeven de rol als barrière voor de lange termijn veiligheid, is een gedegen fabricage van monolieten en doorgedreven kwaliteitscontrole ervan belangrijk. Daarom vragen FANC en Bel V aan NIRAS om tegen de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad:

- *Een door FANC en Bel V goedgekeurd QA/QC-programma voor te leggen dat zal worden toegepast tijdens de fabricage van de monolieten, samen met de rechtvaardiging dat dit programma afdoende de conformiteitscriteria voor de monolieten afdekt;*
- *Een ontwerp van procedure voor de behandeling van niet-conformiteiten bij monolieten.*

4.7. Beschrijving van de voorziene monitoring en toezicht

NIRAS identificeert de volgende doelstellingen voor het **monitoringprogramma** (uit hoofdstuk 16 van het veiligheidsrapport):

- "Bevestigen van de conformiteit met de wettelijke voorschriften en vergunningsvoorwaarden;
- Via een opvolging van de inrichting en de omgeving, en via de verificatie dat het bergingssysteem zich gedraagt zoals voorzien en in het bijzonder dat de reële condities in overeenstemming zijn met de veiligheidsfuncties, hypothesen, essentiële parameters en resultaten uit de veiligheidsevaluaties, het ondersteunen van beslissingen zoals:
    - de overgang naar volgende fases of periodes in het leven van de berging;
    - het aanbrengen van wijzigingen aan het veiligheidsdossier (bijvoorbeeld bevestiging en/of verfijning van hypothesen);
    - het opstarten van remediërende maatregelen;
- Verbeteren van het begrip van het gedrag van het bergingssysteem en zijn omgeving."

De monitoring die NIRAS zal uitvoeren wordt onderverdeeld in verschillende types:

- Een radiologisch monitoringprogramma, bestaande uit dosis(tempo) monitoring; monitoring en bemonstering van het water afkomstig van het drainagesysteem (zie derde bullet), bemonstering omgevingslucht – aërosolen, bemonstering omgevingslucht – tritium en ^{14}C, bemonstering omgevingslucht – radon, bemonsteringscampagne van bodem diepte-profielen, depositie bemonstering, bemonstering grondwater, bemonstering oppervlakte-water, bemonstering sedimenten. Daarnaast zullen ook hydrogeologische metingen worden uitgevoerd die zullen aangeven of de geotransferfactor (GTF)[15] nog steeds in lijn is met de veronderstellingen in de veiligheidsevaluatie.
- Fysiek toezicht en structurele monitoring, waarvan de voornaamste zijn de monitoring van getuigenmonolieten, geplaatst in speciaal daartoe geconstrueerde proefstukkamers, toezicht op de inspectieruimte en modules, monitoring van zettingen en verplaatsingen van de modules, toezicht op de afdekking, controle van de waterniveaus in de water collection building (WCB).

[15] Voor de verklaring van deze factor, zie §9.2.2.3

- Monitoring van het drainagewater, afkomstig uit de modules (hoeveelheid, radiologische inhoud).
- Monitoring van de proefafdekking, met metingen van het watergehalte in de verschillende lagen, topografische metingen en hellingsgraadmetingen, fysiek toezicht en opvolging van de waterstromingen via drainagebuizen in de proefafdekking, geofysische metingen.

Waar relevant werden voor elk van deze monitoringprogramma's ook de referentietoestanden bepaald, waartegen de toekomstige metingen zullen worden afgewogen.

FANC en Bel V gaan akkoord met de doelstellingen van de monitoring en bevestigen ook dat NIRAS een ontwerp van monitoringprogramma heeft ontwikkeld dat er in lijn mee is. *FANC en Bel V zullen nog richtlijnen opstellen betreffende de meetmethodes en wijzen van rapportering van de radiologische monitoring.*

4.8. Beschrijving van het potentieel secundair afval en zijn behandeling

NIRAS meldt dat er tijdens de uitbating van de bergingsinrichting in normale omstandigheden **geen lozingen** zullen zijn (noch gasvormig, noch vloeibaar).

NIRAS meldt verder dat de monitoringactiviteiten vast afval genereren (filterdoekjes) die worden afgevoerd naar Belgoprocess. *FANC en Bel V zijn echter van mening dat deze doekjes in normale omstandigheden geen radioactief afval zullen vormen aangezien er geen uitwendige besmetting verwacht wordt.*

Verder meldt NIRAS dat, in geval van ongevallen, de besmette afvalwaters afkomstig van de decontaminatiedouche naar Belgoprocess worden afgevoerd.

Indien water wordt gedetecteerd en opgevangen in het drainagesysteem van reeds opgevulde modules zal dit, indien besmet, afgevoerd worden naar Belgoprocess. Dit is bij normale uitbating niet te verwachten.

Meer informatie betreffende secundair afval kan worden gevonden in §9.3.5 van het veiligheidsrapport.

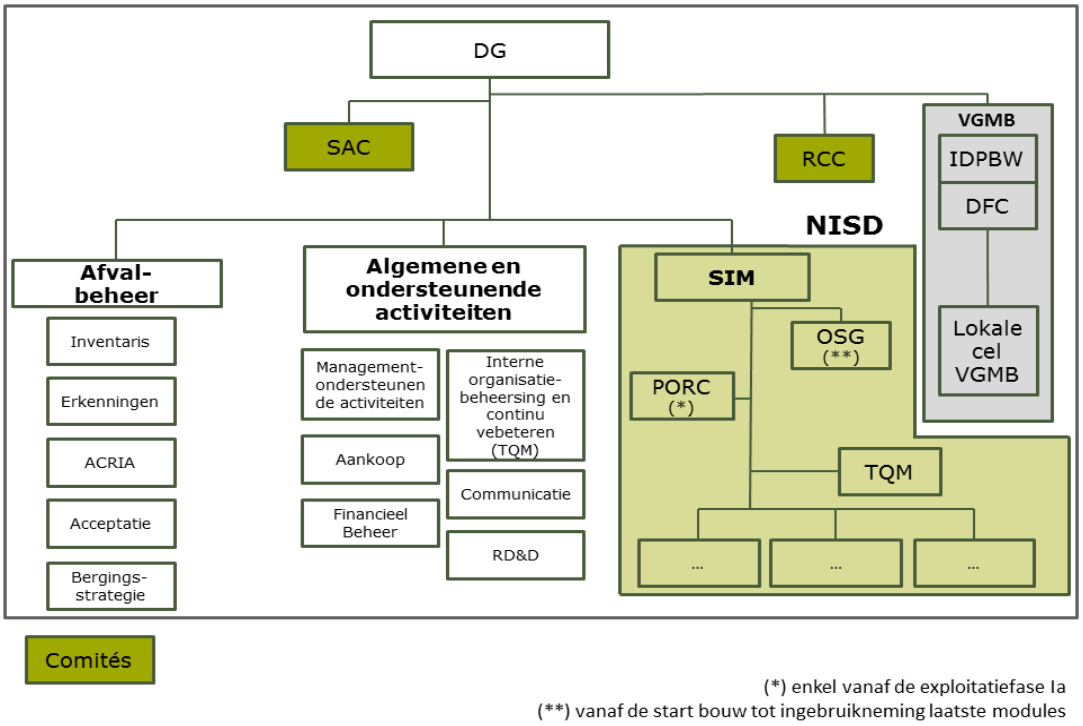
In de marge wordt nog opgemerkt dat er mogelijk een **hoeveelheid ontmantelingsafval** zal gegenereerd worden als gevolg van de afbraak van het drainagesysteem en het WCB. Er wordt geen melding gemaakt van hoe en waar dit materiaal zou worden afgevoerd. Er dient opgemerkt te worden dat dit een honderdtal jaren na de start van de exploitatie zou plaatsvinden. *Voor FANC en Bel V kan dit later worden bekeken, aangezien deze materialen vermoedelijk geen, en in het slechtste geval een lage activiteit zouden bevatten en op zich vrij standaard van materiaalaard zijn*.

FANC en Bel V hebben ter conclusie geen opmerkingen aangaande dit item.

4.9. Beschrijving van de organisatie

NIRAS levert in het hoofdstuk 3 van het veiligheidsrapport een beschrijving van haar organisatie. Ze zal een interne scheiding opzetten tussen NIRAS als exploitant en NIRAS als afvalbeheerder.

Figuur 4-9 geeft een vereenvoudigde/schematisch weergave van de organisatiestructuur.



Figuur 4-9: Schematische en vereenvoudigde weergave van de organisatiestructuur van NIRAS (Figuur 3-2 uit het veiligheidsrapport)

De directeur-generaal (DG) staat aan het hoofd van NIRAS en heeft onder zich vier luiken van de **organisatie**:

- enerzijds het luik 'Afvalbeheer', met alles van erkenningen, ACRIA's, Acceptatie van het afval… (rol als afvalbeheerder);
- daarnaast het luik 'Exploitatiesites' waar in dit geval NISD (NIRAS Site Dessel – de toekomstige oppervlakteberging) werd afgebeeld (Ook NIRAS ONSF – Site Fleurus valt daaronder);
- ook is er het luik Veiligheid, Gezondheid, Milieu en Beveiliging (VGMB), met daaronder IDPBW en de Dienst voor Fysische Controle (DFC), dewelke lokale cellen heeft op de exploitatiesite en dus ook op NISD;
- tenslotte is er het luik van de algemene en ondersteunende activiteiten.

NIRAS zal eveneens een aantal comités in het leven roepen die elk een specifieke rol te spelen hebben in de organisatie: het leveren van veiligheidsadviezen, arbitrage, conformiteitsverificaties… (SAC, RCC, PORC, OSG, TQM). Meer informatie over deze comités kan worden gevonden in het veiligheidsrapport hoofdstuk 3 en in §8 van dit verslag.

FANC en Bel V gaan akkoord met het bestaan van deze comités, maar benadrukken wel dat deze comités de opdrachten van de Dienst voor Fysische Controle, zoals beschreven in artikel 23 van het ARBIS [1]*, niet mogen beknotten. FANC en Bel V hebben verder geen opmerkingen bij de organisatiestructuur van NIRAS.*

NIRAS is bezig met de ontwikkeling van een **Integrated Management Systeem - IMS** (Geïntegreerd beheersysteem). NIRAS stelt dat dit systeem momenteel vooral de bouw en inbedrijfstelling behelst en zegt dat het operationeel zal zijn tegen het bevestigingsbesluit.

*FANC en Bel V besluiten dat het **gedeelte bouw en inbedrijfstelling van het IMS effectief klaar en geïmplementeerd dient te zijn tegen de start van de bouw**, en dat het aanvaardbaar is dat het overige deel klaar is tegen het bevestigingsbesluit. FANC en Bel V vragen wel dat tegen de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad NIRAS een beschrijving levert van hoe het IMS m.b.t. de bouw*

zal functioneren. Het in voege zijn van dit gedeelte van het IMS zal mee deel uitmaken van het holdpoint 'klaar voor constructie' – zie §6.2. FANC en Bel V zullen dit verder opvolgen.

*Aangezien **NIRAS een nieuwe klasse I exploitant** wenst te worden, en gezien **bepaalde en herhaaldelijke vaststellingen*** [59] ***werden gedaan tijdens de lopende vergunningsaanvraagprocedure met betrekking tot de competentie, veiligheidscultuur en kwaliteitszin** van het deel van de NIRAS-organisatie betrokken bij het cAt-project, vragen FANC en Bel V aan NIRAS om tegen de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad een door FANC en Bel V goedgekeurd plan te leveren ter ontwikkeling van de nodige competentie inzake nucleaire veiligheid, stralingsbescherming en de redactie van veiligheidsrapporten, en ter ontwikkeling van een gepaste veiligheidscultuur en zin voor kwaliteit**.** Het plan dient te voorzien in een met bewijsstukken gestaafde implementatie die uitgevoerd dient te worden en operationeel dient te zijn alvorens de bouw van de inrichting kan aanvatten. Dit aspect zal mee deel uitmaken van het eerste holdpoint 'klaar voor constructie' dat zal gehouden worden alvorens de constructie kan aanvatten (zie §6.2).*

4.10. Beoordeling door FANC en Bel V van het project

*Als conclusie kunnen FANC en Bel V bevestigen dat ze **algemeen akkoord** kunnen gaan met de doelstellingen van de inrichting, de indeling en lengte van de verschillende fasen en periodes, de gekozen vestigingsplaats en zijn eigenschappen, het ontwerp van de installaties, de voorziene bronterm, het ontwerp van de bergingscolli, de voorziene monitoring en toezicht, de potentiële secundaire afvalstromen en de organisatiestructuur van de toekomstige exploitant klasse I.*

*FANC en Bel V hebben een **aantal aandachtspunten** gedefinieerd die in de toekomst verder zullen worden opgevolgd, waaronder specifieke constructieaspecten, holdpoints en witnesspoints en de onafhankelijkheid van de rol van de DFC.*

FANC en Bel V vragen aan NIRAS om tegen de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad een meer gedetailleerde beschrijving van de monoliet levert (bv. specifieke het aanhectingsmechanisme voor het deksel).

Ze vragen ook dat NIRAS een beschrijving levert van hoe het IMS m.b.t. de bouw zal functioneren en een door FANC en Bel V goedgekeurd QA/QC-programma voor te leggen dat zal worden doorlopen tijdens de fabricage van de monolieten, alsook een ontwerp van procedure voor de behandeling van niet-conformiteiten bij monolieten.

Er wordt eveneens aan NIRAS gevraagd om de mogelijke invloed na te gaan op het ontwerp en de constructie van de betononderdelen, van de delta tussen de oudere, door NIRAS aangewende, normen en de huidige van toepassing zijnde normen.

Ze vragen verder nog dat NIRAS tegen een tweede Wetenschappelijke Raad de voorziene instrumentatie, sturing en regeling van de berging uitwerkt, alsook de manier waarop deze gekwalificeerd zal worden.

Daarnaast vragen FANC en Bel V ook aan NIRAS om voor de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad een door FANC en Bel V goedgekeurd plan te leveren ter ontwikkeling van de nodige competentie inzake nucleaire veiligheid, stralingsbescherming en de redactie van veiligheidsrapporten en ter ontwikkeling van een gepaste veiligheidscultuur en zin voor kwaliteit.

5. Veiligheidsbeleid

§5.1 van deze sectie start met de beleidsverklaring van NIRAS. In de volgende paragrafen (§5.2 t.e.m. 5.6) worden de basisprincipes, stralingsbeschermingsprincipes, veiligheidsprincipes, veiligheidsstrategie en het veiligheidsconcept van de berging besproken. In §5.7 kan een beoordeling door FANC en Bel V van deze aspecten gevonden worden.

5.1. Beleidsverklaring en -beschrijving

In het veiligheidsrapport wordt door NIRAS verwezen naar de beleidsverklaring opgesteld door haar directeur-generaal. Deze beleidsverklaring stelt in eerste instantie dat NIRAS prioritair belang dient te hechten aan nucleaire veiligheid en het engagement tot een continue verbetering hiervan, conform artikel 3 van het Koninklijk besluit houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties, VVKI [2]. Vervolgens wordt echter gesteld dat NIRAS streeft naar een evenwichtige balans tussen de vier dimensies van duurzaam beheer (veiligheid en milieu, wetenschappen en techniek, economie en financiën, maatschappij en ethiek).

FANC en Bel V wijzen er op dat het streven naar een evenwichtige balans niet ten koste kan gaan van de prioriteit die aan veiligheid dient gegeven te worden, en het feit dat de minimumvereisten ten aanzien van de veiligheid te allen tijde gerespecteerd dienen te worden. De huidige beleidsverklaring van NIRAS laat echter twijfel bestaan over het naleven van de vereisten van artikel 3 van het VVKI [2]. *Daarom vragen FANC en Bel V dat NIRAS de twijfel rond het al dan niet prioriatir belang van veiligheid, opheft vóór de tweede Wetenschapelijke Raad.*

Verder meldt artikel 3 van het VVKI [2] dat "de elementen van het veiligheidsbeleid, evenals de vereisten en verwachtingen van de exploitant ter zake en de richtlijnen voor de uitvoering ervan duidelijk meegedeeld moeten worden zodat het ganse personeel belast met belangrijke taken op het vlak van de nucleaire veiligheid, met inbegrip van de onderaannemers, ze kunnen begrijpen en uitvoeren".
Het huidige hoofdstuk 2 "Veiligheidsbeleid, veiligheidsstrategie en veiligheidsconcept" van het veiligheidsrapport, waarin deze aspecten aan bod komen, is volgens FANC en Bel V complex en moeilijk geschreven, waardoor dit hoofdstuk voor FANC en Bel V niet kan gebruikt worden om aan dit artikel 3 te voldoen.

FANC en Bel V vragen dat NIRAS, voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad:

- *een nieuw ontwerp hoofdstuk "Veiligheidsbeleid, veiligheidsstrategie en veiligheidsconcept" (hoofdstuk 2) opstelt en laat goedkeuren door FANC en Bel V waarin het veiligheidsbeleid op een duidelijkere manier wordt geformuleerd. Enkele specifieke aspecten die hierbij in rekening dienen gebracht te worden, komen verder in deze paragraaf aan bod en in §4.7 kan een samenvatting van het standpunt van FANC en Bel V m.b.t. het veiligheidsbeleid gevonden worden.*
- *een nota opstelt met daarin de kernboodschappen van het veiligheidsbeleid op basis van het nieuw ontwerp hoofdstuk 2. Deze nota moet het mogelijk maken dat het ganse personeel, belast met belangrijke taken op het vlak van nucleaire veiligheid, het veiligheidsbeleid en de toepassing ervan kan begrijpen en uitvoeren (cfr. artikel 3 van het VVKI van 30/11/2011* [2]*)*

5.2. Basisprincipes

5.2.1. Bescherming van toekomstige generaties

In het kader van principe 7 "Bescherming van de huidige en toekomstige generaties" wordt in artikel 3.27 van de IAEA Safety fundamentals [16] gesteld: "Where effects could span generations, subsequent

generations have to be adequately protected without any need for them to take significant protective actions."[16].
FANC en Bel V hebben leidraden opgesteld waarin, zowel voor de operationele fase als voor de lange termijn, dosis- en risicobeperkingen, alsook referentiewaarden, voor de radiologische impact worden opgelegd in geval van normale omstandigheden en incident- of ongevalsomstandigheden (zie §5.3.3).
Volgens FANC en Bel V wordt, bij toepassing van deze beperkingen, een adequate bescherming van zowel de huidige, als toekomstige generaties verzekerd.
Zoals blijkt uit de veiligheidsevaluatie (§9) wordt in het veiligheidsdossier van NIRAS voldaan aan de bovenstaande beperkingen.
Daarom zijn FANC en Bel V van oordeel dat bescherming van de toekomstige generaties als afdoende kan beschouwd worden.

5.2.2. Lasten voor de toekomstige generaties

Volgens art 33.1b van de FANC-nota [5] dient de exploitant bij het ontwerp, de bouw, de uitbating, de sluiting en het toezicht van de inrichting voor eindberging alle maatregelen te nemen zodat het bestaan en het beheer van de inrichting voor eindberging geen bovenmatige lasten meebrengt voor de toekomstige generaties.
In dit kader wordt:

- in art 48 van [5] gevraagd om de installatie voor de eindberging zo snel mogelijk in zijn eindconfiguratie te brengen, zonder evenwel de doelstellingen van het monitoringprogramma in gevaar te brengen;
- in art 49.2 van [5] gesteld dat de duur van de door de exploitant voorgestelde controlefase beperkt is tot 300 jaar, te rekenen vanaf de afdichting van de laatste bergingseenheid. Hierbij dient de opheffing van de radiologische controle ten laatste mogelijk te zijn 350 jaar na de eerste bevestiging van de oprichtings- en exploitatievergunning.

Naast deze regelgeving worden in §6.2.3 van de leidraad "oppervlakteberging" [6] de volgende condities opgelegd voor de opheffing van de nucleaire reglementaire controle:

- De radiologische impact ten gevolge van de scenario's van onopzettelijke menselijke intrusie dient te voldoen aan de limieten vastgelegd in de FANC-leidraad [13](zie §5.3.3 van dit verslag);
- De lange termijn veiligheid van de bergingsinstallatie moet louter op een passieve manier verzekerd worden;
- Er moet aangetoond worden dat de performantie en de evolutie van de bergingsinstallatie coherent zijn met de hypothesen en resultaten van de verwachte evolutie.

NIRAS heeft deze regelgeving en leidraden in het veiligheidsrapport vertaald naar de volgende vier voorwaarden:

1. De directe en uitgestelde radiologische impact voor de onopzettelijke menselijke intrusie valt binnen de referentiewaarde van 3 mSv per intrusie voor directe effecten of per jaar voor uitgestelde effecten;
2. Actieve maatregelen van onderhoud of herstelling zijn niet meer nodig teneinde te kunnen garanderen dat de maximale dosisimpact de waarde van 0,1 mSv/a niet overschrijdt.
3. De evolutie in de tijd van de monitoringsresultaten en de te bevestigen indicatoren zoals beschreven in het veiligheidsrapport en §4.7 van dit verslag zijn voldoende bevredigend, het gaat a minima over:
    - het radiologisch monitoringsprogramma tijdens de Nucleaire Reglementaire Controlefase en de overeenkomstige actieniveaus;
    - de bevestiging van de geotransferfactor.

[16] Wanneer de effecten zich over meerdere generaties kunnen voordoen, dienen de toekomstige generaties afdoende beschermd te worden, zonder de noodzaak voor hen van het nemen van significante beschermingsmaatregelen.

4. Toezicht, onderhoud en reparaties van de afdekking hebben de afdekking in een dusdanige staat gehouden zodat de veiligheid op lange termijn gegarandeerd wordt.

Aan de hand van de analyse van deze vier voorwaarden[17], waarbij voorwaarde 1 de meeste beperkende voorwaarde is, oordeelt NIRAS dat een duur van 250 jaar voor de Nucleaire Reglementaire Controlefase (fase III) – wat overeenkomt met 350 jaar na de start van de exploitatie – gerechtvaardigd is.

FANC en Bel V gaan hiermee akkoord, maar merken wel op dat in de leidraad [7] ***in §7.3 ook gevraagd wordt om een optimalisatie uit te voeren van de duur van de Nucleaire Reglementaire Controlefase.*** *Aangezien NIRAS in haar veiligheidsdossier zelf aangegeven heeft dat voorwaarde 1, namelijk het feit dat de directe en uitgestelde radiologische impact voor de onopzettelijke menselijke intrusie, de beperkende voorwaarde is, oordelen FANC en Bel V dat deze optimalisatie nog niet is gebeurd. Het is misschien mogelijk dat de duur van de Nucleaire Reglementaire Controlefase in belangrijke mate kan beperkt worden door het verwijderen van een aantal 'kritische' colli of bergingscolli uit de bronterm, wat de veiligheid ten goede komt. FANC en Bel V menen dat de optimalisering van de duur van de controlefase dient te gebeuren voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad.*

5.2.3. Effecten op de volksgezondheid en het leefmilieu over de landsgrenzen

Volgens art 33.1b van [5] dient de exploitant bij het ontwerp, de bouw, de uitbating, de sluiting en het toezicht van de inrichting voor eindberging alle maatregelen te nemen zodat de te verwachten effecten op de volksgezondheid en het leefmilieu over de landsgrenzen heen niet hoger zijn dan in eigen land.
Zoals geconcludeerd kan worden uit het MER (zie 3.4) zijn de effecten op de volksgezondheid en het leefmilieu over de landsgrenzen niet hoger dan in België.
FANC en Bel V concluderen dat aan deze vereiste is voldaan.
Er kan hierbij nog opgemerkt worden dat voor wat betreft de operationele periode er tijdens de normale uitbating geen enkel radiologisch effect is over de landsgrenzen heen, en dat in het geval van het ongeval met de grootste potentiële radiologische gevolgen (val van een militair vliegtuig tijdens exploitatiefase Ia), de effecten aan de Nederlandse grens (op 10 km van de site) beperkt zijn tot 73 µSv.

5.2.4. Verzekering van de veiligheid na de opheffing van de oprichtings- en exploitatievergunning

Volgens art 33.1b van [5] dient de exploitant bij het ontwerp, de bouw, de uitbating, de sluiting en het toezicht van de inrichting voor eindberging alle maatregelen te nemen zodat de veiligheid na de opheffing van de oprichtings- en exploitatievergunning verzekerd is.
NIRAS heeft een uitgebreide lange termijn veiligheidsevaluatie uitgevoerd (zie §9.2). In deze evaluatie werden de volgende scenario's behandeld:

- Een scenario dat representatief is voor de verwachte evolutie van het bergingssysteem. Hierbij werd enerzijds een Best Estimate Scenario (Expected Evolution Scenario of EES) en anderzijds een omhullend scenario qua effecten van onzekerheden op de parameters van het EES (Referentiescenario of 'RS') beschouwd;
- Scenario's die representatief en omhullend zijn voor de niet verwachte, maar mogelijke evoluties van het bergingssysteem (Alternatieve Evolutiescenario's of 'AES');
- Scenario's die omhullend zijn voor onopzettelijke menselijke intrusie (Human Intrusion Scenarios of 'HIS');
- Zogenoemde 'penaliserende scenario's' (PS), die bedoeld zijn om de evolutie van het bergingssysteem op een omhullende wijze voor te stellen wanneer de performantie van het bergingssysteem niet meer op een betrouwbare manier kan ingeschat worden.

Voor deze verschillende scenario's werd vervolgens de radiologische impact bepaald en werd de vergelijking gemaakt met de vooropgestelde criteria (zie §5.3.3).

[17] Voorwaarden 3 en 4 hebben echter a priori geen invloed op deze duur.

Op basis van de door NIRAS uitgevoerd lange termijn veiligheidsevaluatie concluderen FANC en Bel V dat er ***voldoende verzekering is voor het respecteren van de radiologische criteria na de opheffing van de oprichtings- en exploitatievergunning.***

5.3. Stralingsbeschermingsprincipes

5.3.1. Rechtvaardiging van de praktijk

Zoals ook aangeduid in de FANC-leidraden [7] §3 en [14] §3.1 is het beheer van afval, met inbegrip van het bergen van afval, geen praktijk die op zich dient gerechtvaardigd te worden, aangezien het de handeling is die aanleiding geeft tot radioactieve afvalstoffen, die gerechtvaardigd dient te worden.

5.3.2. Optimalisatie van de bescherming

De optimalisering van de bescherming wordt opgelegd in artikel 20.1.1.1.b van het ARBIS [1].
Voor een inrichting van oppervlakteberging heeft het FANC voor de normale blootstellingen van personen van het publiek een dosisbeperking van 0,1 mSv/jaar opgelegd (zie §5.3.3). De dosisbeperking is hierbij een grenswaarde waaronder een geoptimaliseerde oplossing zich moet bevinden. De beperkingen bij potentiële blootstellingen worden ook in §5.3.3 besproken.

Volgens artikel 7 van het KB houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties [2] moeten bij het ontwerp maatregelen worden genomen om ervoor te zorgen dat de potentiële radiologische gevolgen voor de bevolking, de werkers en het leefmilieu de voorgeschreven limieten niet overschrijden en zo laag als redelijkerwijze mogelijk worden gehouden (art.7.1). Volgens artikel 36.5 van de FANC-nota [5] moeten het ontwerp en de realisatie van een inrichting voor eindberging de bescherming optimaliseren, rekening houdend met de meest waarschijnlijke toekomstige belastingen en de andere redelijkerwijze te voorziene belastingen. Hierbij dient het optimalisatieproces te starten vanaf de keuze van de gastformatie.

1) Keuze van de bergingsoptie

Zoals reeds aangegeven in §4.3 van dit verslag was er in 2006 een regeringsbeslissing om de site in Dessel te selecteren voor de vestigingsplaats van een oppervlaktebergingsinrichting voor kortlevend laag- en middelactief afval. Deze regeringsbeslissing is gedocumenteerd en gemotiveerd in [54]. De beslissing is gebaseerd op de veronderstellingen dat een oppervlakteberging:

- 'Radiologisch veilig' is, net als een geologische berging. Echter werden de milieueffecten voor beide opties niet systematisch geëvalueerd. Daarbij wordt een veel kleinere radiologische impact verwacht in het geval van een geologische berging.
- tweemaal goedkoper zou zijn dan een ondergrondse berging.

De keuze van de bergingsoptie werd als een randvoorwaarde of '**bestaande gegevenheid'** beschouwd voor de optimalisering van het bergingssysteem.

2) Keuze van de vestigingsplaats

De vestigingsplaats werd ook door de regeringsbeslissing van 2006 vastgelegd. Deze keuze werd dus eveneens als een '**bestaande gegevenheid'** beschouwd voor de optimalisering van het bergingssysteem.
Hoewel er praktische beschouwingen werden meegenomen in de evaluatie van de beslissing (zie [54]), werd voor de sitebepaling geen evaluatie uitgevoerd betreffende nucleaire veiligheidsaspecten van de site, buiten de bevestiging dat de impact aan de reglementaire criteria voldoet. Het is in dit kader belangrijk om te melden dat er onder de toekomstige inrichting geen van nature aanwezige grondlagen zijn die kunnen fungeren als barrière.
Aangezien de keuze van de site een bestaande gegevenheid is voor de oppervlaktebergingsinrichting in Dessel is er, in tegenstelling tot wat gevraagd wordt in art 36.5 van de FANC-nota [5], niet gestart met het optimaliseringsproces bij de keuze van de gastformatie.

De keuze voor een oppervlakteberging voor kortlevend laag- en middelactief afval wordt door FANC en Bel V als aanvaardbaar beschouwd.

3) Optimalisering van het bergingssysteem

Op vraag van FANC en Bel V heeft NIRAS een optimaliseringsoefening uitgevoerd. Hierbij werden meerdere ontwerpkeuzes van bepaalde SSC's of ontwerpconfiguraties afgewogen ten opzichte van de volgende door NIRAS bepaalde attributen met betrekking tot de veiligheid, *die door FANC en Bel V werden aanvaard*:

- Performantie van het bergingssysteem bij verwachte evolutie (vervullen van de lange termijn veiligheidsfuncties en duurzaamheid van de barrières);
- Snelheid van realisatie van passieve maatregelen;
- Gelaagde bescherming (o.a. robuustheid van de ontwerpkeuze);
- Aantoonbaarheid;
- Operationele radiologische veiligheid;
- Operationele klassieke veiligheid;
- Niet-radiologische milieu-impact van het bergingssysteem.

Sociale en economische factoren werden beschouwd als 'bestaande gegevenheden' om een finale afweging te kunnen maken. Voor de afweging t.o.v. de attributen van elke beschouwde optie werd door NIRAS een schaal voorgesteld, dewelke goedgekeurd werd door FANC en Bel V.De uitgevoerde optimaliseringsoefening bevestigde enkele door NIRAS gemaakte ontwerpkeuzes, maar heeft ook geleid tot **twee belangrijke ontwerpaanpassingen** t.o.v. het ontwerp bij de vergunningsaanvraag in 2013:

- Een tussenruimte van ~5 cm tussen de monolietenstapels in de module die zal opgevuld worden met grind. In het initieel concept was het voorzien om de monolietenstapels tegen elkaar te plaatsen;
- Het in-situ infrezen van een kleine hoeveelheid bentoniet in de grond onder de ophoging met het oog op een bijkomende en complementaire sorptie van de radionucliden;

Verder werd t.g.v. de optimaliseringsoefening ook besloten om de mogelijkheid van het gebruik van vezelversterkt beton voor de caissons verder te onderzoeken.

Hoewel het ontwerp in zijn geheel niet beschouwd werd bij de optimaliseringsoefening, heeft de oefening die NIRAS deed na het indienen van de vergunningsaanvraag in 2013, en de ontwerpaanpassingen die daaruit volgden, aan FANC en Bel V toch voldoende garantie gegeven dat ***er geen voor de hand liggende redelijke ontwerpkeuzes werden genegeerd die een aanzienlijk hogere bescherming zouden bieden****.*

4) Optimalisatie van de bescherming tijdens de exploitatiefase

Tijdens de exploitatiefase van de bergingsinrichting zijn op het gebied van stralingsbescherming de gepaste maatregelen genomen om de radiologische impact voor de werknemers en de bevolking zo laag als redelijkerwijze mogelijk te houden. Deze maatregelen, met inbegrip van de zonering van de bergingsinrichting worden besproken in §8 van dit verslag.

In conclusie gaan ***FANC en Bel V akkoord met het uitgevoerde optimaliseringsproces****, zoals gevraagd door artikel door artikel 20.1.1.1.b van het ARBIS* [1] *, artikel 7 van het KB houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties* [2] *en artikel 36.5 van de FANC-nota* [5].

5) Continue verbetering van de nucleaire veiligheid

In artikel 3 van het KB houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties [2] en in de beleidsverklaring van NIRAS is er ten slotte ook een engagement om de nucleaire veiligheid continu te verbeteren. In dit proces voorziet NIRAS ook **toekomstige optimalisering**. Voor toekomstige ontwerpopties en –keuzes zal NIRAS de volgende systematiek volgen:

1. Identificeren van de opties en keuzes;

2. Bepalen van de score voor elk attribuut voor de verschillende opties en keuzes. Hierbij zullen dezelfde attributen gehanteerd worden als bij de reeds uitgevoerde optimaliserings-oefening;
3. Bepalen van de optimale optie of keuze op basis van de score voor elk attribuut en rekening houdende met sociale en economische factoren.

Enkele mogelijke toekomstige optimaliseringen zijn volgens NIRAS: (1) alternatieve profielen voor de eindafdekking, (2) optimalisering van de ondoorlatende topplaat, (3) het gebruik van vezelversterkte caissons, (4) integratie van de REX tijdens de bouw en exploitatie van de berging en (5) keuze van het materiaal voor de opvulling van de inspectieruimte.

***FANC en Bel V gaan akkoord met dit voorgestelde engagement van NIRAS**. Voor de toekomst zal NIRAS immers op regelmatige basis, en zeker ook alvorens de constructie van de tweede tumulus aan te vatten, opnieuw een optimaliseringsoefening moeten uitvoeren en daarbij ook meer doorgedreven kwantitatieve analyses aanwenden (bv. effecten op de potentiële radiologische impact op lange termijn).*

5.3.3. Principe van de toepassing van dosislimieten

5.3.3.1. Beroepshalve blootgestelde personen

In Tabel 5-1 kunnen de begrenzingen van de som van doses en volgdoses door de handeling 'oppervlakteberging te Dessel' voor de beroepshalve blootgestelde personen gevonden worden. Zoals blijkt uit de tabel, worden de dosislimieten uit het ARBIS [1] gerespecteerd.

Begrenzing van de som van doses en volgdoses voor de handeling 'oppervlakteberging te Dessel'	Vastgelegde dosislimieten in het ARBIS [1]
Effectieve dosis	
10 mSv / 12 opeenvolgende glijdende maanden	20 mSv / 12 opeenvolgende glijdende maanden (art. 20.1.3)
Equivalente dosis – ieder van de individuele organen en weefsels	
500 mSv /12 opeenvolgende glijdende maanden	500 mSv /12 opeenvolgende glijdende maanden (art. 20.1.3)
Equivalente dosis - ooglens	
20 mSv / 12 opeenvolgende glijdende maanden	150 mSv /12 opeenvolgende glijdende maanden (art. 20.1.3)
Equivalente dosis – huid – gemiddelde waarde voor elke oppervlakte van 1 cm² huid	
500 mSv /12 opeenvolgende glijdende maanden	500 mSv /12 opeenvolgende glijdende maanden (art. 20.1.3)

Tabel 5-1: Begrenzing van som van doses en volgdoses voor de handeling 'oppervlakteberging in Dessel' voor beroepshalve blootgestelde personen (gebaseerd op Tabel 2-1 van het veiligheidsrapport)

5.3.3.2. Publiek

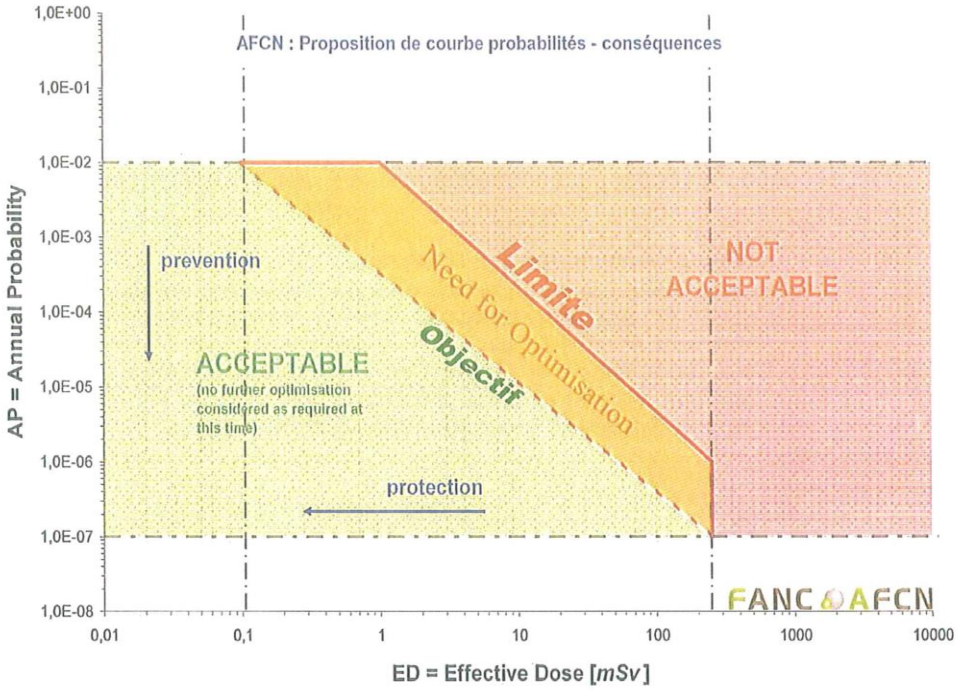
Voor een oppervlaktebergingsinrichting werd voor de normale blootstelling van personen van het publiek zowel voor de operationele periode als de periode na sluiting een dosisbeperking van 0,1 mSv/jaar opgelegd door de FANC-leidraden [13] en [15]. Deze beperkingen fungeren als maximumwaardes i.h.k.v. optimalisering en laten ook toe om aan de dosislimiet voor alle leeftijdsgroepen van de bevolking te voldoen. In Tabel 5-2 kan de begrenzing worden gevonden van effectieve en equivalente doses voor de handeling 'oppervlakteberging te Dessel' voor de personen van het publiek. Zoals blijkt uit de tabel worden de dosislimieten van het ARBIS [1] gerespecteerd.

Voor de operationele periode worden in de leidraad [15] voor de effectieve dosis nog bijkomende beperkingen opgelegd: in geval van incidentele en/of accidentele omstandigheden wordt a.d.h.v. de in de leidraad bepaalde curve i.f.v. de waarschijnlijkheid van optreden van de gebeurtenis een toegelaten effectieve dosis bepaald. Deze curve wordt getoond in Figuur 5-1.

Voor de periode na sluiting worden in de leidraad [13] voor de effectieve dosis nog restricties opgelegd voor andere evolutiescenario's die in rekening moeten gebracht worden bij de lange termijn veiligheidsevaluatie. Deze restricties kunnen zijn onder de vorm van: (1) dosisbeperking, (2) risicobeperking of (3) een referentiewaarde. Een referentiewaarde geldt hierbij als een vergelijkingswaarde die toelaat om een aanvaardbare grootte van de impact vast te stellen, maar waarvoor niet uitgesloten is dat een hogere waarde aanvaardbaar is. Voor deze scenario's dienen de verschillende leeftijdsgroepen van de bevolking beschouwd te worden. In Tabel 5-3 worden de restricties voor de verschillende scenario's opgesomd.

Begrenzing van effectieve en equivalente doses voor de handeling 'oppervlakteberging te Dessel'	Vastgelegde dosislimieten in het ARBIS [1]
Effectieve dosis (normale blootstelling) voor alle leeftijdsgroepen van de bevolking	
0,1 mSv/jaar (leidraden **[15]** en **[13]**)	1 mSv/jaar (art. 20.1.4)
Equivalente dosis – ooglens (normale en accidentele blootstelling)	
15 mSv/jaar	15 mSv/jaar (art. 20.1.4)
Equivalente dosis – huid – gemiddelde waarde voor elke oppervlakte van 1 cm² huid (normale en accidentele blootstelling)	
50 mSv/jaar	50 mSv/jaar (art. 20.1.4)

Tabel 5-2: Begrenzing van effectieve en equivalente dosis voor de handeling 'oppervlakteberging in Dessel' voor personen van het publiek
(gebaseerd op Tabel 2-1 van het veiligheidsrapport)



Figuur 5-1: Waarschijnlijkheid-impactcurve uit nota [15]

Scenario	Type	Waarde
Scenario's van verwachte evolutie (zie ook tabel 4-2)	Dosisbeperking	0,1 mSv/jaar
Individuele scenario's van niet verwachte, maar mogelijke evolutie	Risicoreferentie-waarde	10^{-6}/jaar
Combinatie van alle scenario's van niet verwachte, maar mogelijke evolutie	Risicobeperking	10^{-5}/jaar
Individuele scenario's van onopzettelijke menselijke intrusie	Dosisreferentie-waarde	3 mSv/jaar
Penaliserende scenario's	Dosisreferentie-waarde	3 mSv/jaar

Tabel 5-3: Dosisrestricties voor de verschillende scenario's van de lange termijn veiligheidsevaluatie (Gebaseerd op nota [13])

5.4. Veiligheidsprincipes

5.4.1. Gelaagde bescherming

In artikels 3 en 7 van het KB houdende veiligheidsvoorschriften van kerninstallaties [2] en in artikel 33.2.1 van de FANC-nota [5] wordt gesteld dat de veiligheid van een inrichting voor eindberging moet gebaseerd zijn op een verzameling van beschermingselementen zodat één technisch, menselijk of organisatorisch falen op zich alleen de veiligheid van de inrichting voor eindberging niet in het gedrang kan brengen. Hiertoe moet, van bij het ontwerp, de toepassing het principe van de gelaagde bescherming voor de periode na de opheffing van de Nucleaire Reglementaire Controlefase zoveel mogelijk:

1. verhinderen dat de integriteit van de fysieke barrières of componenten die een veiligheidsfunctie vervullen, in het gedrang wordt gebracht;
2. de performanties van de barrières of componenten die een veiligheidsfunctie vervullen, behouden blijven als zij belast worden;
3. steunen op de complementariteit en de onafhankelijkheid van de barrières en/of de veiligheidsfuncties van de componenten.

Voor de operationele fase is de gelaagde bescherming gebaseerd op bijkomende lagen, in lijn met artikel 3.1 van [2], namelijk

4. het voorzien van de nodige controlemaatregelen en
5. ongevalsbeheer.

In het kader van gelaagde bescherming beschouwt NIRAS de volgende lagen:

- Eerste laag van bescherming: Vermijden dat bedreigingen optreden of tot aan de SSC's geraken (operationele periode en lange termijn).
  Elementen die door NIRAS gehanteerd worden om de aanwezigheid van deze laag aan te tonen, zijn gebaseerd op (1) de eigenschappen van de bergingslocatie, (2) materiaalkeuzes voor SSC's, (3) de beschermingen door de afdekking, (4) het gebruik van beheerste technieken en controles tijdens constructie, (5) de verificaties van de karakteristieken van het afval en (6) de maatregelen om tijdens de operaties bedreigingen van veiligheidsfuncties te vermijden of te vermijden dat bedreigingen tot aan SSC's geraken.
  FANC en Bel V kunnen hiermee akkoord gaan.
- Tweede laag: Voorzien in robuuste barrières en componenten die een veiligheidsfunctie vervullen (operationele periode en lange termijn).
  Hierbij is een component robuust indien de performantie of een deel ervan behouden kan worden ondanks interne/externe verstoringen en onzekerheden.
  Voor het aantonen van deze laag wordt door NIRAS naar vier sleutelprocessen voor de lange termijn evolutie gekeken, namelijk (1) erosie van de aardafdekking, (2) scheurvorming in beton als gevolg van carbonatatie, (3) schade aan beton als gevolg van vries-dooi cycli en (4) scheurvorming in beton als gevolg van aardbevingen. Voor elk van deze sleutelprocessen wordt

vervolgens het robuust karakter van de bergingsinrichting gerechtvaardigd.
FANC en Bel V kunnen hiermee akkoord gaan.

- Derde laag: Het voorzien op systeemniveau van complementaire en onafhankelijke barrières en/of veiligheidsfuncties, zodat er één of meerdere complementaire barrières en/of veiligheidsfuncties beschikbaar zijn indien één barrière en/of veiligheidsfunctie faalt (operationele periode en lange termijn).
  De aanwezigheid van deze laag wordt tijdens de operationele periode en de Nucleaire Reglementaire Controlefase aangetoond door voor de verschillende mogelijke bedreigingen, met een waarschijnlijkheid $>10^{-7}$/jaar (zie Figuur 5-1), te beargumenteren dat er complementaire en onafhankelijke barrières en/of veiligheidsfuncties overblijven.
  Vanaf de start van de Nucleaire Reglementaire Controlefase worden de bedreigingen t.g.v. onopzettelijke menselijke intrusie, alsook de gebeurtenissen of processen die aan de basis liggen van niet verwachte maar mogelijke evoluties beschouwd.
  FANC en Bel V kunnen op basis van de door NIRAS uitgevoerde analyse akkoord gaan met de complementaire en onafhankelijke barrières en/of veiligheidsfuncties i.f.v. de verschillende beschouwde bedreigingen. Er wordt echter gevraagd om, voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad, de complementariteit van de barrières en/of veiligheidsfuncties na de opheffing van de reglementaire controle verder te evalueren m.b.v. van de performantieanalyse (zie ook §9.2.7 van dit verslag).
- Vierde laag: Het voorzien van controlemaatregelen binnen de bergingsinrichting om afwijkingen van normale exploitatie, defecten of beschadigingen op te sporen en corrigerende maatregelen te nemen volgens artikel 9 van het KB houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties [2] (operationele periode en Nucleaire Reglementaire Controlefase).
  Zolang de berging een nucleaire inrichting is, zullen er controles uitgevoerd worden om de goede werking van de bergingsinrichting te kunnen nagaan en bij vaststelling van non-conformiteiten corrigerende maatregelen te kunnen nemen. In dit kader werd er door NIRAS in het hoofdstuk 17 van het veiligheidsrapport een lijst opgenomen van onderwerpen waarvoor er technische specificaties zullen worden ontwikkeld.
  FANC en Bel V gaan akkoord met deze lijst en stellen dat NIRAS deze technische specificaties verder dient uit te werken voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad.
- Vijfde laag: Maatregelen voor ongevalsbeheer (operationele periode en Nucleaire Reglementaire Controlefase).
  Bij (ernstige) ongevallen zullen conform het intern noodplan bijkomende maatregelen getroffen worden om de radiologische risico's voor het publiek buiten de site zo veel als mogelijk te beperken en om te vermijden dat de ongevallen zich verder ontwikkelen met als gevolg een grotere en/of langer durende aantasting van de insluiting. NIRAS voorziet momenteel om het intern noodplan te activeren bij de volgende voorvallen en situaties: (1) aardbevingen met een waarschijnlijkheid $< 10^{-4}$ per jaar, (2) val van een toestel van de militaire of algemene luchtvaart tijdens fase Ia, (3) val van de rolbrug tijdens fase Ia en (4) val van een groot passagiersvliegtuig.
  FANC en Bel V gaan akkoord met deze laag van bescherming, maar a.d.h.v. procedures zal het intern noodplan voor de oplevering van de bergingsinrichting nog verder uitgewerkt moeten worden.

*In conclusie **beschouwen FANC en Bel V de manier waarop NIRAS de gelaagde bescherming, zowel voor de operationele periode als voor de lange termijn, heeft aangetoond, als zijnde voldoende.** De uitwerking van de gelaagde bescherming is ook in lijn met het veiligheidsconcept (zie §5.6). Voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad zullen de technische specificaties, beschreven in hoofdstuk 17 van het veiligheidsrapport en de evaluatie van de complementariteit (m.b.v. de performantieanalyse), wel nog verder moeten worden uitgewerkt.*

5.4.2. Aantoonbaarheid

In artikel 33.2.1 van de FANC-nota [5] worden de vereisten van het aantoonbaarheidsprincipe opgelijst. Hieronder kunnen deze vereisten teruggevonden worden, samen met de manier waarop NIRAS de vereisten invult:

1. Aantonen dat de inrichting voor eindberging kan gerealiseerd worden met het vereiste performantieniveau;
   NIRAS beroept zich op het feit dat aantoonbaarheid gebruikt wordt als attribuut in het proces van optimalisering en op het feit dat er testprogramma's zullen worden uitgevoerd om de uitvoerbaarheid, beheersing en betrouwbaarheid aan te tonen van de materialen, implementatiesprocedures en van de berging. Deze testprogramma's, waarvan er sommige reeds uitgevoerd werden, dienen eveneens aan te tonen dat het vereiste performantieniveau bereikt kan worden. Ten slotte zal er ook een kwalificatieprogramma voorzien dienen te worden bij de realisatie van de bergingsinrichting (conform met artikel 8.4 van [2]).
2. Beroep doen op beheerste technieken, waarbij vooraleer nieuwe technieken kunnen toegepast worden, de uitvoerbaarheid, beheersing en betrouwbaarheid aangetoond dient te worden;
   NIRAS stelt dat in het kader van de optimalisering beroep gedaan wordt op Best Beschikbare Technieken, waarbij 'beschikbaar' wil zeggen dat de technieken redelijkerwijze toegankelijk zijn op grote schaal en zowel beproefd als aanvaardbaar zijn. Voor materialen en realisatieprocedures die nieuwigheden vertonen ten opzichte van de bestaande ervaring worden testprogramma's uitgevoerd. Voor de opmerkingen van FANC en Bel V aangaande de realisatietechnieken wordt verwezen naar §6.1.
3. Aantonen dat het performantieniveau van het eindbergingssysteem, en zijn individuele componenten, dat bereikt wordt na realisatie voldoende zal blijven om de bescherming van mens en milieu te verzekeren ongeacht de redelijkerwijze te voorziene storingen waaraan het eindbergingssysteem kan onderworpen worden en de bouw- en uitbatingstoevalligheden;
   Dit aantonen gebeurt aan de hand van de veiligheidsevaluatie (zie §9) en de argumentatie van de gelaagde bescherming (zie §5.4.1).
   Aangaande de lange termijn veiligheidsevaluatie merken FANC en Bel V wel op dat de performantieanalyse (zowel qua insluitingscapaciteit als afzonderingscapaciteit) nog dient plaats te vinden. Voor FANC en Bel V dienen deze analyses te gebeuren voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad.
   Verder zijn er ook elementen van de veiligheidsstrategie (zie §5.5) die bijdragen aan het aantoonbaarheidsprincipe. Het betreft o.a. de ontwerp- en realisatiestrategie volgens dewelke de conformiteitscriteria op een systematische wijze afgeleid worden uit ontwerpinputs en ontwerpvereisten (zie §5.5.1). Hierbij zijn de nodige kwalificatieprocedures voorzien om te bevestigen dat de voor de veiligheid belangrijke SSC's tijdens hun hele ontwerplevensduur in staat zijn om de gevraagde functies te vervullen in de omgevingsomstandigheden die zich kunnen voordoen op het ogenblik dat het nodig is, bij normale werking en in voorkomend geval tijdens de voorziene bedrijfsincidenten en in ongevalssituaties. Verder worden in het kader van de beheerstrategie (zie §5.5.2) de nodige activiteiten voorzien: een monitoring- en toezichtsprogramma, verouderingsbeheerprogramma, een programma voor het beheer van ervaringsfeedback, programma's voor onderhoud, testen, controles en inspecties en periodieke veiligheidsherzieningen.
4. Het beheer van onzekerheden.
   Het beheer van onzekerheden maakt deel uit van veiligheidsstrategie (zie §5.5.3). Het beheer van onzekerheden omvat het geheel van activiteiten die tot doel hebben om onzekerheden te identificeren, te karakteriseren, te analyseren naar relevantie voor de veiligheid, te behandelen in de veiligheidsevaluatie en te verminderen of elimineren. Het doel van de behandeling van onzekerheden is om de aanvaardbaarheid van de effecten van alle voor de veiligheid relevante onzekerheden aan te tonen (zie §9.2.2.5).

Op basis van bovenstaande punten menen FANC en Bel V dat NIRAS ***beantwoordt aan de vereisten van het aantoonbaarheidsprincipe.*** *FANC en Bel V verwachten wel dat NIRAS voorafgaand aan de tweede*

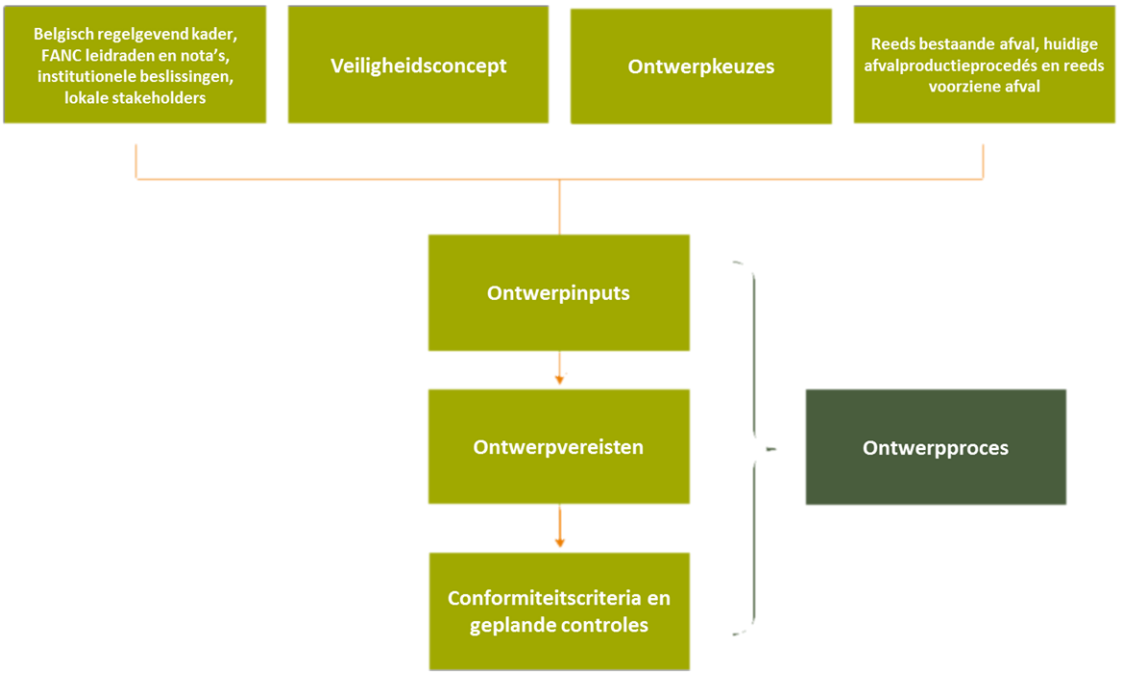
zitting van de Wetenschappelijke Raad een performantieanalyse (zowel qua verwachte als niet verwachte maar mogelijke evoluties) uitvoert i.h.k.v. de lange termijn veiligheidsevaluatie.

5.5. Veiligheidsstrategie

Volgens artikel 33.3 van de FANC-nota [5] dient de veiligheidsstrategie de mechanismen en methodes te beschrijven die bijdragen tot het bereiken van de veiligheidsdoelstelling en die haar toepassing beïnvloeden. De veiligheidsstrategie omvat (1) de ontwerp- en realisatiestrategie, (2) de beheerstrategie en (3) de veiligheidsevaluatiestrategie, dewelke in de volgende paragrafen worden behandeld.

5.5.1. Ontwerp- en realisatiestrategie

De ontwerp- en realisatiestrategie dient de benadering vast te leggen om toe te laten een veilig, performant en robuust eindberggingssysteem te ontwerpen en te realiseren. Hierbij dient beoogd te worden om de isolerings- en insluitingscapaciteiten te maximaliseren, evenals het weerstandsvermogen bij belastingen.
Het ontwerpproces van NIRAS (zie Figuur 5-2) bestaat uit drie stappen. In eerste instantie worden de ontwerpinputs afgeleid, vervolgens worden deze ontwerpinputs vertaald naar ontwerpvereisten. Deze laatste zijn instructies die direct bruikbaar zijn voor de ontwerper. In de derde stap worden er voor de nucleaire veiligheid belangrijke SSC's 'conformiteitscriteria' beschreven, waarmee bij realisatie van de SSC's afgetoetst kan worden dat aan de ontwerpvereisten voldaan is.



Figuur 5-2: Ontwerpproces
(Figuur 2-5 uit het veiligheidsrapport)

Bij dit proces worden de ontwerpinputs afgeleid uit:

- De vereisten afkomstig uit het (1) Belgisch regelgevend kader, (2) de FANC-leidraden en nota's en (3) beperkingen opgelegd door een institutionele beslissing (bv. de keuze van de site, zie §4.3) of door de lokale stakeholders (bv. de inspectieruimte onder de module, zie §4.4);
- Het veiligheidsconcept, waardoor de veiligheidsfuncties geïdentificeerd worden (zie (5.6);
- De ontwerpkeuzes;
- Het te beschouwen afval.

Ondanks het feit dat dit niet onmiddellijk duidelijk wordt uit het veiligheidsconcept (zie §5.6), wordt in het ontwerpproces (als ontwerpinput) ook rekening gehouden met het feit dat sommige SSC's andere SSC's dienen te ondersteunen en beschermen, zodat die laatste hun veiligheidsfuncties kunnen vervullen. Dit betreft voornamelijk mechanische ondersteuning, bescherming tegen vorst, chemische buffering en het vermijden van extra chemische degradatie van cementgebonden SSC's.
Ten slotte wordt in het ontwerpproces het concept van gelaagde bescherming toegepast (zie §5.4.1) en wordt er rekening gehouden met de resultaten van de optimaliseringsoefening (zie §5.3.2)
Op basis van dit proces heeft NIRAS 27 ontwerpinputs voorzien, die vertaald zijn naar 55 ontwerpvereisten. Voor alle veiligheidsrelevante SSC's werden op basis van deze ontwerpvereisten dan conformiteitscriteria en een bijhorende kwaliteitscontrole bepaald.

Het bovenstaande ontwerpproces werd door NIRAS a posteriori van hun vergunningsaanvraag van 2013 ontwikkeld op vraag van FANC en Bel V en dit heeft geleid tot enkele aanpassingen, zoals bijvoorbeeld de belangrijke rol qua lange termijn veiligheid voor de afschermplaten. ***Hierdoor gaan FANC en Bel V akkoord met de in het veiligheidsdossier toegepaste ontwerp- en realisatiestrategie, met uitzondering van de integratie van het operationele veiligheidsconcept in de ontwerpstrategie die voor FANC en Bel V niet op een traceerbare manier in rekening werd gebracht****. Dit zal* ***geen ontwerpgevolgen*** *met zich meebrengen, maar FANC en Bel V achten het wel nodig dat het operationele veiligheidsconcept op een traceerbare manier geïntegreerd wordt in de ontwerpstrategie en dat dit gebeurt voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad.*

5.5.2. Beheerstrategie

De beheerstrategie dient de benadering vast te leggen die toelaat om de reglementaire bepalingen na te leven en de fundamentele veiligheids- en stralingsbeschermingsprincipes toe te passen, in het bijzonder het principe van optimalisatie van de bescherming.
De manier waarop NIRAS de stralingsbeschermingsprincipes heeft toegepast wordt besproken in §5.3 van dit verslag. Optimalisatie van de bescherming komt specifiek aan bod in §5.3.2.
Het geïntegreerd beheersysteem van NIRAS, dat momenteel in ontwikkeling is, wordt besproken in §4.9.
NIRAS heeft een systeem ontwikkeld waarmee toezicht gehouden wordt op de prestaties van nucleaire veiligheid, om er zich van te vergewissen dat de van kracht zijnde veiligheidsregels worden nageleefd en het veiligheidsniveau wordt verbeterd. In eerste instantie zal NIRAS hiertoe in overeenstemming met artikel 3 van het KB houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties [2] de vorderingen op het vlak van de nucleaire veiligheid in de bergingsinrichting aan de hand van sleutelparameters, doelstellingen en mikpunten opvolgen. De door NIRAS beschouwde sleutelparameters zijn in dit kader: (1) collectieve dosis werknemers, (2) maximale individuele dosis werknemers, (3) radiologische vrijzetting, (4) aantal incidenten en ongevallen, (5) aantal non-conformiteiten op SSC's, (6) aantal afwijkingen van monitoringresultaten, (7) berekende dosis voor de verschillende scenario's voor lange termijn veiligheid en (8) attributen voor optimalisering. Voor deze sleutelparameters werden er vervolgens door NIRAS doelstellingen (bv. ALARA qua collectieve dosis voor werknemers voor sleutelparameter (1)) en mikpunten (bv. aantal non-conformiteiten op SSC's gelijk aan nul voor sleutelparameter (5)) gedefinieerd.
FANC en Bel V gaan ***akkoord*** *met de voorgestelde lijst van sleutelpunten, alsook met de doelstellingen en mikpunten die er werden voor opgesteld.*

Tenslotte worden in het kader van de beheerstrategie de volgende activiteiten/programma's voorzien:

- Periodieke veiligheidsherzieningen voor het doorvoeren van een systematische analyse van de nucleaire veiligheid van de inrichting zoals gedefinieerd in artikel 14 van KB van 30/11/2011 [2]. Hierbij worden de resultaten van de onderzoeksprogramma's ook in rekening gebracht;
- Een programma voor het beheer van wijzigingen zoals gedefinieerd in artikel 12 van het ARBIS [1] en in artikel 15 van het KB van 30/11/2011 [2];
- Een kwalificatieprogramma zoals gedefinieerd in artikel 8.4 van het KB van 30/11/2011 [2] dat moet toelaten om bij de realisatie te bevestigen dat de voor nucleaire veiligheid belangrijke

SSC's tijdens hun hele ontwerplevensduur in staat zijn om de gevraagde functies te vervullen bij normale werking en bij te voorziene bedrijfsincidenten en ongevalsituaties.

- Een verouderingsbeheerprogramma zoals gedefinieerd in artikel 10 van het KB van 30/11/2011 [2];
- Een programma voor het beheer van ervaringsfeedback zoals gedefinieerd in artikel 11 van het KB van 30/11/2011 [2];
- Een programma voor onderhoud, testen, controles en inspecties zoals gedefinieerd in artikel 12 van KB van 30/11/2011 [2]. In dit kader is er een monitoring- en toezichtsprogramma dat moet garanderen dat het betrouwbaarheids- en beschikbaarheidsniveau van alle SSC's, die belangrijk zijn voor de veiligheid, in overeenstemming blijven met de verwachtingen van de exploitant en de hypothesen en de doelstellingen van het ontwerp tijdens de ganse levensduur van de inrichting;
- Opleiding en kwalificatie van het personeel zoals gedefinieerd in artikels 4.3 en 6 van het KB van 30/11/2011 [2];
- De bergingsinrichting zal beschikken over een intern noodplan zoals gedefinieerd in artikel 16 van het KB van 30/11/2011 [2]; en
- De DFC zal toezicht houden op het niveau van nucleaire veiligheid (zoals beschreven in artikel 23 van het ARBIS [1]).

*FANC en Bel V gaan **akkoord met de beheerstrategie** zoals beschreven in het veiligheidsdossier.*

5.5.3. Veiligheidsevaluatiestrategie

De veiligheidsevaluatiestrategie dient de benadering vast te leggen die toelaat om de veiligheid te evalueren en het vertrouwen in de toegepaste methodes aan te tonen. De specifieke doelstellingen van een veiligheidsevaluatie zijn (o.a. op basis van artikel 43.2 van de FANC nota [5] en IAEA aanbevelingen [18], [19]):

- Identificatie en evaluatie van mogelijke radiologische risico's tijdens alle fases en periodes in de levensloop van een inrichting, en dit aan de hand van radiologische impactevaluaties;
- Performantieanalyse waarbij het vermogen van het bergingssysteem om te voorzien in de veiligheidsfuncties en om te voldoen aan de ontwerpvereisten geëvalueerd wordt;
- Het beheer van onzekerheden;
- Globale risicoanalyse die tot doel heeft de risico's te evalueren die verbonden zijn aan mogelijke wijzigingen aan 'bestaande gegevenheden' (zie §9.3).

De veiligheidsevaluatiemethodologie van NIRAS, waarvan de verschillende stappen aangegeven zijn in Figuur 5-3, is gebaseerd op de internationaal erkende ISAM-methodologie [60]. Deze aanpak wordt zowel voor de bepaling van de operationele als lange termijn veiligheidsevaluatie gehanteerd.
Het beheer van onzekerheden wordt door NIRAS in de verschillende stappen duidelijk naar voor gebracht.



Figuur 5-3: Verschillende stappen in de veiligheidsevaluaties
(Figuur 2-4 uit het veiligheidsrapport van NIRAS)

***FANC en Bel V gaan akkoord met de door NIRAS voorgestelde veiligheidsevaluatiestrategie**. De methodologie wordt ook op een correcte manier toegepast voor wat betreft de radiologische impactevaluaties, het beheer van onzekerheden en de globale risicoanalyse (zie §9). Hierbij wensen FANC en Bel V wel op te merken dat er, mede door meerdere opmerkingen van de veiligheids-autoriteiten, belangrijke aanpassingen doorgevoerd werden t.o.v. de initiële vergunningsaanvraag voor zowel de radiologische impactevaluaties, het beheer van onzekerheden als de globale risicoanalyse.*

Specifiek met het oog op de lange termijn veiligheidsevaluatie heeft NIRAS volgens FANC en Bel V de nodige scenario's beschouwd in haar methodologie, namelijk:

- *Een scenario dat representatief is voor de verwachte evolutie van het bergingssysteem. Hierbij werd enerzijds een Best Estimate Scenario (**Expected Evolution Scenario of 'EES'**) en anderzijds een omhullend scenario qua effecten van onzekerheden (**Referentiescenario of 'RS'**) beschouwd;*
- *Scenario's die representatief en omhullend zijn voor de niet verwachte, maar mogelijke evoluties van het bergingssysteem (**Alternatieve Evolutiescenario's of 'AES'**);*
- *Scenario's omhullend voor mogelijke onopzettelijke menselijke intrusie op verschillende schalen (**Human Intrusion Scenarios of 'HIS'**);*
- *Zogenaamde **penaliserende scenario's ('PS')**, die bedoeld zijn om de evolutie van het bergingssysteem op een omhullende wijze voor te stellen wanneer de performantie niet meer op een betrouwbare manier kan ingeschat worden.*

*Voor FANC en Bel V is de **veiligheidsevaluatiestrategie** echter **nog niet volledig uitgewerkt** in het veiligheidsdossier, aangezien, zoals reeds vermeld in §5.4.1, de performantieanalyses voor de lange termijn veiligheid nog dienen uitgevoerd te worden. Voor FANC en Bel V dienen deze analyses uitgevoerd te worden voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad.*

5.6. Veiligheidsconcept

Volgens artikel 33.4 van de FANC nota [5] moeten in het veiligheidsconcept de natuurlijke en mangemaakte componenten van het eindbergingssysteem worden geïdentificeerd die de veiligheid

verzekeren, met inbegrip van de **isolerings- en insluitingsbarrières en hun veiligheidsfuncties en de beoogde performanties** (zie §4.4), voor de verschillende fasen in het leven van de bergingsinrichting. Het veiligheidsconcept dient ook te beschrijven hoe de combinatie van deze componenten ervoor zorgt dat het principe van de gelaagde bescherming tijdens de verschillende fases in het leven van de inrichting toegepast wordt.
In §5.6.1 worden het veiligheidsconcept en de veiligheidsfuncties voor de operationele periode besproken. In §5.6.2 komt het veiligheidsconcept vanaf de Nucleaire Reglementaire Controlefase aan bod. Voor de link tussen het veiligheidsconcept en de gelaagde bescherming wordt er doorverwezen naar §5.4.1 van dit verslag.

5.6.1. Operationele veiligheidsfuncties

Tijdens de operationele periode (dus t.e.m. de sluitingsfase) zitten de radionucliden binnen de monoliet ingesloten. De belangrijkste blootstellingsroute is dan ook "externe straling". NIRAS beperkt de blootstelling aan externe straling m.b.v. de volgende veiligheidsfuncties:

- NIRAS voorziet in barrières die **afscherming** bieden voor externe straling afkomstig uit het afval;
- NIRAS voorziet in barrières die het afval **afzonderen** van de mens (afval en mens scheiden in ruimte en tijd) inclusief in geval van (onopzettelijke) menselijke intrusie.

Ten slotte is het ook belangrijk om de radionucliden vanaf het begin (dus ook tijdens de operationele periode) **in te sluiten**, waarbij de definitie van insluiting de volgende is: "Het resultaat van de acties met het oog op het beletten en beperken van het vrijkomen van radionucliden uit een beperkte ruimte."

In het veiligheidsconcept wordt vervolgens de rol van de verschillende SSC's i.f.v. de bovenstaande veiligheidsfuncties geïdentificeerd en dit voor elke fase:

- Voor afscherming van publiek en werknemers worden de nodige maatregelen genomen en barrières ingevoerd tijdens de operationele periode. In eerste instantie zorgen de caisson en de opvulmortel rondom het afval voor een eerste afschermingsbarrière. Verder wordt bij het transport van de monolieten van IPM naar de bergingsmodules gewerkt met een transportcontainer die voor bijkomende afscherming zorgt. Bij het plaatsen van de monoliet in de module zorgen de modulewanden en afschermingsplaten boven de andere monolieten voor bijkomende afscherming voor mensen die zich in de gecontroleerde zone naast de module bevinden. Voor mensen in de inspectiegalerij wordt er bijkomende afscherming geleverd door de vloer van de module (d.i. de ondersteunende plaat) en de bovenkanten en zijkanten van de inspectiegalerij. Wanneer een module volledig gevuld is, wordt deze verder afgesloten m.b.v. een structurele topplaat die voor bijkomende afscherming zal zorgen.
- Het afzonderen van het afval wordt in eerste instantie verzekerd door de monoliet zelf. Verder dragen ook de modulemuren, de ondoorlatende topplaat (vanaf fase Ib), de afdekking (vanaf fase Ib) bij tot deze veiligheidsfunctie. Afzonderen wordt tenslotte ook vermeden door een toegangscontrole tot de bergingsinrichting en een afsluiting rondom de inrichting.
- Tijdens de operationele periode worden de radionucliden ingesloten door de conditioneringsmatrix, de opvulmortel en de caisson. Verder zijn er diverse barrières rondom de monoliet om te belemmeren dat radionucliden in het grondwater onder de bergingsinrichting zouden vrijkomen. In normale omstandigheden worden deze laatste tijdens de operationele periode niet gebruikt omwille van de effectieve insluiting door mortel en caisson, maar deze barrières zijn wel aanwezig om in geval van onverwachte gebeurtenissen mee in te staan voor de insluiting. Voorbeelden van dergelijke SSC's zijn het drainagesysteem, de ondersteunende plaat en de vloer van de inspectiegalerij.

*FANC en Bel V gaan **akkoord met** de het door NIRAS voorgestelde **operationele veiligheidsconcept**.*

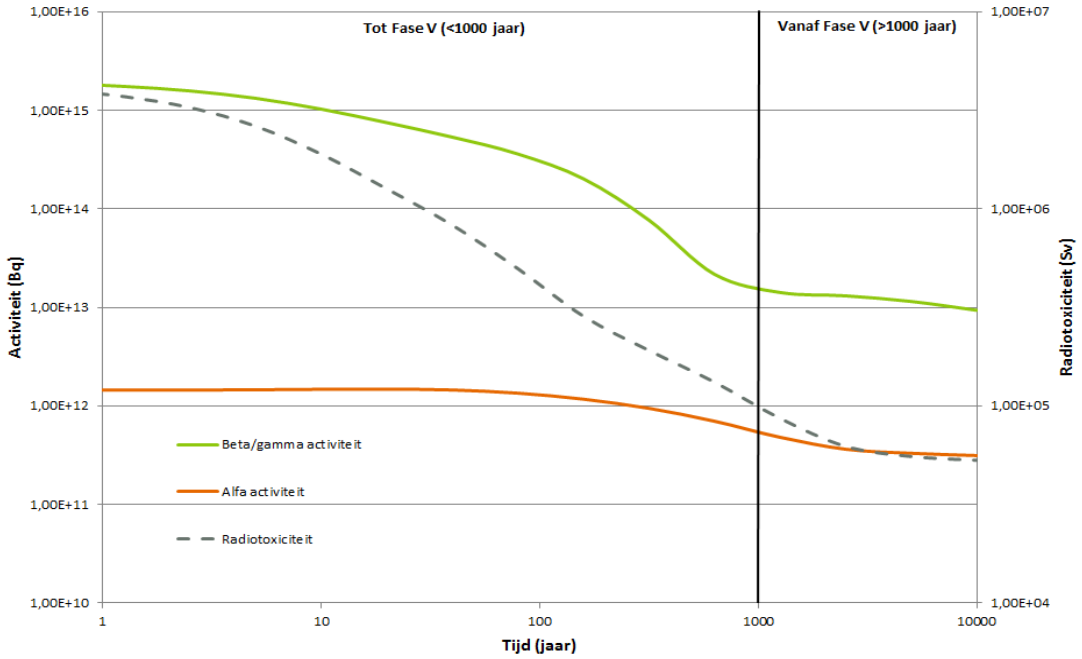
5.6.2. Lange termijn veiligheidsfuncties en beschermings- en ondersteuningsfuncties

De belangrijkste rol van een bergingsinrichting op lange termijn betreft **het insluiten** (acties met het oog op het beletten en beperken van vrijkomen van radionucliden) en **het afzonderen** (afval en mens scheiden in ruimte en tijd, inclusief in geval van (onopzettelijke) menselijke intrusie) van het radioactief afval.
NIRAS heeft deze sleutelfuncties van de bergingsinrichting vertaald naar de volgende lange termijn veiligheidsfuncties:

- Veiligheidsfuncties m.b.t. insluiting:
  - **R1**: Beperken van vrijkomen van radionucliden uit het afval;
  - **R2a**: Beperken van waterinsijpeling tot bij het afval[18];
  - **R3**: Chemisch vasthouden (sorptie) van radionucliden;
  - **R4a**: Beperken van diffusie van radionucliden;
  - **R4b**: Verspreiden van radionucliden in conductieve sorberende media.
- Veiligheidsfuncties m.b.t. afzondering:
  - **I1**: Beperken van de waarschijnlijkheid en gevolgen van onopzettelijke menselijke intrusie.

5.6.2.1. Insluitingsstrategie (veiligheidsfuncties R1, R2a, R3, R4a en R4b)

In Figuur 5-4 wordt de afname van de α- en β/γ-activiteit en radiotoxiciteit van de voorziene bronterm in de berging i.f.v. de tijd voorgesteld. Hieruit blijkt dat gedurende de eerste honderden jaren de totale radiotoxiciteit van de voor de lange termijn veiligheid belangrijke radionucliden in het afval afneemt tot ongeveer 5% van de oorspronkelijke waarde.
Vanaf ongeveer 1 000 jaar verlagen de α- en β/γ-activiteit, evenals de radiotoxiciteit, niet meer op een aanzienlijk wijze.



Figuur 5-4: Afname van de α- en β/γ-activiteit en radiotoxiciteit van de voorziene bronterm i.f.v. de tijd (Figuur 2-3 van het veiligheidsrapport van NIRAS)

Een kanttekening dient echter wel gemaakt te worden met betrekking tot de 'radiotoxiciteit'. Het betreft hier de toxiciteit bij ingestie van het afval zelf. Dit is onrealistisch en neemt ook slechts één

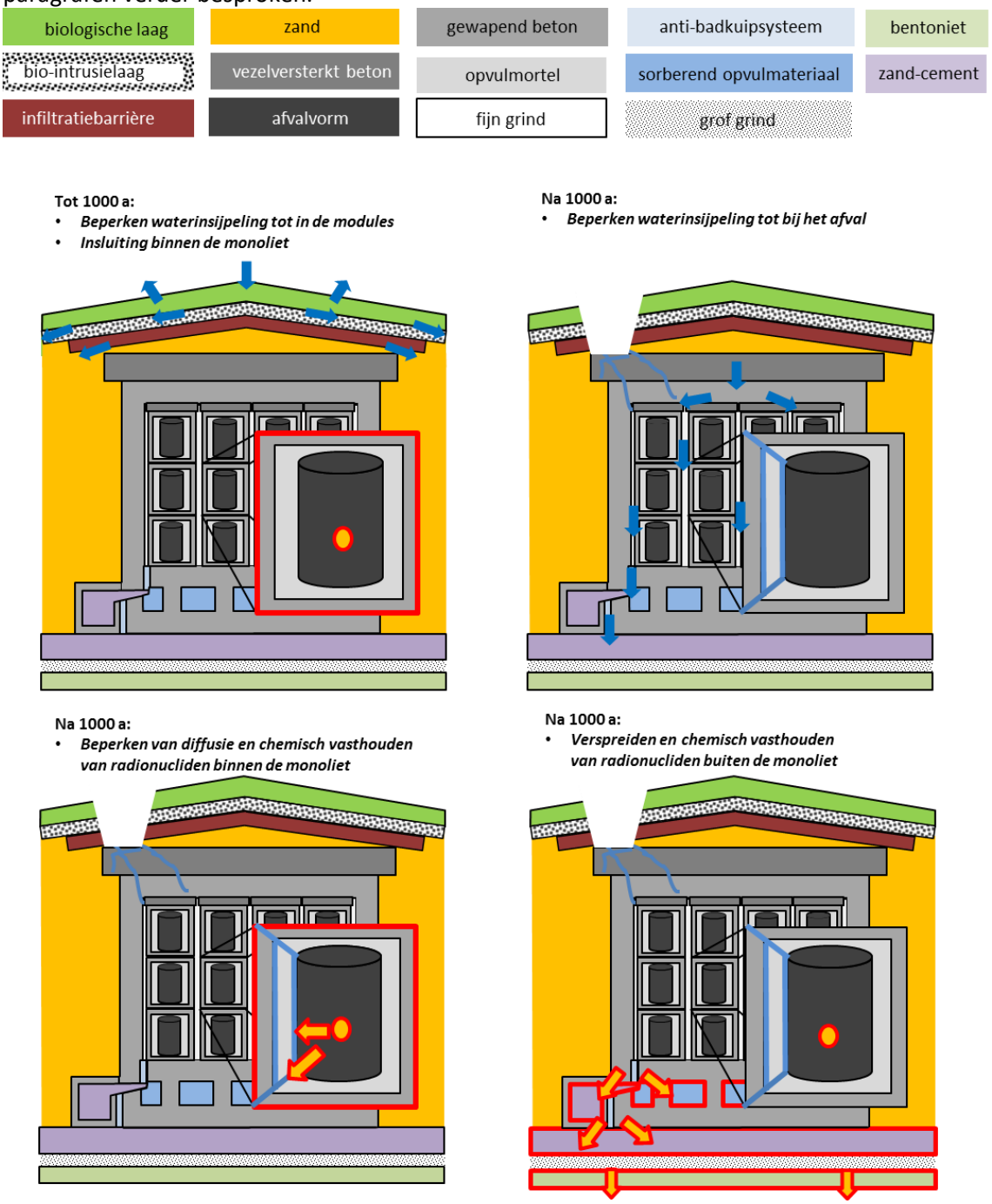
[18] De 'R2b' veiligheidsfunctie uit de aanvraag in 2013 werd niet meer weerhouden.

blootstellingsweg (ingestie) in beschouwing, dewelke niet voor alle nucliden de hoogste dosis genereert.

In functie van de evolutie van de activiteit/radiotoxiciteit bestaat de insluitingsstrategie van het bergingssysteem erin om gedurende 1000 jaar het vrijkomen van radionucliden te voorkomen en daarna het vrijkomen van radionucliden uit het bergingssysteem te beperken.

Om deze strategie te vervullen, beroept NIRAS zich enerzijds op het beperken van de waterinsijpeling tot bij het afval en anderzijds het beperken van het vrijkomen van radionucliden uit het bergingssysteem.

De insluitingsstrategie wordt schematisch weergegeven in Figuur 5-5, en in de onderstaande paragrafen verder besproken.



Figuur 5-5 Insluiting door het bergingssysteem
(Figuur 2-17 uit het veiligheidsrapport)

5.6.2.1.1. Beperken van de waterinsijpeling tot bij het afval (R2a)

Tot 1000 jaar wordt er zoveel als mogelijk verhinderd dat er waterinsijpeling is in de modules. Hiertoe wordt gerekend op diverse SSC's:

1. Afdekking: Deze draagt bij op 3 manieren: er is evapotranspiratie door de begroeiing (zal ook na 1000 jaar doorgaan), aanwezigheid van een infiltratiebarrière met een hydraulische conductiviteit < 10^{-9} m/s en drainage naar de zijkanten door een drainerende laag in de afdekking en de zandophoging aan de zijkanten.
   Door het ontwerp van de aarden afdekking (in lijn met NUREG-1623 [61]) wordt verwacht dat erosieve processen gedurende 1000 jaar beperkt blijven tot de oppervlakkige lagen van de afdekking. Verder werd aangetoond dat een seismische belasting met een terugkeerperiode van duizend jaar geen aanzienlijke degradatie aan de afdekking zal veroorzaken.
2. Ondoorlatende topplaat met een hydraulische conductiviteit < 10^{-12} m/s, dewelke wordt beschermd tegen degradatie (zoals carbonatatie en vries/dooicycli) door de bovenliggende afdekking.
3. Modulewanden met een beperkte hydraulische conductiviteit zodat het water vanuit de zandophoping aan de zijkanten van de modules niet via de modulewanden in de module kan stromen.

Vanaf 1000 jaar wordt verwacht dat door degradatie van de afdekking (erosie, aardbevingen) de ondoorlatende topplaat, modulewanden en monolieten lokaal worden blootgesteld aan atmosferische omstandigheden, waardoor carbonatatie en vries/dooicycli geleidelijk aan tot lokale degradatie van deze betonnen componenten kunnen leiden waardoor waterinsijpeling tot binnen de modules niet langer voorkomen kan worden. Vanaf dit moment zijn doorgaande scheuren doorheen het bergingssysteem niet langer uitgesloten. **De strategie voor het beperken van de waterinsijpeling tot bij het afval bestaat er nu in om het water, dat binnen de modules geïnfiltreerd is, weg te leiden van het afval.** Hiervoor wordt beroep gedaan op de volgende robuuste SSC's:

1. De afschermingsplaten[19], die de monolietenstapels overkappen zodat het water afgeleid wordt naar de tussenruimtes tussen de monolietstapels. Deze afschermingsplaten worden gemaakt uit vezelversterkt beton teneinde hun duurzaamheid (weerstand tegen scheurvorming door carbonatatie) te verhogen.
2. De met grind gevulde tussenruimten tussen de monolietstapels. Deze worden gekenmerkt door een hoge hydraulische conductiviteit (> 10^{-4} m/s), waardoor ze water dat in de modules infiltreert makkelijk kunnen afvoeren en dus de probabiliteit van infiltratie in de modulestapels zelf sterk verminderd wordt. Door de hoge conductiviteit is de kans bovendien zeer klein dat water dat zich in deze tussenruimtes bevindt terug in de monolietstapels zal lopen.
3. Het ontwerp van de caissons[19] dat gootjes voorziet zodat water dat infiltreert tot bovenop de monolieten weggeleid wordt naar de tussenruimtes.
4. Een anti-badkuipsysteem dat ervoor zorgt dat geen wateraccumulatie in de modules kan plaatsvinden.

5.6.2.1.2. Beperken van het vrijkomen van radionucliden

Tot 1000 jaar wordt er getracht om het vrijkomen van radionucliden uit de berging te voorkomen. Het doel hierbij is om het afval zo lang mogelijk in de monoliet te houden met behulp van sorptie op uitgeharde cement (veiligheidsfunctie R1 voor de colli in de monolieten en R3 voor de opvulmortel van de caisson en de caisson zelf). Verder wordt ook getracht om de diffusie van radionucliden in de caisson te vermijden (R4a).

Vanaf 1000 jaar kan er water- en luchtinsijpeling zijn in de modules waardoor degradatie en het optreden van doorgaande scheuren doorheen het bergingssysteem niet langer is uitgesloten (zie §5.6.2.1). Dezelfde aanpak als voor 1000 jaar blijft enerzijds van toepassing, namelijk om de radionucliden zo veel mogelijk vast te zetten in de monolieten, maar aangezien er nu ook doorgaande

[19] De afschermingsplaten en caissons weerstaan aan een aardbeving met een terugkeerperiode van 8575 jaar.

scheuren kunnen optreden in de monolieten is het te verwachten dat radionucliden niet enkel door diffusie, maar ook met het insijpelend water doorheen de monolieten (dit is advectief transport) in de modulebasis zullen terecht komen. **Voor de radionucliden, die op deze wijze de modulebasis bereiken zijn er barrières voorzien die betrachten om het vrijkomen ervan uit de berging te beperken en te spreiden in de tijd.** Hiervoor wordt beroep gedaan op het opvulmateriaal van de inspectieruimte en het zand-cement in de opgevulde inspectiegalerij en de ophoging. De radionucliden die via advectie door doorgaande scheuren van de monolietstapel meegenomen worden, zullen zich via het anti-badkuipsysteem verspreiden in deze opgevulde inspectieruimte, inspectiegalerij en ophoging omwille van de hoge hydraulische conductiviteit (> 10^{-6} m/s) van deze componenten (veiligheidsfunctie R4b) gecombineerd met chemische retentie van radionucliden op deze materialen (veiligheidsfunctie R3).

5.6.2.2. Afzonderingsstrategie (veiligheidsfunctie I1)

Tot het einde van de Nucleaire Reglementaire Controlefase (fase III) berust de afzondering enerzijds op het **beperken van de toegang** (toegangscontrole en afsluiting rond de inrichting) en anderzijds op de 5 meter dikke **afdekking** en onderliggende 70 cm dikke **ondoorlatende topplaat** van de modules.
Zoals vermeld in §5.2.2 dient de directe en uitgestelde radiologische impact voor de onopzettelijke menselijke intrusie binnen de referentiewaarde van 3 mSv per intrusie of per jaar te vallen vooraleer de opheffing van de nucleaire reglementaire controle kan gebeuren, dewelke momenteel voorzien is 350 jaar na de start van de exploitatie.
Ook **na 350 jaar** zal de **afdekking** een belangrijke rol blijven spelen in het vermijden van contact tussen het afval en de biosfeer (inclusief de mens). Tijdens een periode van 1000 jaar wordt verwacht dat de erosie van deze afdekking beperkt zal blijven tot de bovenste lagen. Complementair aan de aarden lagen van de afdekking is er onder de afdekking nog de **ondoorlatende topplaat**, gemaakt uit vezelversterkt beton, die bijna niet erosiegevoelig is.

5.6.2.3. Standpunt FANC en Bel V omtrent het lange termijn veiligheidsconcept

FANC en Bel V zijn van mening dat het veiligheidsconcept voor de lange termijn van de oppervlakteberging in Dessel goed gefundeerd is op basis van de juiste principes en in lijn is met de fenomenologisch verwachte evolutie alsook duidelijk beschreven is in het veiligheidsdossier*. Het concept is ook in lijn met de afname in de tijd van het radiologisch risico van de voorziene bronterm in de berging (zie Figuur 5-4).*
Zoals blijkt uit de ontwerpstrategie (§5.5.1), wordt het veiligheidsconcept ook in rekening gebracht bij de bepaling van de ontwerpcriteria voor de verschillende SSC's zodat verzekerd is dat op basis van het ontwerp voldaan kan worden aan het veiligheidsconcept.
*NIRAS heeft **geen veiligheidsfunctie "beschermen van andere veiligheidskritische SSC's" gedefinieerd**, waardoor bescherming van andere kunstmatige barrières niet rechtstreeks is opgenomen in het veiligheidsconcept[20]. Dit is echter wel mee opgenomen in de ontwerpstrategie (dus vertaald naar specifieke ontwerpvereisten met daaraan verbonden de nodige conformiteitscriteria voor SSC's).*
FANC en Bel V vragen aan NIRAS om in het nieuw aan te maken ontwerp hoofdstuk 2 "Veiligheidsbeleid, veiligheidsstrategie en veiligheidsconcept" het veiligheidsconcept m.b.t. tot de lange termijn veiligheid te herzien om in het concept een veiligheidsfunctie "beschermen van andere veiligheidskritische SSC's" te integreren voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad.

5.7. Beoordeling door FANC en Bel V van het veiligheidsbeleid

FANC en Bel V hebben een analyse uitgevoerd van het veiligheidsbeleid, vooral op basis van het hoofdstuk 2 "Veiligheidsbeleid, veiligheidsstrategie en veiligheidsconcept" van het veiligheidsrapport.

[20] Een typisch voorbeeld hiervan is de afdekking die een cruciale rol speelt in het beschermen van de onderliggende ondoorlatende topplaat tegen degradatie. Enerzijds zal de aanwezigheid van de afdekking ervoor zorgen dat de ondoorlatende topplaat niet blootgesteld zal worden aan vries/dooicycli die tot scheurvorming kunnen leiden en anderzijds zal de afdekking ertoe leiden dat de topplaat ingegraven blijft waardoor carbonatatie van de topplaat quasi tot stilstand komt.

Voor FANC en Bel V is de beschrijving en toepassing van het veiligheidsbeleid voldoende voor een veiligheidsdossier dat voorgelegd moet worden voor een eerste zitting van de Wetenschappelijke Raad. *Voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad dienen wel de volgende zaken te gebeuren:*

- *Duidelijkheid scheppen over het prioritair belang dat aan veiligheid dient gegeven te worden;*
- *Opstellen van een nieuw ontwerp hoofdstuk 2 "Veiligheidsbeleid, veiligheidsstrategie en veiligheidsconcept", waarbij deze versie voorafgaand aan de tweede Wetenschappelijke Raad goedgekeurd moet zijn door FANC en Bel V.*
  In dit ontwerp hoofdstuk dienen de elementen van het veiligheidsbeleid, evenals de vereisten en verwachtingen van de exploitant ter zake en de richtlijnen voor de uitvoering ervan duidelijker meegedeeld worden. Enkele specifieke aspecten die hierbij in rekening moeten gebracht worden, zijn:
  - *Een optimaliseringsoefening van de duur van de Nucleaire Reglementaire Controlefase (zie §5.2.2);*
  - *De integratie van het operationeel veiligheidsconcept in de ontwerpstrategie (zie §5.5.1);*
  - *De integratie van de veiligheidsfunctie "beschermen van andere veiligheidskritische SSC's" in het lange termijn veiligheidsconcept (zie §5.6.2.3);*
- *Opstellen van een nota met daarin de kernboodschappen van het veiligheidsbeleid op basis van het nieuw ontwerp hoofdstuk 2. Deze nota moet het mogelijk maken dat het ganse personeel, belast met belangrijke taken op het vlak van nucleaire veiligheid, het veiligheidsbeleid en de toepassing ervan kan begrijpen en uitvoeren (cfr. artikel 3 van KB van 30/11/2011* [2]*);*
- *In het kader van de veiligheidsevaluatiestrategie dient een performantieanalyse uitgevoerd te worden;*
- *Uitwerking van de technische specificaties in een nieuw ontwerp hoofdstuk 17 van het veiligheidsrapport.*

6. Beschrijving van de constructie

In deze paragraaf worden het constructieproces (§6.1) en de kwaliteitsborging (§6.2) besproken. De beoordeling door FANC en Bel V volgt in §6.3.

6.1. Constructieproces

Indien NIRAS de vergunning bekomt, zal ze de constructie aanvatten van de eerste 20 modules van de oostelijke zone.

De grondverbetering, bestaande uit bentoniet zal in de bovenste 40 cm van de ondergrond worden aangebracht door infrezen. Nadien zal een grindlaag en een zand-cement ophoging worden aangebracht onder de voetafdruk van de toekomstige 20 modules. Deze zal, in de zones waar het aan de lucht blootgesteld is, worden afgedekt met plasticfolie teneinde carbonatatie tegen te gaan. Een geotextiel zal beletten dat het zand-cement in de grindlaag doordringt en de functie van dit grind als anti-capillaire barrière zou verstoren.

NIRAS heeft de **constructiesequentie van de modules geoptimaliseerd** en zal de volgende volgorde aanhouden:

- Constructie van de modulewanden – deze worden in één keer gegoten, inclusief de steunberen voor het later te construeren dak;
- Constructie van de hellende funderingsplaat – deze helt af richting de inspectiegalerij. De funderingsplaat wordt structureel aan de muren verbonden. Daartoe wordt wachtwapening in de muren voorzien;
- Constructie van de kolommen op de funderingsplaat;
- Constructie van de vloerplaat van de modules op de kolommen. Om dit te kunnen doen zal een verloren bekisting bestaande uit betonplaten worden aangebracht op de kolommen. Ook de vloerplaat wordt structureel verbonden met de muren. Daartoe wordt eveneens wachtwapening in de muren voorzien.

NIRAS zal een betoncentrale op de site voorzien. *FANC en Bel V zullen als aandachtspunt de certificatie van deze betoncentrale opnemen.* Het beton van de modules zal binnen welbepaalde toleranties overeen dienen te komen met de samenstelling zoals voorgeschreven in het veiligheidsrapport. De samenstelling kan in Tabel 6-1 worden gevonden. De water/cement-verhouding zal 0,47 bedragen.

Component	Beton modules (kg/m³)
CEM I 42.5 N LA HSR LH(1)	360
Kalksteenmeel	40
Zand 0/4 (0/2) (kalksteen)	721
Gebroken kalksteen 2/6	417
Gebroken kalksteen 6/14	200
Gebroken kalksteen 6/20	472
Water	169
Rheobuild 1100 conc. 30%, NS type	6,5(2) (3)
Glenium 27 conc. 20%, PC type	5(2) (3)

(1): LA: *Low Alkali*, HSR: *High sulphate resisting*, LH: *Low Heat*.
(2): Dient aangepast te worden in functie van de omgevingsfactoren zoals temperatuur, het type installatie, …
(3): Of de ene, of de andere superplastificeerder dient gebruikt te worden. Mengen is niet toegestaan. Sommige delen van de modules kunnen eventueel gebouwd zijn met de ene superplast, terwijl andere delen gebouwd zijn met de andere superplast.

Tabel 6-1: Samenstelling van het beton van de modules, in kg/m³ (gebaseerd op Tabel 5-1 van het veiligheidsrapport)

NIRAS zal voor het storten van de muren over de volledige hoogte een bekisting voorzien, zowel langs de binnenzijde als de buitenzijde. Er zal een verdichtingsmethode worden gebruikt zoals bekistingstrillers. Er zullen eveneens stortbuizen worden aangewend om de valhoogte van het te storten beton te beperken.

NIRAS meldt in het veiligheidsdossier dat er enkel bij afwezigheid van vorstweer (enkel bij weertypes 0 en I volgens WTCB [62]) gestort zal worden.

Na de constructie van de modules zal het vast stalen dak op de steunberen van de modulewanden aangebracht worden, en zullen de SFP-rolbruggen geïnstalleerd worden (rolbrug en rails worden structureel aan het vast stalen dak verbonden).

Tegelijk met de modules, construeert NIRAS ook de aanpalende delen van de inspectiegalerij alsook het drainagesysteem. De vloer van de inspectiegalerij zal ondoorlatend gemaakt worden en uitgevoerd worden met een centrale goot omdat, bij ongevalsomstandigheden waarbij het drainagesysteem faalt, de vloer de functie van wateropvang moet overnemen. Verder zal nog een spoorsysteem met draaitafels worden geconstrueerd zodat een trolley de monolieten tot aan de modules kan brengen.

FANC en Bel V gaan akkoord met de voorgestelde constructiemethodes, -sequenties en -materialen. *Gegeven het grote belang voor de lange termijn veiligheid van een gedegen constructie, vragen FANC en Bel V echter aan NIRAS om tegen de tweede Wetenschappelijke Raad een door FANC en Bel V goedgekeurde lijst van procedures voor te leggen die van toepassing zullen zijn tijdens de constructie van de installaties.*

Verder hebben FANC en Bel V wel ***volgende aandachtspunten*** *geïdentificeerd betreffende de constructie van de eerste 20 modules:*

- *NIRAS zal bij de constructie van de* ***modulemuren deze in één keer gieten****. Hoewel dit uit de optimaliseringsoefening als optimale oplossing werd geselecteerd, zijn er praktische uitdagingen verbonden aan deze methode. De uitvoering bij de eerste module zal moeten uitwijzen of deze methode succesvol is. De hoge wapeningsdensiteit in combinatie met dit gieten in één keer, gebruik makend van een klassieke betonsamenstelling, resulteren in een hoger risico op grindnesten bij de constructie. Dit is een belangrijk aandachtspunt voor FANC en Bel V dat ze van nabij zullen opvolgen;*
- *De* ***wapeningsdekking*** *is een gegeven dat rechtstreeks verbonden is met de levensduur van de betonnen componenten, aangezien NIRAS carbonatatie van beton heeft geïdentificeerd als het belangrijkste degradatiemechanisme voor het beton van de installatie (zie §9.2.2.1). Gezien de wapeningsdekking het wapeningsstaal beschermt tegen de corrosie als gevolg van de pH verlaging door carbonatatie, zal NIRAS een dekking van 4,5 cm voorzien met een tolerantie van ±0,5 cm. Hoewel FANC en Bel V een grotere dekking mogelijk achten, is deze dekking, in combinatie met het gebruik van een CPF-liner[21], die de permeabiliteit van het beton kort bij het oppervlak zal verminderen, een aanvaardbare oplossing. Er zijn echter twee bemerkingen:*
    - *Het gebruik van een CPF-liner kan bij loskomen van de liner non-conformiteiten geven ten aanzien van de wapeningsdekking door de afdrukken van plooien die in de wand kunnen ontstaan. Dit is een aandachtspunt dat FANC en Bel V zullen opvolgen.*
    - *De tolerantie van 5 mm op de wapeningsdekking is kleiner dan de normatieve tolerantie van 10 mm uit* [63]*. Hoewel deze tolerantie gehanteerd kan worden bij prefab elementen, is het gebruik van zulks een kleine tolerantie op schaal van een grote buitenwerf niet voor de hand liggend. Gegeven het belang van een voldoende wapeningsdekking en de kleine gehanteerde tolerantie, zal NIRAS sowieso dienen over te gaan tot een 100% controle van de wapeningsdekking na constructie van elk onderdeel van de module. Hiervoor zullen FANC en Bel V een nauwgezette opvolging voorzien;*

[21] Controlled Permeability Formwork

- *De **betontemperatuur bij het uitharden** is eveneens een aandachtspunt voor FANC en Bel V. Teneinde aantasting door laattijdige vorming van ettringiet (Delayed Ettringite Formation of 'DEF') te vermijden, dient de betontemperatuur onder de 65°C te blijven, wat voor massieve structuren een moeilijkheid kan zijn. NIRAS heeft wel een gepast metingsprogramma van deze temperatuur voorgesteld. FANC en Bel V zullen dit verder opvolgen.*
- *De **goede opvulling van de gaten van de semi-doorgaande bikistingstrekkers** is van zeer groot belang zodat deze geen bron kunnen zijn van vroegtijdige degradatie.*

Na het opvullen van de modules met monolieten, zal een gewapende topplaat gegoten worden en structureel verbonden worden met de module (opnieuw via wachtwapening voorzien in de muren). Na het sluiten van alle modules van een bepaalde zone (latere tumulus) zal een vezelversterkte ondoorlatende topplaat worden aangebracht boven elke module. Nadien wordt de afdekking, bestaande uit meerdere lagen zand, klei, stenen en teelaarde aangebracht, gebruik makend van huidige beschikbare technieken voor bijvoorbeeld compacteren van de verschillende lagen.
NIRAS zal een proefafdekking construeren om de performantie van het voorgestelde systeem te testen (zie §4.7). De definitieve samenstelling van de afdekking en uitvoeringsprocedures kan dan vastgelegd worden op basis van de ervaringsfeedback en resultaten van de testen en monitoring van deze proefafdekking.

***FANC en Bel V gaan akkoord met de voorziene werkwijze met betrekking tot de afdekking**. Ze hebben één **aandachtspunt** aangaande de vezelversterkte **ondoorlatende topplaat**:*

- *Het zal belangrijk zijn voor de performantie en levensduur van deze plaat dat er een **homogene vezelverdeling is in het beton van de plaat**. De plaat zal echter pas bij het aanbrengen van de afdekking worden geconstrueerd, dus dit aspect zal op dat moment verder worden opgevolgd.*

6.2. Kwaliteitsborging

Teneinde erover te kunnen waken dat de SSC's hun rol correct zullen kunnen vervullen, heeft NIRAS een aantal **conformiteitscriteria** gedefinieerd dewelke verbonden zijn met de ontwerpvereisten. Deze criteria zijn terug te vinden in bijlage 8-2 van het hoofdstuk 8 van het veiligheidsrapport. De criteria zullen worden afgetoetst door middel van bepaalde kwaliteitscontroles die zullen gebeuren tijdens de constructie van de installaties.

NIRAS heeft in haar dossier de beginselen van de **kwaliteitsborging** uiteengezet, meer bepaald in de referentie NIROND-TR-2015-02N [64]. Daarin wordt gesteld dat de kwaliteitsborging zal ontwikkeld worden om te voldoen aan de eisen van de Amerikaanse regelgeving 10 CFR 50 appendix B [65].

Het kwaliteitsborgingsprogramma zal afgestemd worden op de veiligheidsklassering van de verschillende componenten (zie §4.4). Er zullen drie kwaliteitsklassen worden gedefinieerd:

- Kwaliteitsklasse 1 (QC1) voor Safety Class SSC's;
- Minimaal Kwaliteitsklasse 2 (QC2) voor Safety Significant SSC's; en
- Minimaal Kwaliteitsklasse 3 (QC3) voor Safety Relevant SSC's.

Deze klassen zullen de doorgedrevenheid van de kwaliteitscontroles bepalen.

Tabel 6-2, afkomstig uit nota [64], geeft per kwaliteitsklasse de minimale maatregelen qua kwaliteitscontroles.

	QC1	QC2	QC3
QA-eisen	Gedocumenteerde personeelskwalificaties en -opleiding		
Ontwerp	Ontwerpverificatie, inclusief onafhankelijke verificatie. Goedkeuring van de toegepaste kwaliteitsnormen	Ontwerpverificatie. Goedkeuring van de toegepaste kwaliteitsnormen.	Geen eisen, tenzij anders overeengekomen.
Ontwerpsoftware	Softwareverificatie en -validatie.	Identificeer en autoriseer softwaregebruik.	Geen eisen, tenzij anders overeengekomen.
Minimaal voor te leggen documenten en gegevens	Kwaliteitsplan Personeelskwalificatiegegevens Aanbestedingsdocumenten Resultaten van de selectie van opdrachtnemers Controle van conformiteit met opdrachteisen Keuringsgegevens Controledocumenten Procedures Technische nota's Werkvoorschriften Berekeningsnota's 'As Built'-tekeningen	Kwaliteitsplan Aanbestedingsdocumenten Controle van conformiteit met opdrachteisen Keuringsgegevens Controledocumenten Procedures Technische nota's Werkvoorschriften Berekeningsnota's 'As Built'-tekeningen	Kwaliteitsplan 'As Built'-tekeningen
Overheidsopdracht	Toegang tot de installaties en gegevens met betrekking op toezicht, keuring of audit. Dit zowel bij de opdrachtnemer als zijn eventuele onderaannemers. QA-eisen specifiëren in de documenten van de opdracht.		Geen eisen, tenzij anders overeengekomen.
Controle van aangekochte materialen, uitrusting en diensten	Controle, inclusief onafhankelijke controle.	Controle.	Geen eisen, tenzij anders overeengekomen.
Identificatie	Identificatie en opvolging van items.	Geen eisen, tenzij anders overeengekomen.	Geen eisen, tenzij anders overeengekomen.
Speciale processen	Gekwalificeerde procedures en personeel.		Geen eisen, tenzij anders overeengekomen.
Metingen en testuitrustingen	Gecontroleerde, gekalibreerde meet- en testuitrusting.		Gecontroleerde meet- en testuitrusting.
Keuring / inspectie	Onafhankelijke keuring Holdpoints	Holdpoints	Geen holdpoints, tenzij anders overeengekomen.

Tabel 6-2: minimale maatregelen voor kwaliteitscontroles per kwaliteitsklasse (Tabel 1 uit de NIRAS-nota [64])

In haar nota [64] ontwikkelt NIRAS ook de principes van de **behandeling van niet-conformiteiten.** NIRAS zal hieromtrent een procedure uitwerken die minstens de volgende punten zal specifiëren:

- Definitie van een niet-conformiteit;
- Rol en verantwoordelijkheden van elke partij in het proces van behandeling van niet-conformiteiten;
- De wijze waarop elk partij een niet-conformiteit moet melden
- De wijze waarmee verzekerd wordt dat alle niet-conformiteiten behandeld worden (gemeld, geïdentificeerd, geanalyseerd, gecategoriseerd, behandeld en opgevolgd) in overeenstemming met alle veiligheidseisen;
- De wijze waarop verzekerd wordt dat de correctieve maatregelen bestudeerd, gereviseerd (door een onafhankelijke dienst, intern of extern), gerealiseerd en gecontroleerd worden in overeenstemming met alle veiligheidseisen;
- De snelle communicatie van de niet-conformiteiten aan de veiligheidsautoriteit (timing).

Indien het niet-conformiteiten ten aanzien van de conformiteitscriteria voor de bouw of de monolieten betreft, zal telkens, na goedkeuring door de DFC, de goedkeuring van de veiligheidsautoriteit dienen bekomen te worden vóór het uitvoeren van de correctieve acties, alsook om het niet-conformiteitsdossier te kunnen afsluiten.

***FANC en Bel V gaan akkoord met de voorgestelde principes van de kwaliteitsborging en behandeling van niet-conformiteiten**, maar stellen dat het programma **momenteel nog niet uitgewerkt is**. Gegeven het grote belang voor de lange termijn veiligheid van de barrières, en dus de bevestiging van conformiteit van de barrières met de ontwerpvereisten via kwaliteitscontroles, vragen FANC en Bel V daarom aan NIRAS om tegen de tweede Wetenschappelijke Raad:*

- *een QA/QC-programma voor te leggen dat zal doorlopen worden tijdens de bouw, samen met de rechtvaardiging dat dit programma afdoende de conformiteitscriteria van de bouw afdekt;*
- *de ontwerpprocedure voor te leggen die de behandeling van niet-conformiteiten vastlegt.*

*Waar nodig zullen FANC en Bel V een **aantal hold- en witnesspoints** definiëren voor de bouw van de installaties. FANC en Bel V zullen voorstellen om het principe van deze hold- en witnesspoints op te nemen in de oprichtings- en exploitatievergunning van de inrichting. Een **belangrijk holdpoint** dat zal worden gehouden is het holdpoint **'klaar voor constructie'**, waarin aangetoond dient te worden dat NIRAS klaar is om de bouw aan te vatten, en dit onder meer voor wat betreft de organisatie, het IMS, de kwalificatie en training van personeel en onderaannemers, de procedures, de voorziene kwaliteitsborging en de behandeling van non-conformiteiten (zie ook §4.9).*

6.3. Beoordeling FANC en Bel V van de constructie

FANC en Bel V gaan akkoord met de voorgestelde constructiepraktijken. *Gegeven het grote belang voor de lange termijn veiligheid van een gedegen constructie, vragen FANC en Bel V echter aan NIRAS om tegen de tweede Wetenschappelijke Raad een door FANC en Bel V goedgekeurde lijst van procedures voor te leggen die van toepassing zullen zijn tijdens de constructie van de installaties. Verder hebben FANC en Bel V ook* ***meerdere aandachtspunten geïdentificeerd*** *betreffende de constructie (zie §6.1).*

FANC en Bel V gaan akkoord met de voorgestelde principes van de kwaliteitsborging en behandeling van niet-conformiteiten*, maar stellen dat het programma* ***momenteel nog niet ontwikkeld is****. Gegeven het grote belang voor de lange termijn veiligheid van de barrières, en dus de bevestiging van conformiteit van de barrières met de ontwerpvereisten via kwaliteitscontroles, vragen FANC en Bel V daarom aan NIRAS om tegen de tweede Wetenschappelijke Raad:*

- *een QA/QC-programma voor te leggen dat zal doorlopen worden tijdens de bouw, samen met de rechtvaardiging dat dit programma afdoende de conformiteitscriteria van de bouw afdekt;*
- *de ontwerpprocedure voor te leggen die de behandeling van niet-conformiteiten vastlegt.*

Ten slotte zullen FANC en Bel V een aantal hold- en witnesspoints definiëren voor de bouw van de installaties. Het eerste holdpoint dat zal worden gehouden is het holdpoint 'klaar voor constructie', waarin aangetoond dient te worden dat NIRAS klaar is om de bouw aan te vatten, en dit onder meer voor wat betreft de organisatie, het IMS, de kwalificatie en training van personeel en onderaannemers, de procedures, de voorziene kwaliteitsborging en de behandeling van non-conformiteiten (zie ook §4.9).

7. Beschrijving van het bergingsproces

De doelstelling van deze paragraaf is om het bergingsproces, zoals het door NIRAS toegepast zal worden, te beschrijven. Aan de hand van enkele schema's, waarin ook de rollen van FANC en Bel V worden voorgesteld, worden de verschillende stappen beschreven dewelke noodzakelijkerwijze voorafgaan aan het finaal plaatsen van een monoliet in de bergingsinrichting. Hierbij worden ook de taken van Belgoprocess en eventuele derde producenten van monolieten beschouwd.

De processchema's die in deze sectie van het verslag aan bod komen, werden door FANC en Bel V opgesteld ten behoeve van dit verslag en het goed begrip van de toekomstige bergingsprocessen. De onderstaande processchema's werden met uitzondering van het schema m.b.t. het bergingsproces voor toekomstig bergingsafval (Figuur 7-5) door FANC en Bel V reeds met NIRAS besproken. **FANC en Bel V zijn van mening dat het bergingsproces op deze basis werkbaar zal zijn in de toekomst**. Het proces m.b.t. toekomstig bergingsafval werd nog niet besproken met NIRAS, aangezien dit nog verder te ontwikkelen is, maar in dit verslag hebben FANC en Bel V, op basis van het veiligheidsrapport van NIRAS, alvast een bergingsproces opgesteld dat voor hen werkbaar lijkt.

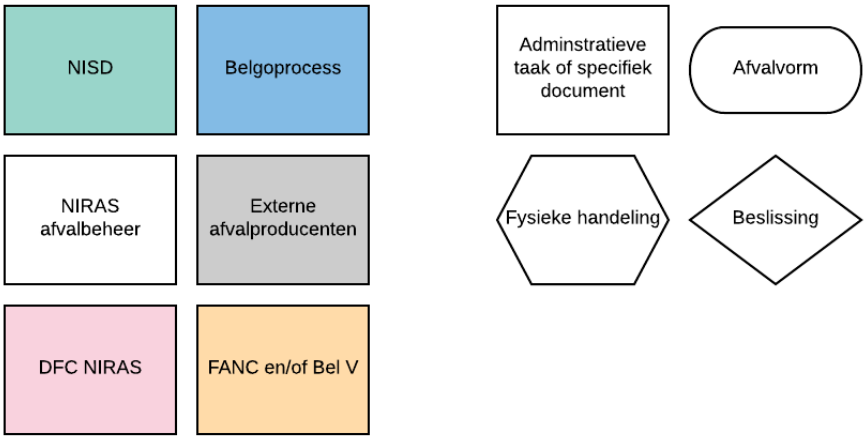
Alvorens deze schema's aan bod komen (§7.2), wordt eerst in §7.1 een overzicht gegeven van de verschillende actoren. In §7.3 wordt vervolgens de normale uitbating (de eigenlijke handelingen) besproken en in §7.4 kan de beoordeling van FANC en Bel V van het bergingsproces gevonden worden. Ter ondersteuning van de beschrijving van het bergingsproces bevat §0.2 aan het begin van dit rapport enkele definities dewelke noodzakelijk zijn om het proces te begrijpen.

7.1. Verschillende actoren die tussenkomen in het bergingsproces

In §4.9 van dit verslag wordt de organisatie van NIRAS, als toekomstige uitbater van de bergingsinrichting, besproken. Hierbij worden de volgende luiken, belangrijk voor het bergingsproces, geïdentificeerd:

- NISD - NIRAS Site Dessel, het luik dat instaat voor de uitbating van de bergingsinrichting;
- Afvalbeheer: Luik van NIRAS dat instaat voor erkenning van installaties voor behandeling van radioactief afval en voor de acceptatie van afval. Het afval wordt hierbij opgedeeld in families voor colli of in variëteiten voor monolieten;
- Het luik Veiligheid, Gezondheid, Milieu en Beveiliging, met daaronder IDPBW en de Dienst voor Fysische Controle (DFC), dewelke een lokale cel zal hebben op NISD.

Deze drie luiken van NIRAS (NISD, afvalbeheer en DFC) zullen een belangrijke rol spelen in het bergingsproces. Het zijn echter niet de enige actoren in dit proces. Een cruciale rol is weggelegd voor Belgoprocess (BP). Op de site van Belgoprocess is er immers de gecentraliseerde opslag van het Belgische radioactief afval en zijn er meerdere conditioneringsinstallaties. Op de site van BP is ook de constructie van IPM (Installatie voor de Productie van Monolieten) lopende. In deze installatie zullen de monolieten geproduceerd worden en vanuit IPM zal het transport van monolieten per trolley naar de bergingsinrichting gebeuren.
Het is niet uitgesloten dat in de toekomst afvalproducenten (zoals bv. Electrabel) bij de ontmanteling van hun installaties zelf monolieten zullen produceren. De externe afvalproducenten spelen dus ook hun rol bij het bergingsproces en dan in het bijzonder voor het toekomstig afval.
Tenslotte spelen ook FANC en Bel V, als veiligheidsautoriteit, een rol als goedkeurder in verschillende stappen van het bergingsproces.
In de schema's van §7.2 komen deze verschillende actoren aan bod en aan de hand van een kleurencode wordt aangeduid welk actor verantwoordelijk is voor een bepaalde taak. Deze kleurencode wordt weergegeven in Figuur 7-1. Daarnaast wordt in de schema's aan de hand van de vorm ook aangegeven welk type taak het betreft (zie ook in dit kader Figuur 7-1).



Figuur 7-1: Legende voor de onderstaande schema's
(Figuur opgesteld door FANC en Bel V voor dit verslag)

7.2. Het bergingsproces

In deze paragraaf worden de processchema's beschreven. In eerste instantie wordt gekeken naar het bergingsproces voor colli van een bestaande afvalfamilie (§7.2.1). Daarna wordt er in §7.2.2 ook gekeken naar het proces voor een type III monoliet met bergingsafval van een bepaalde variëteit, waarbij er in dit schema verondersteld wordt dat de monoliet geproduceerd wordt door een externe afvalproducent. In beide gevallen is de eerste stap het opstellen van een conformiteitsdossier. In §7.2.3 worden kort de toekomstige fysieke controles besproken. Ten slotte wordt in §7.2.4 kort toegelicht hoe de conformiteitscriteria, die opgenomen zijn in het veiligheidsrapport aangepast kunnen worden via het wijzigingsproces.

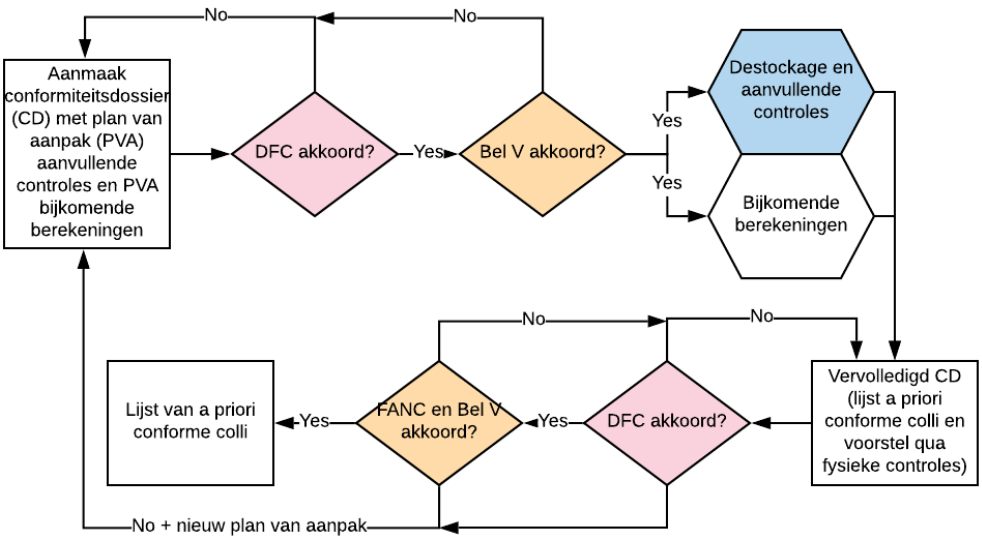
7.2.1. Bergingsproces voor bestaand afval per familie

Voor bestaand geconditioneerd afval zal NIRAS na overleg met FANC en Bel V een **conformiteitsdossier** opstellen voor een afvalfamilie of een gedeelte van een afvalfamilie[22]. Dit dossier, dat via een iteratief proces tot stand zal komen, heeft tot doel om een **lijst van 'a priori bergbare' colli** te verkrijgen. Het belangrijkste probleem met bestaand afval is dat de productie ervan niet gekoppeld was aan de (toekomstige) bergings-ACRIA, waardoor het **niet voor elk conformiteitscriterium (zie §10) mogelijk is om de vergelijking te maken met de karakteristieken van het eigenlijke afval.** Daarom zullen voor het aantonen van de a priori conformiteit met de conformiteitscriteria aanvullende controles (zie §7.2.3) moeten uitgevoerd worden. Ook is het mogelijk dat er bijkomende berekeningen zullen moeten gebeuren. Deze bijkomende berekeningen moeten aantonen dat de colli van een afvalfamilie a priori conform zijn met een welbepaald conformiteitscriterium.

Vooraleer NIRAS deze aanvullende controles en bijkomende berekeningen zal uitvoeren, moet er eerst een plan van aanpak goedgekeurd worden door de DFC van NIRAS en door Bel V. Indien aanvullende controles nodig zijn zullen een aantal (of in het slechtste geval alle) vaten van de familie gedestockeerd moeten worden uit de opslaggebouwen om deze controles mogelijk te maken. NIRAS zal dienen te bepalen waar deze vaten nadien opnieuw gestockeerd worden in afwachting van hun al dan niet destockage voor berging.
In de finale versie van het conformiteitsdossier dient NIRAS ook een voorstel tot uitvoering van fysieke controles (zie §7.2.3) op te nemen voor de desbetreffende afvalfamilie of sub-afvalfamilie. Dit zijn destructieve en/of niet-destructieve controles die moeten toelaten om te verifiëren of de gegevens

[22] Bijvoorbeeld in het geval van de familie SCOMP-CILVA-400, die 15% van het totale volume afval vertegenwoordigt, voorziet NIRAS om een opdeling te maken in verscheidene 'sub-afvalfamilies' om op een efficiëntere wijze a priori bergbare colli te kunnen bepalen. Dit zal in overleg met FANC en Bel V moeten gebeuren.

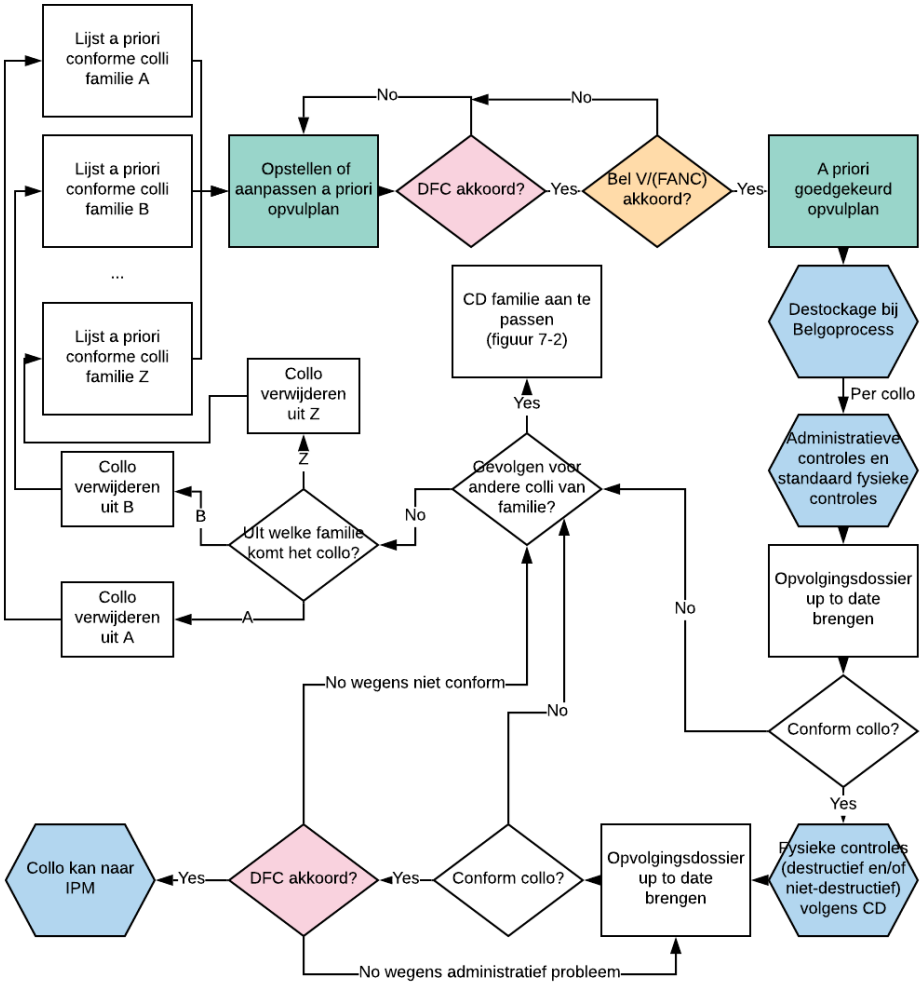
op papier overeenstemmen met de werkelijke situatie. De frequentie, dus het aantal te controleren colli, zal hierbij afhankelijk zijn van meerdere factoren, zoals de marge t.o.v. het conformiteitscriterium of de onzekerheid op de initiële metingen. Er zal echter steeds een minimale frequentie groter dan nul moeten zijn.
In Figuur 7-2 kan het proces tot het bekomen van een lijst a priori conforme colli gevonden worden.



Figuur 7-2: Bepalen van de a priori conforme colli voor families van bestaand afval (Figuur opgesteld door FANC en Bel V voor dit verslag)

Nadat voor voldoende afvalcolli[23] (van meerdere (sub)-afvalfamilies) de a priori bergbaarheid werd aangetoond kan NISD een **'a priori opvulplan'** opstellen. Dit a priori opvulplan dient vervolgens goedgekeurd te worden door de DFC, Bel V en FANC. Na goedkeuring kan dan begonnen worden met de destockage van deze colli. Per collo worden dan de nodige administratieve controles en standaard fysieke controles (zie §7.2.3) uitgevoerd. Wanneer het collo na deze controles conform blijkt te zijn, dienen de fysieke controles uitgevoerd te worden volgens de frequentie vastgelegd in het conformiteitsdossier van de (sub)-familie van het collo. Als na deze controles het collo conform is, kan het naar IPM getransporteerd worden waar het collo opgeslagen zal worden in de inputbuffer.
Wanneer een collo niet conform is, is dit collo a priori niet meer bergbaar en moet het uit de lijst van a priori bergbare colli gehaald te worden. Het a priori opvulplan dient ook aangepast te worden en opnieuw goedgekeurd te worden door de DFC. Bel V moet deze aanpassing ook goedkeuren en afhankelijk van de type aanpassing zal ook FANC haar akkoord moeten geven[24].
Bijkomend dient er ook gekeken te worden of de non-conformiteit gevolgen kan hebben voor andere colli van de familie. Wanneer dit het geval is, dient het conformiteitsdossier van de desbetreffende familie opnieuw aangepast te worden, conform het proces in Figuur 7-2. In Figuur 7-3 wordt het proces tot het opstellen van een a priori opvulplan schematisch beschreven.

[23] Voor het eerste opvulplan, dat de eerste vier modules zal betreffen, zullen voldoende afvalcolli à priori bergbaar moeten zijn opdat de eerste 4 modules gevuld kunnen worden.
[24] Er dient nog vastgelegd te worden welke aanpassingen van het opvulplan door FANC zullen goedgekeurd moeten worden. In geval van bijvoorbeeld een nieuw conformiteitsdossier of afvalfamilie zal FANC wel goedkeuring geven.



Figuur 7-3: Nodige stappen vooraleer colli geconditioneerd afval naar de IPM kunnen (Figuur opgesteld door FANC en Bel V voor dit verslag)

Eens de colli, die samengenomen zullen worden in één monoliet, allemaal opgeslagen zijn in de inputbuffer van de IPM kan de monoliet geproduceerd worden en na uitharding en acceptatie kan deze monoliet in de outputbuffer van de IPM geplaatst worden. Het is belangrijk te melden dat pas monolieten zullen mogen worden geproduceerd nadat de betonnen componenten van de modules waar ze in terecht dienen te komen, gebouwd zijn en de conformiteit van deze bouwwerken met de conformiteitscriteria werd bevestigd. Voorafgaand aan het transport naar de berging dient de monoliet vervolgens onderworpen te worden aan de nodige administratieve en standaard fysieke controles. Na bevestiging van het conforme karakter van de monoliet door de DFC van NIRAS kan de monoliet naar de bergingsinrichting getransporteerd worden om daar geborgen te worden. De DFC zal dan finaal verifiëren of de opvolgdossiers van de colli in de monoliet en van de monoliet zelf, in orde zijn en of de monoliet op de correcte positie werd geplaatst. Indien dit het geval is, is de monoliet correct geborgen.

Indien uit de gedane controles blijkt dat de monoliet niet conform is, kan deze monoliet niet naar de bergingsinrichting. NISD zal kijken of er eventueel corrigerende maatregelen mogelijk zijn om de monoliet bergbaar te maken. Dit voorstel tot corrigerende maatregelen moet dan voorgelegd worden

aan de DFC. Indien de DFC akkoord is, moeten ook Bel V en eventueel FANC[25] hun akkoord geven alvorens de corrigerende maatregel wordt uitgevoerd. Indien er geen corrigerende maatregel mogelijk is, kan de monoliet definitief niet geborgen worden en moet de monoliet uit het opvulplan gehaald worden. Na aanpassing dient het opvulplan dan opnieuw goedgekeurd te worden door de DFC. Bel V moet deze aanpassing ook goedkeuren en afhankelijk van de type aanpassing zal ook FANC zijn akkoord moeten geven[24]. In Figuur 7-4 wordt dit proces schematisch beschreven.

7.2.2. Bergingsproces voor toekomstig bergingsafval in type III monolieten per variëteit

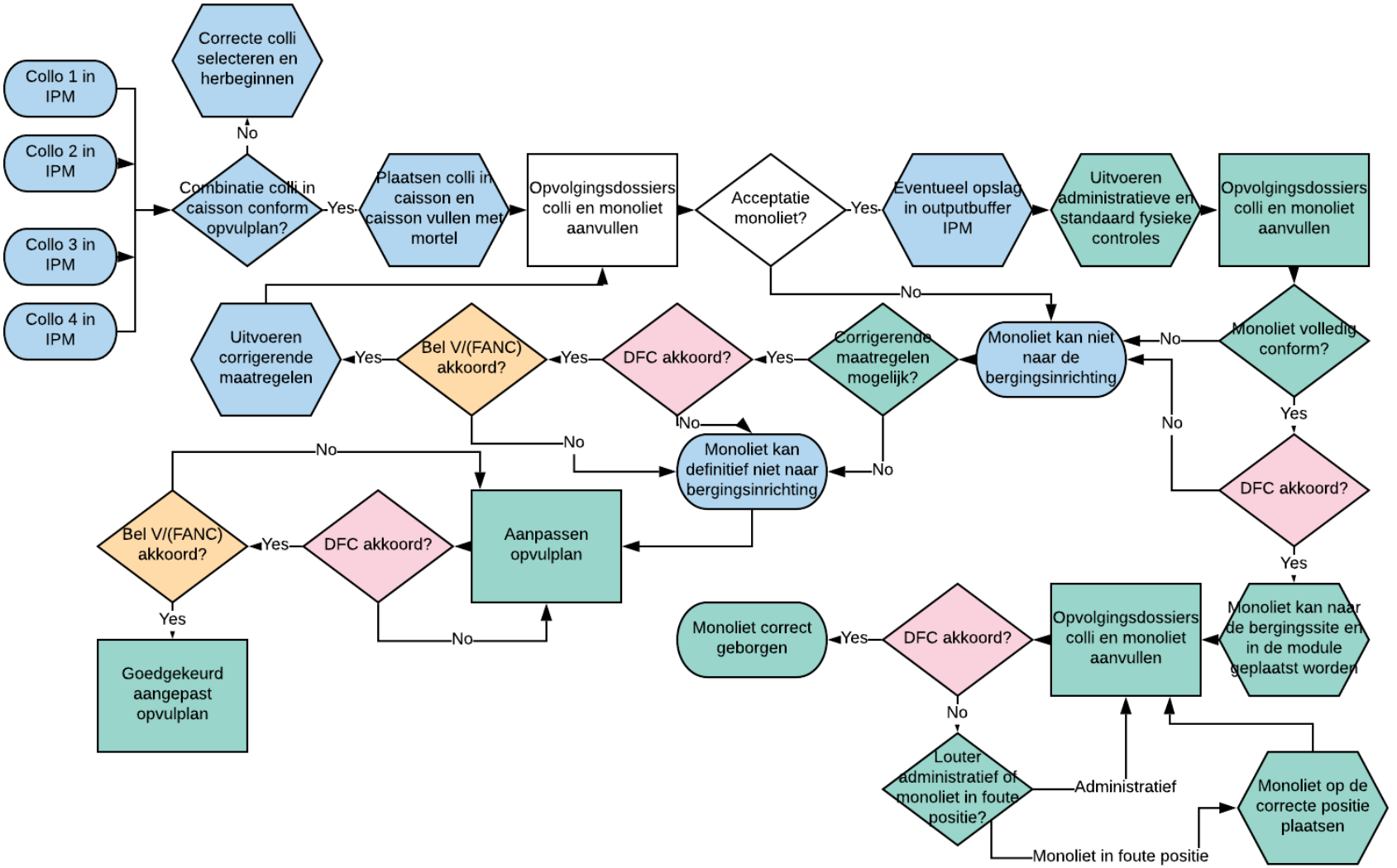
Voor het produceren van type III monolieten, voornamelijk voor ontmantelingsafval, zijn volgende opties open:

1. De monoliet wordt volledig geproduceerd op de site van de afvalproducent.
2. Het ontmantelingsafval wordt in een caisson geladen op de site van de afvalproducent, maar gevuld met opvulmortel op de site van Belgoprocess in IPM.
3. Het ontmantelingsafval wordt in grote bulkcontainers naar Belgoprocess getransporteerd waarna de productie van monolieten volledig op de site van Belgoprocess plaatsvindt.

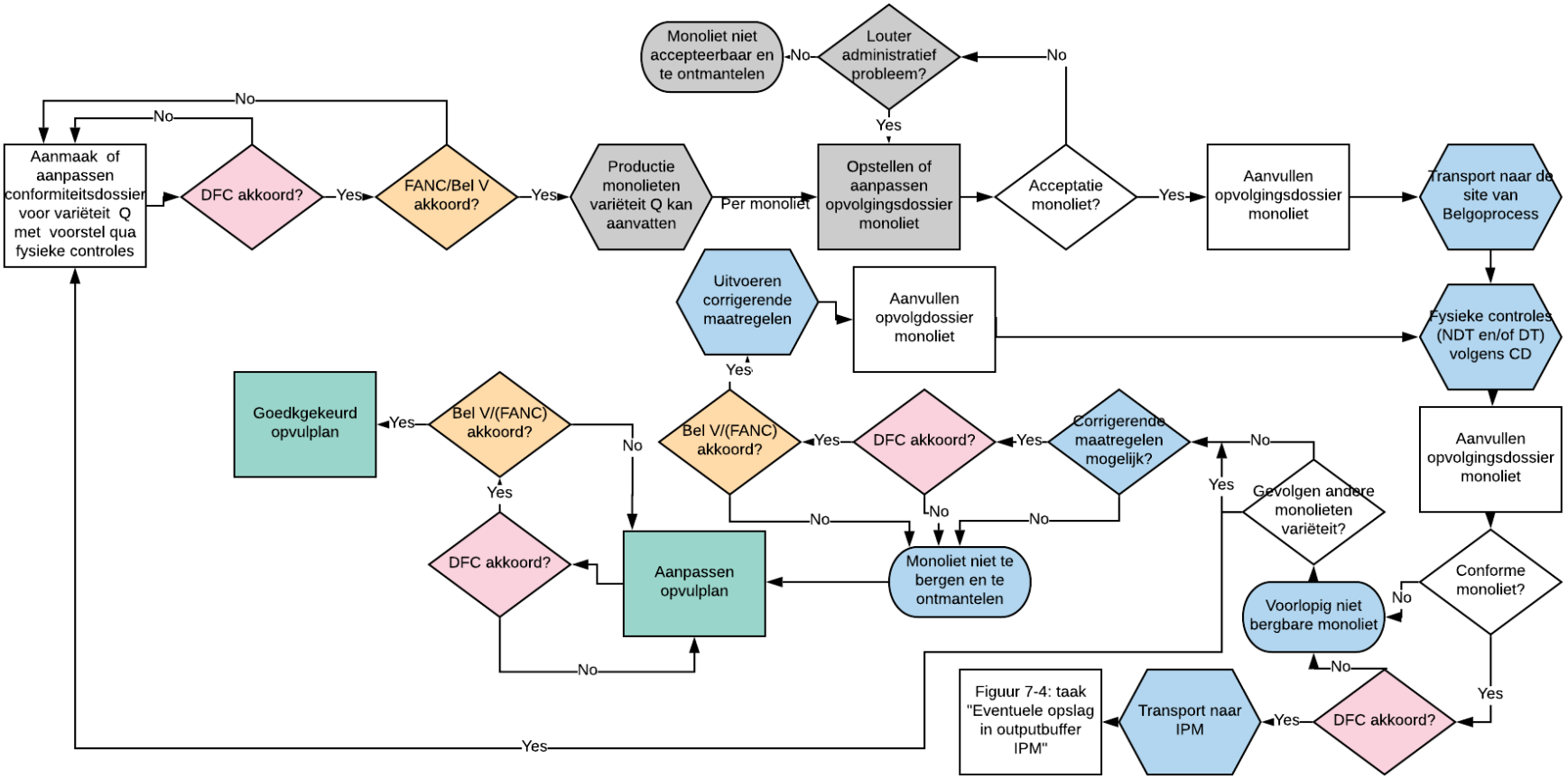
In de hierop volgende procesbeschrijving (zie ook Figuur 7-5) wordt er verondersteld dat de productie van de monolieten zal gebeuren op de site van de afvalproducent. In dit geval kan de productie van monolieten pas beginnen als er voldaan wordt aan drie voorwaarden: (1) de installatie voor de productie van monolieten is erkend door NIRAS-afvalbeheer; en (2) het conformiteitsdossier van de desbetreffende variëteit is goedgekeurd door de DFC van NIRAS en door FANC en Bel V[26]. In dit conformiteitsdossier dient een voorstel tot frequentie van uitvoeren van fysieke controles opgenomen te zijn; en (3) de voorziene monolieten maken deel uit van een goedgekeurd a priori opvulplan.

Wanneer voldaan is aan deze drie voorwaarden, kan er aangevat worden met de productie van monolieten. Per monoliet zal de externe afvalproducent een opvolgingsdossier moeten opstellen. Merk hierbij opnieuw op dat monolieten pas zullen mogen worden geproduceerd nadat de betonnen componenten van de modules waar ze in terecht dienen te komen, gebouwd zijn en de conformiteit van deze bouwwerken met de conformiteitscriteria werd bevestigd. De monoliet zal dan eerst door NIRAS-afvalbeheer geaccepteerd moeten worden, waarna de monoliet getransporteerd zal worden naar de site van Belgoprocess. Hier zullen fysieke controles uitgevoerd worden op basis van de frequentie vastgelegd in het conformiteitsdossier. Indien de monoliet op basis van deze controles conform blijkt te zijn, kan de monoliet naar IPM getransporteerd worden na goedkeuring van de DFC. Vanaf dan is het proces analoog aan het proces in Figuur 7-4 vanaf de fysieke handeling “Eventuele opslag in outputbuffer IPM”.
Indien de monoliet niet conform is, is de monoliet niet bergbaar en moet er gekeken worden of er gevolgen zijn voor andere monolieten van de variëteit. Indien dit het geval is, moet het conformiteitsdossier van de variëteit aangepast worden. Voor een niet bergbare monoliet kan gekeken worden of er corrigerende maatregelen mogelijk zijn. Deze maatregelen kunnen slechts uitgevoerd worden mits goedkeuring door de DFC en in tweede instantie Bel V en eventueel FANC[25]. Indien er geen corrigerende maatregelen mogelijk zijn, kan de monoliet definitief niet in de bergingsinrichting en dient het opvulplan en het conformiteitsdossier aangepast te worden. Na aanpassing dient het opvulplan dan opnieuw goedgekeurd te worden door de DFC. Bel V moet deze aanpassing ook goedkeuren en afhankelijk van de type aanpassing zal ook FANC zijn akkoord moeten geven[24].

[25] Er dient nog aan de hand van procedures vastgelegd in hoeverre het FANC zal tussenkomen in het goedkeuren van het voorstel van corrigerende maatregelen.
[26] Vooraleer het conformiteitsdossier voorgelegd kan worden aan FANC en Bel V dient dit eerst aanvaard te worden door de DFC van NIRAS.



Figuur 7-4: Bergen van een monoliet type I of type II (figuur is voor monoliet met vier 400l colli)
(Figuur opgesteld door FANC en Bel V voor dit verslag)



Figuur 7-5: Productie van monolieten type III (variëteit Q) door externe afvalproducenten in een door NIRAS erkende productie-installatie (Figuur opgesteld door FANC en Bel V voor dit verslag)

7.2.3. Uit te voeren niet-administratieve controles

Zoals beschreven in §7.2.1 en §7.2.2, zullen er in de toekomst meerdere **niet-administratieve controles** moeten uitgevoerd worden, zowel op colli geconditioneerd afval als op monolieten. Hierbij zijn de volgende controles te onderscheiden (zie ook §0.2):

- Aanvullende controles: Bijkomende karakterisatie van een bestaand collo geconditioneerd afval die het mogelijk moet maken om de conformiteit met elk conformiteitscriterium van geconditioneerd afval, zoals gedefinieerd in hoofdstuk 15 van het veiligheidsrapport na te gaan.
- Standaard fysieke controles: Dit betreffen de volgende niet-destructieve controles uit te voeren voor elk collo geconditioneerd afval en elke monoliet: (1) controle identificatie van het collo, (2) visuele controle collo, (3) controle oppervlaktebesmetting collo, (4) gewichtscontrole collo, (5) controle dosisdebiet collo.
- Fysieke controles: Bijkomende destructieve en niet destructieve controles uit te voeren op colli geconditioneerd afval of monolieten, waarbij het aantal te controleren colli per (sub)-afvalfamilie of het aantal te controleren monolieten per variëteit vastgelegd wordt in het conformiteitsdossier van de desbetreffende (sub)-familie of variëteit.

Het uitvoeren van de standaard fysieke controles op monolieten is voorzien in de IPM. Voor het uitvoeren van de andere controles is er momenteel geen specifieke installatie beschikbaar bij Belgoprocess. NIRAS zal hiervoor een installatie dienen te voorzien. FANC en Bel V wijzen op het **prioritair belang dat dient gegeven te worden aan het voorzien van deze installatie, daar ze noodzakelijk zal zijn om de bergbaarheid van het afval te kunnen bevestigen**. Bij het ontwerp van deze installatie dient de mogelijkheid tot verificatie van de verschillende conformiteitscriteria centraal te staan. NIRAS moet zich ervan verzekeren dat er bij het ontwerp ook een optimalisatie van de stralingsbescherming zal gebeuren, in die zin dat zo veel mogelijk hands-off zal moeten kunnen gebeuren teneinde de dosis en risico's voor werknemers zo laag als redelijkerwijze mogelijk te houden. Een installatie die hiervoor geschikt zou kunnen zijn is het geplande ROC (Receptie- en Ontvangst Centrum).

7.2.4. Mogelijkheid van aanpassen van de conformiteitscriteria uit het veiligheidsrapport

De conformiteitscriteria voor de monolieten worden beschreven in hoofdstuk 15 van het veiligheidsrapport en besproken in §10 van dit verslag. **Op basis van de huidige kennis blijken enkele van deze door NIRAS vastgelegde conformiteitscriteria niet haalbaar voor bepaalde colli bestaand afval**. Een typisch voorbeeld hiervan is het criterium voor cellulose, waarvoor in het veiligheidsrapport een maximale waarde van 400 g per monoliet (dus 100 g per 400 l collo) door NIRAS werd voorgesteld. In de bestaande acceptatiecriteria voor geconditioneerd afval wordt momenteel een criterium van 10 kg cellulose per 400 l collo vermeld. Hierdoor zijn vele colli van bestaand, geconditioneerd afval momenteel niet bergingsgeschikt. Indien NIRAS dit bestaand afval bergingsgeschikt wenst te maken zal eerst in een specifieke veiligheidsanalyse de aanvaardbaarheid moeten aangetoond worden, al dan niet met bijkomende ontwerpvereisten of specifieke maatregelen en specifieke conformiteitscriteria voor het afval.

Hierbij dienen aanpassingen van zowel de vergunning als het veiligheidsrapport te gebeuren via het **gebruikelijke wijzigingsproces**, beschreven in artikel 12 van het ARBIS [1], en dit op basis van een wijzigingsdossier (statuutvoorstel door de DFC van de uitbater ter goedkeuring van de veiligheidsautoriteit). Dit houdt in dat de wijziging als Kleine Wijziging (KW), Niet Belangrijke Wijziging (NBW) of Belangrijke Wijziging (BW) zal gecategoriseerd worden. Wanneer een conformiteitscriterium gewijzigd wordt, zal het waarschijnlijk een NBW betreffen. Wanneer de aanpassing van het conformiteitscriterium gepaard gaat met een belangrijke ontwerpswijziging of indien een vereiste uit de vergunning zou worden aangepast, zal dit een BW betreffen.

In het wijzigingsdossier zal een voorstel tot aanpassing van het conformiteitscriterium of meerdere conformiteitscriteria voor één of meerdere (sub)-afvalfamilies en/of variëteiten ondersteund moeten worden door een veiligheidsevaluatie, voor te leggen aan Bel V in het kader van een NBW of aan Bel V

en FANC indien het een BW betreft. **Wanneer het wijzigingsdossier aanvaard is door Bel V of desgevallend ook door FANC, kan het veiligheidsrapport aangepast worden. Hierna kan in de conformiteitsdossiers rekening gehouden worden met de gewijzigde conformiteitscriteria.**

7.3. Beschrijving van de normale uitbating

In §8 kan het standpunt van FANC en Bel V met betrekking tot de operationele stralingsbescherming gevonden worden. In deze paragraaf wordt kort de praktische berging van een monoliet beschreven.
Na het uitvoeren van de nodige controles (zie §7.2), wordt een door de DFC goedgekeurde monoliet in de laadzone van de monolieten (lokaal in IPM) geplaatst in de transporttrolley. Vervolgens wordt deze trolley per spoor, via sturing vanuit de controlekamer in het administratief gebouw van de bergingsinrichting, getransporteerd naar het modulegebouw. In de module wordt, na aankomst van de trolley, de afschermingsplaat, die zich in de module op de plaats bevindt waar de monoliet moet komen, weggenomen met de aanwezige SFP-brug (Single Failure Proof), waarna de monoliet met dezelfde brug op zijn correcte positie wordt geplaatst. Het sturen van de SFP-brug gebeurt hierbij ook vanuit de controlekamer in het administratief gebouw. Nadien wordt de afschermingsplaat teruggeplaatst op de geborgen monoliet.
FANC en Bel V gaan akkoord met de praktisch voorziene normale uitbating. *Voor aspecten met betrekking tot stralingsbescherming wordt er verwezen naar §8.*

7.4. Beoordeling FANC en Bel V van het voorgestelde bergingsproces

FANC en Bel V gaan akkoord met het door NIRAS voorgestelde bergingsproces*. Zoals blijkt uit de schema's in §7.2,* ***voorzien FANC en Bel V het bergingsproces van monolieten grondig op te volgen****.*
FANC en Bel V oordelen ook dat NIRAS de nodige controles voorziet door haar DFC*.*
Bel V en in sommige gevallen FANC zullen hierbij de volgende aspecten minstens dienen te beoordelen:

- *Conformiteitsdossiers en alle aanpassingen aan deze dossiers*
- *Opvulplan en alle aanpassingen aan het opvulplan*
- *Corrigerende maatregelen die NIRAS wenst toe te passen op niet-conforme monolieten ten einde deze conform te maken.*

Verder zal Bel V aan de hand van controle in uitbating ook de praktische uitbating van de bergingsinrichting (zoals kort beschreven in §7.3) opvolgen, met o.a. daarbij de operationele stralingsbescherming (zoals deze aan bod komt in §8).

Een belangrijk aspect in het gehele bergingsproces wordt gevormd door de uit te voeren administratieve en niet-administratieve controles. Zoals aangehaald in §7.2.3 bestaat er op Belgoprocess momenteel ***geen geschikte installatie voor het uitvoeren van niet-administratieve controles*** *op colli. Een installatie die hier in de toekomst geschikt voor zou kunnen zijn is het ROC op site 1 van Belgoprocess****. Zonder het uitvoeren van de nodige niet-administratieve controles mag er voor FANC en Bel V geen enkele monoliet geproduceerd worden.***

In §7.2.2 wordt kort het proces van de productie van monolieten door externe afvalproducenten besproken, inclusief de rol van FANC en Bel V. Een meer gedetailleerd proces zal NIRAS, in overleg met de afvalproducenten, dienen uit te werken. Dit moet gebeuren vooraleer externe afvalproducenten hun eigen monolieten mogen produceren. De vergunningsvoorwaarden zullen ter advies aan de Wetenschappelijke Raad voorgelegd worden tijdens de 2de zitting over dit dossier.

FANC en Bel V stellen voor om in de vergunningsvoorwaarden van de berging op te nemen *dat er* ***maar mag begonnen worden met het uitvoeren van een opvulplan*** *(inclusief de productie van monolieten)* ***nadat de betonnen componenten van de modules waar ze in terecht dienen te komen, gebouwd zijn en de conformiteit van deze bouwwerken met de conformiteitscriteria werd bevestigd****.*

8. Operationele Stralingsbescherming

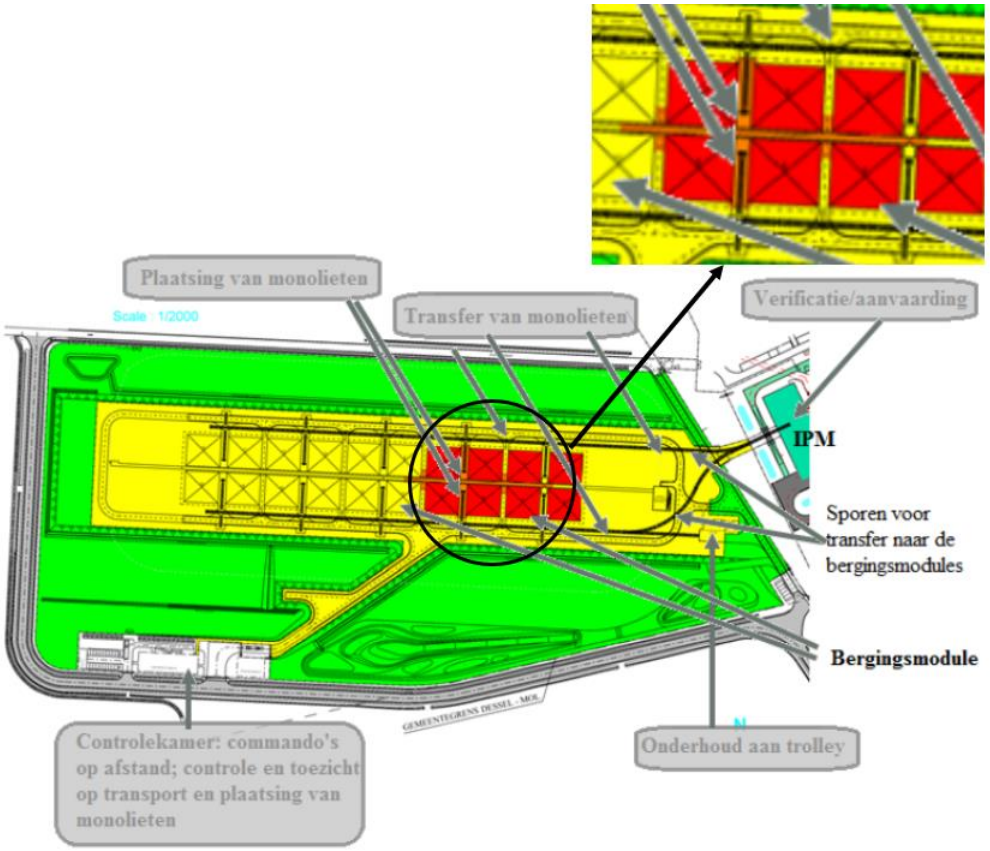
8.1. Organisatie van de stralingsbescherming, zonering en inschatting van de doses

Het ontwerp en de uitbating van de bergingsinrichting houden, op basis van het operationele veiligheidsconcept, rekening met de drie operationele veiligheidsfuncties: afscherming, afzondering en insluiting (zie § 5.6.1). Tijdens de uitbating zijn de dosislimieten en beperkingen zoals beschreven in § 5.3.3 van toepassing.
In normale omstandigheden is uitwendige bestraling de voornaamste radiologische blootstellingsweg van een bergingsinrichting. In deze omstandigheden is er geen besmetting mogelijk. Het ALARA-principe wordt door NIRAS gehanteerd om de radiologische blootstelling te optimaliseren. Naast het plaatsen van verschillende afschermingen rond het afval wordt de uitwendige straling verder beperkt door het toepassen van afstandsbediende processen.
De DFC zal tijdens de uitbating, zoals beschreven in §5.5.2 van dit verslag en conform het ARBIS [1], toezicht houden op het niveau van nucleaire veiligheid en stralingsbescherming. Verder worden door NIRAS, in hoofdstukken 3 en 12 van haar veiligheidsrapport, ook twee bijkomende comités waarin de DFC zetelt, namelijk SAC[27] en PORC[28], besproken. Op basis van de taken en verantwoordelijkheden van deze comités is er een belangrijke overlap met de taken van de DFC.

FANC en Bel V gaan akkoord met het bestaan van deze comités, maar benadrukken wel dat deze comités de opdrachten èn verantwoordelijkheden van de DFC, zoals beschreven in artikel 23 van het ARBIS [1]***, niet mogen beknotten of dilueren****. Voor FANC en Bel V dient voorafgaand aan het bevestigingsbesluit van de oprichtings- en exploitatievergunning van de bergingsinrichting op basis van de procedures duidelijk te zijn dat dit niet het geval zal zijn.*

In Figuur 8-1 kunnen de belangrijkste plaatsen van voorziene activiteiten[29] van de bergingsinrichting gevonden worden alsook de door NIRAS geïdentificeerde zones i.h.k.v. de operationele stralingsbescherming.

[27] SAC (Safety Assessment Committee) is een comité dat o.a. de operationele veiligheid met inbegrip van de stralingsbescherming en de lange termijn veiligheid met inbegrip van de activiteiten in verband met beheer van radioactief afval moet evalueren en aanbevelingen moet formuleren om deze aspecten te verbeteren.
[28] PORC (Plant Operational Committee) heeft als doel om de nodige organisatorische maatregelen te nemen opdat de voorschriften op gebied van veiligheid op de site (nucleair en conventioneel) en stralingsbescherming correct worden toegepast tijdens de exploitatie. Dit comité vervult de rol van ALARA-comité.
[29] Indien tijdens de exploitatie onvoorziene werkzaamheden moeten uitgevoerd worden, zal dit steeds gebeuren via geformaliseerde procedures en met instemming van de DFC waarbij o.a. een risicoanalyse en ALARA-evaluatie zal gebeuren.



Figuur 8-1: Principeplattegrond van de bergingsinrichting met de belangrijkste plaatsen van activiteit (Figuur 12-1 uit het veiligheidsrapport)

Het betreft de volgende **zones**:

- **Vrije zone** (wit), zone die zich buiten de buitenomheining bevindt. Het dosistempo zal het grootste gedeelte van de tijd kleiner zijn dan het gemiddelde dosistempo t.g.v. de bergingsactiviteiten (0,05 µSv/uur). Fluctuaties van het gemiddeld dosistempo kunnen aanleiding geven tot een dosistempo van maximaal 0,6 µSv/uur, wat optreedt bij het bergen van een onafgeschermde monoliet met contactdosistempo van 20 mSv/uur[30]. Op jaarbasis moet de dosis in deze zone kleiner zijn dan 0,1 mSv.
- **Bewaakte zone** (groen), zone die zich tussen binnen- en buitenomheining bevindt. Het gemiddeld dosistempo bedraagt 0,15 µSv/uur met een maximaal dosistempo van 3,5 µSv/uur tijdens het plaatsen van een onafgeschermde monoliet met contactdosistempo van 20 mSv/uur[30]. Op jaarbasis heeft NIRAS bepaald dat de dosis in deze zone kleiner moet zijn dan 6 mSv.
- **Gecontroleerde zone**:
    - Gele zone, zone die wordt omsloten door de binnenomheining, met uitzondering van de opgevulde of in opvulling zijnde modules. Het gemiddelde dosistempo in de gele zone bedraagt 3 µSv/uur en het maximale dosistempo is beperkt tot 25 µSv/uur wanneer er geen transport is doorheen de gele zone. In het geval van transport[31] van een monoliet naar de module kan het dosistempo op 2 meter van de

[30] Hierbij dient opgemerkt te worden dat op basis van de productiegegevens van de colli slechts 1% van de monolieten theoretisch een contactdosistempo van meer dan 15 mSv/uur heeft. *FANC en Bel V verwachten in werkelijkheid nog veel lagere contactdosistempi voor de monolieten.*

[31] Omwille van het ALARA-principe is gekozen voor een transport waarbij de monoliet, die in een transportcontainer geplaatst is, via een spoorsysteem van IPM naar de modules wordt gebracht. Dit transport wordt vanop afstand (vanuit de controlekamer in het administratief gebouw) gestuurd.

transportcontainer oplopen tot 100 µSv/uur bij een monoliet met contactdosistempo van 20 mSv/uur[30].

- Rode zone, dit zijn de opgevulde of in opvulling zijnde modules, waarbij de grens met de gele zone ligt aan de bovenkant van de afschermplaten. Toegang tot deze zone is enkel toegelaten mits voorafgaandelijke toestemming door de DFC die de gepaste maatregelen zal definiëren (onvoorziene werkzaamheid[29]).
- Oranje zone, **tijdelijke zone** in het modulegebouw op het moment van de manipulatie[32] van een monoliet vanuit de transportcontainer naar zijn finale bergingspositie. In deze zone is het maximaal dosistempo beperkt tot 20 mSv/uur wat overeenstemt met het maximale dosistempo op contact met monolieten[30]. Toegang tot deze zone is enkel toegelaten mits voorafgaandelijke toestemming door de DFC die de gepaste maatregelen zal definiëren (onvoorziene werkzaamheid[29]).

De toegangsrestricties tot de verschillende zones zijn volgens FANC en Bel V op een duidelijke manier beschreven in hoofdstuk 12 van het veiligheidsdossier. Hierbij wordt ook aangegeven welke dosimetrie in de verschillende zones noodzakelijk is.

Zoals reeds gemeld in §4.2 zal NIRAS na de constructie van een nog te bepalen aantal modules, beginnen met de exploitatie (vullen met monolieten) van de eerste vier modules terwijl de constructie van bijkomende modules verder zal gaan. Hierbij zullen de nodige voorzorgsmaatregelen genomen worden opdat de bouwzone zal behoren tot de vrije zone (wit).
FANC en Bel V gaan akkoord met de door NIRAS toegepaste zonering van de bergingsinrichting, alsook met de voorgestelde dosimetrie.

NIRAS heeft in haar veiligheidsdossier een **dosisraming** gemaakt tijdens normale uitbatings-omstandigheden. Op basis van het aantal benodigde uren per taak en van de dosistempi in de verschillende zones, werd hierbij de totale dosis per werknemer voor elke taak alsook de dagelijkse dosis per werknemer berekend. In functie van het aantal werknemers per taak werd vervolgens ook de collectieve dosis per taak berekend. Aangezien de frequentie van de verschillende taken kan ingeschat worden, is ten slotte een gemiddelde collectieve dosis per jaar berekend. In Tabel 8-1 kunnen de resultaten van deze dosisramingen gevonden worden.

Maximale individuele dagdosis tijdens het vullen van de modules	20 µSv/dag
Maximale individuele dagdosis bij afdichten modules (eens om de vier jaar)	18 µSv/dag
Jaarlijkse collectieve dosis voor taken die minstens 1 maal per jaar uitgevoerd worden waarbij de frequentie van de taken in rekening wordt gebracht	2 man.mSv
Collectieve dosis voor taken die minder dan 1 maal per jaar uitgevoerd worden (in de veronderstelling dat ze allemaal in 1 jaar uitgevoerd worden)	1,8 man.mSv

Tabel 8-1: Dosisraming tijdens normale uitbatingsomstandigheden (Gebaseerd op hoofdstuk 12 van het veiligheidsrapport van NIRAS)

*Op basis van deze uitgevoerde dosisramingen gaan **FANC en Bel V akkoord met de toegepaste stralingsbescherming tijdens de operationele fase,** mede doordat voor de dosisramingen conservatieve inschattingen worden gehanteerd.*

Om aan de dosisbeperking van 0,1 mSv/jaar voor de leden van het publiek (dit is de witte zone) te kunnen voldoen, wordt door NIRAS ook een **opvulregel** ingevoerd, namelijk dat de som van de dosistempi op contact met monolieten uit één laag binnen een module beperkt moet zijn tot 174 mSv/uur (zie §11). Aan de hand van een zeer conservatieve berekening heeft NIRAS aangetoond dat, wanneer aan deze opvulregel voldaan wordt, een blootstelling van 92,7 µSv/jaar bekomen wordt voor een persoon die gedurende 2000 uren verblijft aan de buitenomheining van de bergingsinrichting (op

[32] In het kader van het ALARA-principe wordt deze manipulatie gestuurd vanuit de controlekamer in het administratief gebouw aan de hand van een telegeleid systeem met de nodige camera's.

65 meter afstand van de modules).
FANC en Bel V gaan akkoord *met de uitgevoerde berekening en bijgevolg ook met het toepassen van deze* ***opvulregel****.*

De dosisinschatting bij abnormale uitbatingsomstandigheden wordt in §9.1 van dit verslag beschreven.

8.2. Beoordeling FANC en Bel V van de operationele stralingsbescherming

In conclusie gaan FANC en Bel V akkoord met de toepassing van de operationele stralingsbescherming door NIRAS. *Voorafgaand aan het bevestigingsbesluit van de oprichtings- en exploitatievergunning van de bergingsinrichting dient NIRAS te bevestigen dat de opdrachten van de DFC (zoals bepaald door het artikel 23 van het ARBIS* [1]*), niet zullen beknot of gedilueerd worden door het bestaan en de werking van de comités SAC en PORC.*

9. Veiligheidsevaluatie

In deze sectie wordt de veiligheidsevaluatie besproken. In §9.1 komt de operationele veiligheid aan bod, in §9.2 de lange termijn veiligheid en in §9.3 de globale risicoanalyse m.b.t. mogelijke wijzigingen van de bestaande gegevenheden. In §9.4 kan het standpunt van FANC en Bel V met betrekking tot de uitgevoerde veiligheidsevaluatie gevonden worden.

9.1. Studies met betrekking tot de operationele veiligheid

In hoofdstuk 13 van het veiligheidsrapport wordt de veiligheidsevaluatie beschreven gedurende de periode dat de bergingsinrichting een inrichting van klasse I is volgens artikel 3 van het ARBIS [1]. Dit hoofdstuk beslaat met andere woorden alle fasen **t.e.m. de Nucleaire Reglementaire Controlefase**. De afwijkende bedrijfsomstandigheden, veroorzaakt door een gebeurtenis van interne of externe oorsprong, worden besproken waarbij telkens een bepaling van de radiologische impact plaatsvindt. Aan de hand van de in de FANC-leidraad [15] beschreven curve, waarin i.f.v. de waarschijnlijkheid van optreden van de gebeurtenis een maximaal toegelaten effectieve dosis is bepaald (zie Figuur 5-1), kan dan de aanvaardbaarheid van de bepaalde radiologische impact worden afgetoetst.

In eerste instantie wordt beschreven hoe NIRAS de gebeurtenissen die mogelijk gevolgen hebben voor de bergingsinstallatie, geïdentificeerd heeft. Hiertoe werden tijdens een vroeg stadium van de ontwerpfase van de bergingsinrichting twee HAZID-oefeningen[33] uitgevoerd. Op basis van deze twee oefeningen werd vervolgens een lijst opgesteld van gebeurtenissen van interne en externe oorsprong die bij het ontwerp beschouwd moeten worden.

Daarna werd op basis van de processchema's een operationele veiligheidsanalyse volgens de SWIFT-methodologie[34] uitgevoerd. NIRAS stelt dat het toepassen van deze methodologie op de processchema's toelaat om afwijkende scenario's ten gevolge van gebeurtenissen te definiëren, waarna vervolgens waarschijnlijkheid en impact worden bepaald. De lijst van gebeurtenissen van interne en externe oorsprong, resulterend uit de HAZID-studies, werd op deze manier aangevuld door de SWIFT-analyse. De lijst van de gebeurtenissen die weerhouden werden, kunnen in Tabel 9-1 en Tabel 9-2 teruggevonden worden.

#	Gebeurtenissen van interne oorsprong
1	Verlies van monitoringsfuncties door wegvallen elektriciteit
2	Defect van een buffertank of van het drainagesysteem
3	Aanwezigheid van waterstof uit batterijen in trolley
4	Vrijgave van waterstof en zuur door batterijen in werkplaatsen of administratieve gebouwen
5	Interne brand veroorzaakt door een voertuig
6	Storing aan de I&C apparatuur (Instrumentation and control)
7	Wegvallen van alarmsignalen
8	Defecte rolbrug tijdens het verplaatsen van een monoliet
9	Waterlek uit drainagesysteem van decontaminatiedouche
10	Elektromagnetische interferentie op de rolbrug, op de trolley en op het I&C netwerk
11	Differentiële zettingen en verzakkingen
12	Kantelen van een monoliet
13	Aanwezigheid van een obstakel (beton, hamer, vogel…) voor het plaatsen van een monoliet

Tabel 9-1: Lijst van gebeurtenissen van interne oorsprong waarvoor NIRAS een analyse heeft uitgevoerd
(Tabel 13-1 van het veiligheidsrapport)

In de volgende stap werd een analyse uitgevoerd van de verschillende gebeurtenissen uit deze twee tabellen, waarbij telkens een beschrijving van de gebeurtenis gegeven werd, de genomen ontwerpmaatregelen beschreven werden en de gevolgen bepaald werden.

[33] HAZID: Hazard Identification Study. Bij de eerste HAZID-analyse werden enkel gebeurtenissen van interne en externe oorsprong bepaald. Bij de tweede HAZID-analyse werd ook een risicobepaling gedaan.
[34] SWIFT: Structured What-If Technique

Bij geen enkel van de gemelde **gebeurtenissen van interne oorsprong** worden er radiologische gevolgen voor het publiek verwacht. Alleen bij de gebeurtenissen (2) 'defect van een buffertank of van het drainagesysteem', (6) 'storing aan de I&C apparatuur (Instrumentation and control)', (8) 'defecte rolbrug tijdens het verplaatsen van een monoliet', (12) 'kantelen van een monoliet' en (13) 'aanwezigheid van een obstakel (beton, hamer, vogel…) voor het plaatsen van een monoliet' worden er voor de werknemers beperkte radiologische gevolgen (< 1 mSv) verwacht.
NIRAS heeft op basis hiervan al deze gebeurtenissen van interne oorsprong gecategoriseerd als incidenten, waarbij de definitie uit het KB houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties [2] gehanteerd wordt: "Een incident (of bedrijfsincident) duidt op een werkingsafwijking vergeleken met de normale werking waarvan wordt verwacht dat ze zich minstens eenmaal tijdens de nuttige levensduur van een installatie voordoet maar die, dank zij de gepaste maatregelen die tijdens het ontwerp getroffen worden, geen significante schade berokkent aan de bestanddelen die belangrijk zijn voor de nucleaire veiligheid of die niet ontaardt in ongevalsomstandigheden."

#	Gebeurtenissen van externe oorsprong
1	Dijkbreuk
2	Bosbrand
3	Vliegtuigcrash
4	Aardbeving
5	Extreme klimaatcondities (extreme temperaturen, hoge winsnelheden en tornado's en sneeuw)
6	Extreme vochtigheid, met inbegrip van mist, vorst en verdamping
7	Rechtstreekse zonnestraling
8	Bliksem
9	Storing van I&C ten gevolge van natuurlijke elektromagnetische interferentie en van interferentie door menselijke activiteiten buiten de site
10	Geotechnische gebeurtenissen
11	Impact van land- en waterplanten en –dieren
12	Stroomonderbrekingen
13	Neerslag, waaronder regen, hagel, sneeuw en ijs (met inbegrip van sneeuwlagen en ijslagen)

Tabel 9-2: Lijst van gebeurtenissen van externe oorsprong waarvoor NIRAS een analyse heeft uitgevoerd
(Tabel 13-2 uit het veiligheidsrapport)

De volgende **gebeurtenissen van externe oorsprong** werden door NIRAS beschouwd in het ontwerp van de bergingsinrichting en werden daarom bestemd als ontwerpbasisvoorvallen: (1) 'dijkbreuk', (2) 'bosbrand', (5) 'extreme klimaatcondities', (11) 'Impact van land- en waterplanten en –dieren'. Dit impliceert dat ze in rekening gebracht werden bij het ontwerp van de bergingsinrichting waardoor er geen radiologische gevolgen verwacht worden.
De gebeurtenissen (6) 'extreme vochtigheid', (7) 'rechtstreekse zonnestraling', (8) 'bliksem', (9) 'storing van I&C ten gevolge van natuurlijke elektromagnetische interferentie en van interferentie door menselijke activiteiten buiten de site', (10) 'geotechnische gebeurtenissen' en (12) 'stroomonderbrekingen' worden door NIRAS als incidenten beschouwd.

Gebeurtenis (13) 'Neerslag, waaronder regen, hagel, sneeuw en ijs' wordt als volgt in rekening gebracht door NIRAS:

- Het vollopen van modules t.g.v. regen is uitgesloten door het ontwerp en is daarom een ontwerpbasisvoorval;
- Beschadiging van de stalen dakstructuur door neerslag kan als gevolg hebben dat de stalen dakstructuur of de rolbrug op de monolieten valt, waarbij de maximale radiologische gevolgen voor de mensen van het publiek aan de rand van de site < 30 µSv zijn en de maximale

radiologische gevolgen voor de werknemers < 0,1 mSv zijn. Dit wordt door NIRAS als een incident beschouwd.

- Kortsluiting in de trolley of het laadstation van de trolley t.g.v. neerslag wordt als een incident beschouwd.
- Een trolley die ontspoort ten gevolge van ijs op het spoor wordt als een incident beschouwd.

Gebeurtenis (3) '**vliegtuigimpact**' wordt door NIRAS als een ongeval beschouwd. Hierbij moet het onderscheid gemaakt worden tussen de operationele periode (t.e.m. de sluiting van de bergingsinrichting) en de Nucleaire Reglementaire Controlefase (fase III).

- Tijdens de operationele fase is leidraad [15] en de bijhorende waarschijnlijkheid-impactcurve van toepassing. Enkel toestellen van algemene luchtvaart of militaire luchtvaart hebben hierbij een waarschijnlijkheid van vallen op de bergingsinrichting > 10^{-7}/jaar. NIRAS beschouwt een militair vliegtuig als een omhullend toestel van de algemene luchtvaart en militaire luchtvaart en heeft dit dan ook gehanteerd voor de bepaling van de radiologische gevolgen:
    - Tijdens fase Ia, wanneer er nog geen afdekking is geplaatst, zijn de **radiologische gevolgen voor de werknemers en publiek < 1 mSv**. De bepaling van deze maximale radiologische impact is gestoeld op OD-172 [66], die voor de berekening volgende veronderstellingen beschouwt:
        - Val van een militair vliegtuig op de bergingsinrichting waarbij 121 monolieten worden vernield;
        - Beschouwing van een kerosinebrand na de inslag;
        - Beschouwing van de meest voorkomende stabiliteitsklasse E2;
        - Beschouwing van droge of regenomstandigheden.

      Voor de droge omstandigheden wordt een maximale radiologische impact op 5 km van de site van 92 µSv bekomen. Bij regenomstandigheden wordt een maximale radiologische impact op 100 m van de modules bepaald van 893 µSv.

      Het FANC en Bel V merken hierbij wel op dat in het veiligheidsrapport foutief een maximale radiologische impact van < 100 µSv wordt vermeld, terwijl dit < 1 mSv dient te zijn.
    - Tijdens fasen Ib en II, wanneer de afdekking wel aanwezig is, zijn er noch voor de werknemers, noch voor het publiek radiologische gevolgen.

  In beide gevallen is de impact laag en wordt dus voldaan aan de criteria van de leidraad [15]**.**
- Tijdens de Nucleaire Reglementaire Controlefase (fase III) mogen externe gebeurtenissen met een menselijke oorsprong niet meer uitgesloten worden in functie van hun waarschijnlijkheid (zie leidraad [9]). Daarom wordt in dit kader de val van een toestel van de burgerluchtvaart beschouwd. De radiologische gevolgen van een dergelijke val voor publiek en werknemers zullen volgens NIRAS in het geval van droge omstandigheden veel kleiner zijn dan 500 µSv. Dit komt doordat, voor de val van een toestel van de burgerluchtvaart op de bergingsinrichting, een maximale radiologische impact van 423 µSv werd bepaald op basis van een berekening met de volgende hypothesen:
    - Val van een toestel van de burgerluchtvaart op de bergingsinrichting zonder het in het beschouwing nemen van de afdekking of de ondoorlatende topplaat. Hierdoor worden 1493 monolieten vernield;
    - Beschouwing van een kerosinebrand na de inslag;
    - Beschouwing van de meest voorkomende stabiliteitsklasse E2;
    - Beschouwing van droge omstandigheden.

  Voor het FANC en Bel V is deze ***uitgevoerde berekening niet relevant*** *voor het hier te beschouwen scenario aangezien de aardafdekking en de ondoorlatende topplaat niet werden beschouwd. Het FANC en Bel V stellen wel dat de uitgevoerde* ***berekening voor het militair vliegtuig in natte en droge omstandigheden tijdens fase Ia omhullend zal zijn aan de berekening van de radiologische gevolgen voor een toestel van de burgerluchtvaart tijdens fase III.***

Gebeurtenis (4) '**aardbeving**' wordt in hoofdstuk 13 als een ontwerpbasisvoorval beschouwd, aangezien aardbevingen gedeeltelijk in rekening gebracht zijn in het ontwerp van de bergingsinrichting waardoor er bij deze aardbevingen (design basis earthquakes) geen radiologische gevolgen zijn voor het publiek of de werknemers.
In het veiligheidsrapport wordt door NIRAS in hoofdstuk 2, in de sectie rond de gelaagde bescherming, ook gekeken naar de radiologische gevolgen bij een aardbeving die zwaarder is dan de beschouwde ontwerpaardbevingen tijdens de operationele fase (waarbij omhullend een waarschijnlijkheid van 10^{-7} per jaar wordt beschouwd). NIRAS stelt hierbij dat de val van een militair vliegtuig op de bergingsinrichting omhullend is voor deze aardbeving. Voor aardbevingen wordt er volgens NIRAS dus voldaan aan de criteria van de leidraad [15].

In conclusie stelt NIRAS dat tijdens de operationele periode het **referentieongeval** de val van een militair vliegtuig op de bergingsinrichting is. Dit ongeval heeft de grootste radiologische gevolgen voor de naburige bevolking (< 1 mSv).

*Het FANC en Bel V vinden dat de **methodologie** van NIRAS voor het **identificeren van de gebeurtenissen van interne en externe oorsprong** op een **onduidelijke en niet traceerbare manier** beschreven is in hoofdstuk 13 van het veiligheidsrapport. Ten gevolge van de gehanteerde methodologie zijn er door NIRAS **gebeurtenissen geïdentificeerd die voor FANC en Bel V helemaal geen initiërende gebeurtenissen zijn** bvb. 'Impact van land- en waterplanten en –dieren', 'Aanwezigheid van waterstof en zuur door batterijen in werkplaatsen of administratieve gebouwen'.*
***Bijkomend kunnen FANC en Bel V op basis van hoofdstuk 13 niet traceren of alle te beschouwen gebeurtenissen afgedekt zijn.** Enkele mogelijke gebeurtenissen die volgens FANC en Bel V niet zijn afgedekt, zijn: 'ontsporen van trolley t.g.v. blokkering van het spoor' of 'val van een monoliet tijdens de manipulatie in de module'.*

***Op basis van de door NIRAS beschouwde gebeurtenissen zijn FANC en Bel V wel van mening dat de radiologische gevolgen van deze en andere mogelijke gebeurtenissen van interne of externe oorsprong afgedekt zijn door het referentieongeval beschouwd door NIRAS.** Het afval zit namelijk steeds ingesloten in monolieten en er is zeer veel mechanische energie nodig om een situatie te creëren waarbij monolieten dusdanig zwaar worden beschadigd (~verpulverd) opdat de radioactiviteit er in significante hoeveelheden zou uit kunnen komen.*

Voor de vliegtuigimpact wordt gevraagd om een meer realistische berekening van de maximale impact van de val van een toestel van de burgerluchtvaart op de bergingsinrichting tijdens de Nucleaire Reglementaire Controlefase uit te voeren, en dit voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad. Zoals hierboven gesteld, is voor FANC en Bel V de berekening van de maximale radiologische impact van een val van een militair vliegtuig tijdens fase Ia, met een maximale radiologische impact < 1 mSv, wel omhullend aan deze meer realistische uit te voeren berekening, maar dus niet representatief genoeg.

*Verder is **in hoofdstuk 13 de uitwerking van de gebeurtenis 'aardbeving' onvoldoende** aangezien de aardbevingen met zeer lage waarschijnlijkheden voor de operationele periode niet worden beschouwd. Omdat NIRAS in hoofdstuk 2 van het veiligheidsrapport kort argumenteert dat de gevolgen van zulke aardbevingen omhuld worden door deze van de val van een militair vliegtuig, stellen het FANC en Bel V wel dat de **radiologische gevolgen van deze gebeurtenis aanvaardbaar** zijn.*

Meerdere gebeurtenissen zijn door NIRAS als incident gecategoriseerd volgens [2]*, wat moeilijk te begrijpen is, aangezien dit impliceert dat er verwacht wordt dat deze gebeurtenissen zich dan minstens eenmaal tijdens de nuttige levensduur van een installatie zouden voordoen. Enkele voorbeelden hiervan zijn: 'waterlek uit het drainagesysteem van de decontaminatiedouche', 'Interne brand veroorzaakt door een voertuig'.*

Concluderend stellen FANC en Bel V dat er op basis van de door NIRAS uitgevoerde operationele veiligheidsevaluatie ***geen onderschatting is van de radiologische gevolgen t.g.v. gebeurtenissen van interne of externe oorsprong.*** *FANC en Bel V gaan akkoord dat* ***vliegtuigval tijdens fase Ia*** *als* ***omhullende gebeurtenis/referentieongeval*** *wordt beschouwd voor deze gevolgen.*

Gegeven bovenstaande fundamentele opmerkingen aangaande het hoofdstuk, vragen FANC en Bel V wel dat NIRAS voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad een ontwerp van hoofdstuk operationele veiligheid (hoofdstuk 13) opstelt, waarin op een systematische manier de operationele veiligheid wordt geanalyseerd, zoals FANC en Bel V verwachten van een klasse I exploitant (artikel 3 van het KB houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties [2]*).*
In dit ontwerp van hoofdstuk dient NIRAS:

- *De oefening van de identificatie van gebeurtenissen te hermaken waarbij op een traceerbare en eenduidige manier beschreven wordt hoe dit is gebeurd;*
- *Per gebeurtenis, volgens de FANC-leidraden* [9]*,* [14] *en* [15]*, de radiologische en andere*[35] *gevolgen te bepalen, waarbij de categorisatie van de gebeurtenissen als incident of ongeval logisch dient verklaard te worden. Hierbij dienen ook de eventuele gevolgen op lange termijn mee in beschouwing te worden genomen.*
- *De aanvaardbaarheid van de gevolgen/impact te argumenteren voor elke gebeurtenis, alsook de (ontwerp)maatregelen die genomen werden om de (potentiële) impact te milderen.*

Bij de bevestiging van de vergunning zal dit ontwerp hoofdstuk het huidige hoofdstuk 13 dan vervangen.

Specifiek voor de val van een toestel van de burgerluchtvaart tijdens de Nucleaire Reglementaire Controlefase zal hierbij een nieuwe, meer realistische bepaling van de maximale impact voor personen van het publiek dienen te gebeuren. Hierbij dient zowel met droge als natte omstandigheden rekening gehouden te worden.

[35] Zoals impact op SSC's belangrijk voor de lange termijn.

9.2. Studies met betrekking tot de lange termijn veiligheid

De lange termijn veiligheidsevaluatie van de berging wordt beschreven in hoofdstuk 14 van het veiligheidsrapport van NIRAS. In §9.2.1 wordt de door NIRAS gehanteerde methodologie besproken. In §9.2.2 t.e.m. §9.2.8 kan vervolgens de uitwerking van deze methodologie gevonden worden. In §9.2.9 wordt dieper ingegaan op de kwaliteitscontrole van de rekenmethodes en programma's.

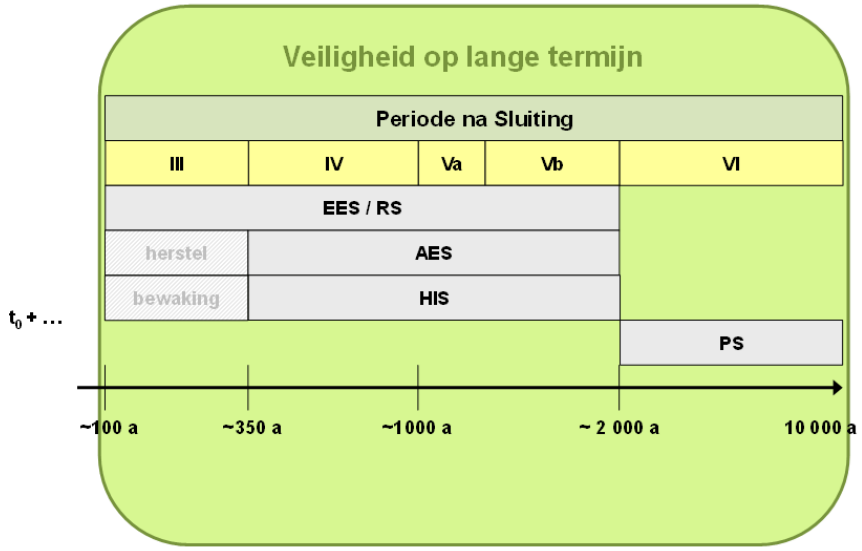
9.2.1. Methodologie van de lange termijn veiligheidsevaluatie

De methodologie van de lange termijn veiligheidsevaluatie is, zoals beschreven in §5.5.3, deels gebaseerd op de internationale ISAM-methodologie [67]. Deze evaluatie beslaat de volgende drie aspecten: (1) veiligheidsanalyses, (2) performantieanalyses en (3) kwalitatieve bewijzen en argumenten.

De veiligheidsanalyse omvat berekeningen van de radiologische impact en/of het radiologisch risico, alsook gevoeligheids- en onzekerheidsanalyses. Daartoe worden een aantal scenario's gedefinieerd die de evolutie en/of verstoring van de berging doorheen de tijd voorstellen. In lijn met artikel 43.2 van de FANC-nota [5] en met de leidraden RPC-LT [13] en "Menselijke intrusie" [8] worden hierbij de volgende scenario's beschouwd:

- Scenario's voor de verwachte evolutie van het bergingssysteem. Hierbij wordt enerzijds een best estimate scenario (**Expected Evolution Scenario – EES**) en anderzijds een omhullend scenario qua effecten van onzekerheden (**Referentiescenario – RS**) beschouwd (zie §9.2.2).
- Scenario's die representatief en omhullend zijn voor niet verwachte, maar mogelijke evoluties van het bergingssysteem. Dit zijn scenario's waarbij bijvoorbeeld gebeurtenissen optreden die de verwachte evolutie van de berging verstoren. Dit zijn de **Alternatieve evolutiescenario's (AES)** (zie §9.2.3).
- Scenario's die omhullend zijn voor onopzettelijke, menselijke intrusie die in de berging zou plaatsvinden nadat deze werd ontheven van nucleaire reglementaire controle. Dit zijn de **Human Intrusion Scenarios (HIS)** (zie §9.2.4);
- **Penaliserende scenario's (PS)**, die bedoeld zijn om de evolutie van het bergingssysteem op een omhullende wijze voor te stellen wanneer de performantie niet meer op een betrouwbare manier kan ingeschat worden. Het startpunt van deze scenario's wordt door de NIRAS op ~2000 jaar gekozen (zie §9.2.5).

In Figuur 9-1 wordt een overzicht van de beschouwde scenario's, tijdens de verschillende tijdsvakken voor de evaluatie van de veiligheid op lange termijn, gegeven. Deze tijdsvakken worden gerechtvaardigd voor de verschillende scenario's in de onderstaande paragrafen. Het is wel belangrijk op te merken dat de door NIRAS beschouwde evaluatieperiode eindigt 10.000 jaar na de start van de constructie, wat in §9.2.5 ook gerechtvaardigd wordt.



Figuur 9-1: Beschouwde scenario's tijdens de verschillende tijdvakken voor de evaluatie van de veiligheid op lange termijn
(Gebaseerd op Figuur 1-10 van het veiligheidsrapport)

De radiologische bronterm en de afgeleide operationele limieten (OLi), die in rekening dienen gebracht te worden bij de lange termijn veiligheidsevaluatie, worden besproken in §11 van dit verslag.
De beschouwde dosis en risico-indicatoren voor deze verschillende scenario's voor personen van het publiek worden besproken in §5.3.3.2 van dit verslag.

Daarnaast wordt in de veiligheidsevaluatie (voor het Referentiescenario of RS) ook gekeken naar niet-menselijke biota (fauna en flora). Hiertoe worden de mogelijke effecten van het bergingssysteem op populaties binnen de lokale ecosystemen geschat op basis van een risicoquotiënt, gedefinieerd als de verhouding van geschat dosistempo $PEDR_0$ [Gy/h] ten opzichte van de referentiewaarde van het dosistempo waaronder geen potentiële effecten verwacht worden op populaties van niet-menselijke biota. Deze referentiewaarde wordt voor alle types niet-menselijke biota conservatief vastgelegd op 10 µGy/h. Wanneer het risicoquotiënt voor alle populaties kleiner is dan één, zijn niet-menselijke biota voldoende beschermd en kan gesteld worden dat het bergingssysteem geen nefaste invloed zal hebben op de soortenrijkdom van fauna en flora conform met de leidraad "Biosfeer" [12].

FANC en Bel V gaan akkoord met de voorgestelde aanpak *aan de hand van een risicoquotiënt voor niet-menselijke biota. Er wordt opgemerkt dat er geen kwantitatieve reglementaire criteria zijn met betrekking tot de niet-menselijke biota.*

De performantieanalyse geeft inzicht in hoeverre de verschillende SSC's en het bergingssysteem in zijn geheel bijdragen tot de insluiting en afzondering, en hoe robuust het bergingssysteem is indien gebeurtenissen en processen de verwachte evolutie verstoren. Dit wordt besproken in §9.2.7 van dit verslag.

Ten slotte worden ter aanvulling van de brede waaier aan argumenten gebaseerd op kwantitatieve analyses ook zuiver kwalitatieve bewijzen en argumenten toegevoegd waardoor het vertrouwen in de veiligheid van de berging kan worden aangetoond (zie §9.2.8). Deze ondersteunen ook de resultaten van de kwantitatieve evaluatie.

FANC en Bel V gaan akkoord met de algemene door NIRAS voorgestelde methodologie. *Het standpunt omtrent de uitwerking van de verschillende scenario's kan in onderstaande paragrafen gevonden worden.*

9.2.2. Scenario's van de verwachte evolutie

De eerste stap in de ontwikkeling van een scenario van verwachte evolutie, is het beschrijven van de fenomenologisch verwachte evolutie (zie §9.2.2.1). Vervolgens heeft NIRAS het verwachte evolutiescenario (**EES**) ontwikkeld dat tot doel heeft om in de mate van het mogelijke een representatieve voorstelling te vormen van de fenomenologisch verwachte evolutie en dit over de relevante tijdschalen tot ~2000 jaar (het startpunt van het penaliserend scenario, zie §9.2.5). Het scenario start na het sluiten van de bergingsinstallaties. De ontwikkeling van het EES-model, waarbij ook de effectieve dosis wordt bepaald, komt aan bod in §9.2.2.3 nadat in §9.2.2.2 het scenario wordt beschreven. De resulterende radiologische impact van dit EES-model wordt besproken in §9.2.2.4. Na bepaling van de voor de veiligheid relevante onzekerheden, worden er vervolgens een gevoeligheids- en onzekerheidsanalyse uitgevoerd (zie §9.2.2.5). In functie hiervan wordt ten slotte het referentiescenario (**RS**) gedefinieerd zodat de impact van dit RS omhullend is aan alle onzekerheden beschouwd in de onzekerheidsanalyse (zie §9.2.2.6). Dit referentiescenario wordt gebruikt om aan te tonen dat de radiologische impact de criteria respecteert.

9.2.2.1. Beschrijving van de fenomenologisch verwachte evolutie

De beschrijving van de fenomenologisch verwachte evolutie is te koppelen aan de tijdvakken in Figuur 9-1. Het voldoen van de installaties aan de conformiteitscriteria voor de verschillende SSC's, zoals afgeleid in §5.5.1, wordt in rekening gebracht bij deze fenomenologische beschrijving. Deze veronderstelling is noodzakelijk om bepaalde fysicochemische degradatieprocessen uit te kunnen sluiten van de verwachte evolutie.

De fenomenologisch verwachte evolutie van de tumuli wordt in belangrijke mate bepaald door de **afdekking** en **ondoorlatende topplaat**. Deze zijn immers **zo ontworpen dat ze elke insijpeling van water gedurende minstens 1000 jaar moeten vermijden**. De aanwezigheid van de afdekking legt verder ook ingegraven omstandigheden op aan de onderliggende componenten, waardoor carbonatatie, dat het belangrijkste degradatieproces is van de onderliggende betonbarrières, bijna tot stilstand zal komen. Een andere cruciale veronderstelling die door NIRAS gemaakt wordt is dat **de modules niet van binnenuit kunnen degraderen ten gevolge van fysicochemische processen waarvan de degradatie van de afvalvorm de initiële oorzaak is**. Ten einde dit te realiseren heeft NIRAS strenge chemische en fysische conformiteitscriteria opgelegd aan de monolieten en het afval dat erin vervat zit (zie §10).

Hierdoor wordt verwacht dat de fysieke integriteit van de modules en monolieten behouden blijft gedurende ~1000 jaar. Er wordt dus geen actieve corrosie van de wapening en vorming van een netwerk van doorgaande scheuren verwacht. Gedurende deze periode zou het transport van radionucliden in de monolieten bijgevolg overwegend diffusiegedomineerd verlopen.

Vanaf ~1000 jaar wordt verwacht dat door degradatie van de afdekking (erosie, aardbevingen) de ondoorlatende topplaat, modulewanden en monolieten lokaal worden blootgesteld aan atmosferische omstandigheden, waardoor carbonatatie en vries/dooi cycli geleidelijk aan tot lokale degradatie[36] van deze betonnen componenten kan leiden waardoor waterinsijpeling in de modules niet langer voorkomen kan worden. Vanaf dit moment zijn doorgaande scheuren doorheen het bergingssysteem niet langer uitgesloten. Deze netwerken van doorgaande scheuren zouden preferentiële wegen vormen waarlangs radionucliden sneller uit de monoliet kunnen uitlogen. Het transport in het bergingssysteem zou naar verwachting advectiegedomineerd verlopen, met uitzondering van de betonmatrices met een lage doorlatendheid waarin radionucliden voor 1000 jaar al aanwezig waren. In deze componenten wordt een diffusiegedomineerd transport verwacht.

[36] Er worden door NIRAS geen verwachte processen of gebeurtenissen geïdentificeerd die zouden resulteren in een plotse, grootschalige blootstelling van de ondoorlatende topplaat en de modules.

In bovenstaand evolutionair pad wordt er verondersteld dat alle kunstmatige barrières effectief blijven en zich gedragen in overeenstemming met hun beoogde performantie. Lokale afwijkingen van de beoogde performantie zijn echter niet uitgesloten.

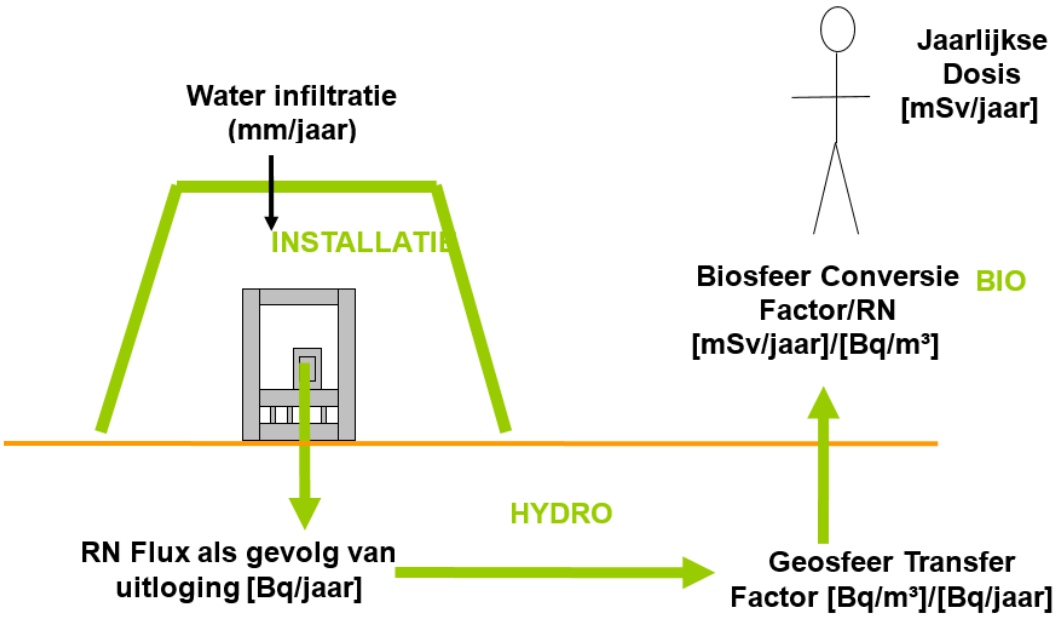
9.2.2.2. Beschrijving van het verwachte evolutiescenario (EES)

De in het EES beschouwde evolutie van het bergingssysteem is gestoeld op de fenomenologisch verwachte evolutie en de verwachte trajecten van waterstroming en radionuclidentransport, zoals besproken in §5.6.2.1 en §9.2.2.1 van dit verslag. In het EES wordt de geometrie van de verschillende SSC's conform het ontwerp ondersteld. In dit scenario dient dan ook een onderscheid gemaakt te worden tussen type I/II monolieten, waarin afval geconditioneerd is in primaire afvalcolli, en type III monolieten met bulkafval geconditioneerd in caissons. Hierbij is het aantal monolieten van elk type in lijn met de huidig verwachte bronterm.
NIRAS brengt ook in rekening dat lokale afwijkingen van de beoogde performantie niet uitgesloten kunnen worden. Hiertoe laat NIRAS voor een fractie modules de degradatie aanvatten vanaf 650 jaar i.p.v. vanaf 1000 jaar zoals beschreven in §9.2.2.1
Aangezien er in de verwachte evolutie geen processen of gebeurtenissen geïdentificeerd worden die een abrupte degradatie in dit tijdvak zouden kunnen veroorzaken, wordt de degradatie van (de verschillende delen van) het bergingssysteem binnen de evolutionaire paden gespreid over een periode van enkele honderden jaren.
Er wordt verondersteld dat de uit de berging geloogde radionucliden in de aquifer onder de installatie terecht komen, vanwaar deze nucliden verder getransporteerd zullen worden naar een biosfeerreceptor. NIRAS beschouwt hierbij de drie voornaamste biosfeerreceptoren: een waterput, een rivier en kwelgebieden.
Voor deze biosfeerreceptoren wordt vervolgens de verdere verspreiding beschouwd van de radiologische contaminatie waaraan representatieve personen van het publiek blootgesteld worden. De verdere verspreiding kan al dan niet door menselijke tussenkomst (via bv. irrigatie met besmet water op velden) gebeuren.

9.2.2.3. Ontwikkeling van de modellering van het verwachte evolutiescenario (EES)

De modellering geassocieerd met het EES kan in drie stappen worden opgesplitst (zie Figuur 9-2 voor een schematische voorstelling):

1. Installatiemodel waarmee de waterstroming en het radionuclidentransport doorheen het bergingssysteem wordt berekend. In de evaluatie van de radiologische impact is de resulterende indicator een activiteitsflux $Flux_{NF,i}$ [Bq/jaar] van radionuclide i uit het bergingssysteem naar het grondwater.
2. Hydrogeologische en transport modellen waarmee de grondwaterstroming en het transport van radionucliden in het grondwater wordt berekend. De primaire output is de 'GeoTransferFactor' (GTF), die de verhouding weergeeft van de radionucliden-concentratie [Bq/m³] in een biosfeerreceptor (waterput, kwelgebieden) tot de flux uit het bergingssysteem naar het grondwater [Bq/jaar];
3. Biosfeermodel, waarmee de impact op een representatieve persoon [mSv/jaar] wordt berekend op basis van de radionuclidespecifieke 'BiosfeerConvertieFactoren' (BCF_i) voor de voornaamste biosfeerreceptoren. NIRAS beschouwt hierbij de volgende receptoren: waterput, kwelgebieden en rivier.



Figuur 9-2: Schematische voorstelling van de drie componenten van de modellering van meerdere scenario's waaronder het EES
(Figuur opgesteld door FANC en Bel V voor dit verslag)

Samenvattend wordt de globale jaarlijkse effectieve dosis voor de representatieve persoon als volgt bepaald (hierbij wordt gesommeerd over alle betrokken radionucliden i):

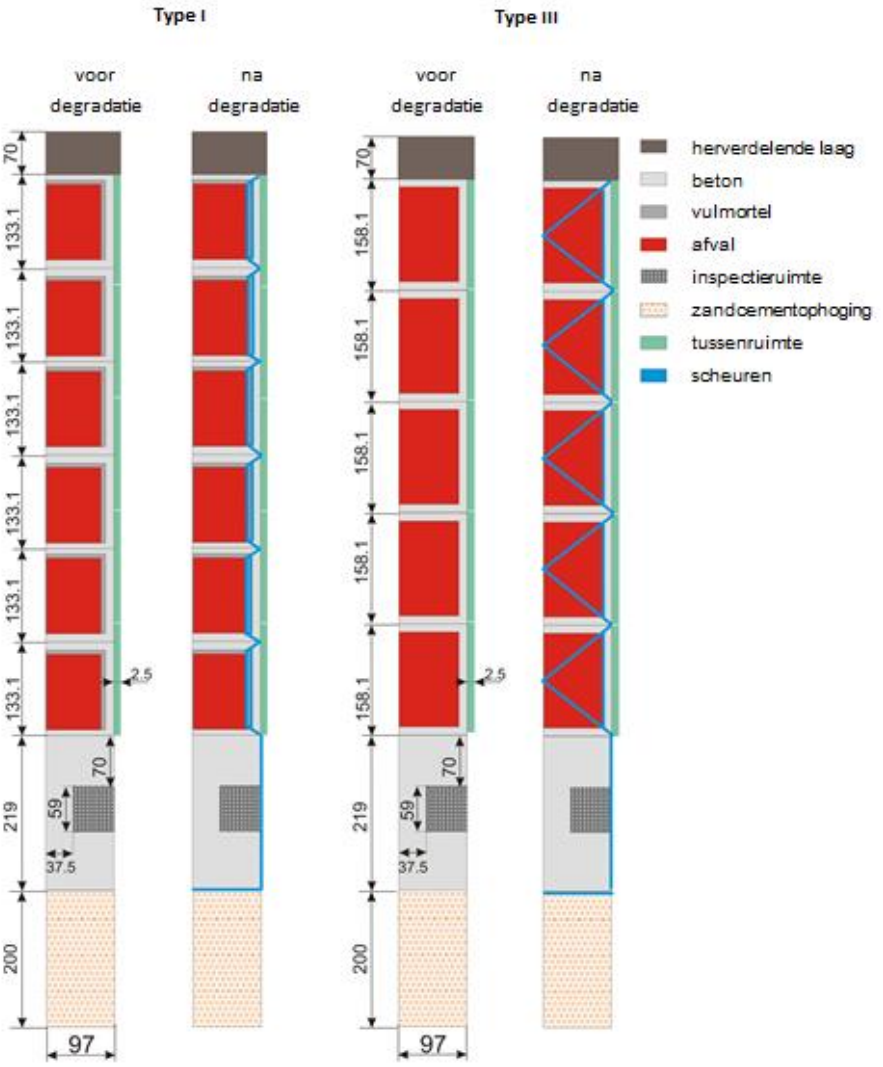
$$E(t) = \sum_i Flux_{NF,i}(t) \times GTF \times BCF_i$$

Hieronder wordt kort per stap toegelicht hoe het EES-model door NIRAS ontwikkeld wordt, waarbij ook FANC en Bel V hun standpunten omtrent de aanpak vermelden.

9.2.2.3.1. Installatiemodel

In lijn met de beschrijving van het EES scenario, is het EES installatiemodel zoveel mogelijk gestoeld op de fenomenologisch verwachte evolutie (zie §9.2.2.1). De lokale afwijkingen van de beoogde performantie worden gemodelleerd door voor een kwart van de modules de degradatie te laten aanvatten vanaf 650 jaar i.p.v. vanaf 1000 jaar zoals beschreven. De overige modules degraderen vanaf 1000 jaar. Op het startmoment van de degradatie ontstaat er onmiddellijk een netwerk van doorgaande scheuren (zie Figuur 9-3), maar de waterinfiltratie neemt gradueel gedurende enkele honderden jaren toe tot een maximale waarde van 480 mm/jaar[37]. In het installatiemodel zijn door NIRAS zowel stapels met type I als met type III monolieten opgenomen, waarbij de verhouding tussen beiden afgeleid is op basis van de verwachte bronterm. In Figuur 9-3 wordt de schematische opbouw van de EES-installatiemodellen van NIRAS gegeven.

[37] Deze maximale waarde werd bepaald op basis van het hoge CCI-HYDR klimaatscenario [78] met een heidebegroeiing aanwezig op de afdekking. NIRAS toont in haar veiligheidsdossier aan dat in termen van globale impact de keuze van het hoge CCI-HYDR-klimaatscenario en heidebegroeiing omhullend is t.o.v. de onzekerheden op mogelijke klimaatomstandigheden voor de komende eeuwen en de types begroeiingen op de afdekking.



Figuur 9-3: Opbouw van de EES-installatiemodellen.
(Figuur 14-36 uit het veiligheidsrapport)

Zoals blijkt uit Figuur 9-3 zijn de installatiemodellen tweedimensionaal en bestaan ze in verticale richting uit een stapel monolieten, de modulebasis met opgevulde inspectieruimte en de zandcementophoging. In horizontale richting bestaan de installatiemodellen uit een halve monoliet en aangrenzend aan de caissonwand de helft van de tussenruimte tussen de monolietstapels. De afdekking en ondoorlatende topplaat zijn niet rechtstreeks opgenomen in de installatiemodellen, maar worden wel als randvoorwaarde, namelijk waterinsijpeling in het systeem, opgelegd.
Bovenstaand installatiemodel werd vervolgens door het SCK, in opdracht van NIRAS, geïmplementeerd in de computercode “COMSOL” [68], [69] (zie ook §9.2.9).

FANC en Bel V gaan akkoord dat bovenstaande installatiemodellen voldoende representatief zijn voor het EES-scenario *om gehanteerd te kunnen worden* ***bij het uitvoeren van een radiologische impactbepaling en voor het uitvoeren van onzekerheidsanalyses****. Aangezien de modellering van de modulebasis niet volledig representatief is voor het huidig ontwerp van de bergingsinrichting en de fenomenologisch verwachte evolutie, menen FANC en Bel V wel dat* ***het huidige model niet gehanteerd kan worden voor performantieberekeningen op het gebied van insluiting.*** *Meer informatie hieromtrent staat in §9.2.7.*

9.2.2.3.2. Hydrogeologisch model en transportmodel

Voor de berekening van de geotransferfactor (GTF) (dilutie in de aquifer) maken de transportmodellen, geïmplementeerd in MT3DMS [70], gebruik van een ondersteunend lokaal grondwatermodel, geïmplementeerd in MODFLOW-2005 [71]. Dit lokale grondwatermodel is voor zijn randvoorwaarden gedeeltelijk op een MODFLOW-2005 geïmplementeerd regionaal model (zie ook §9.2.9). De voornaamste hypothesen van het lokaal grondwatermodel zijn:

- Voeding van het grondwater is afkomstig van infiltratie van regenwater;
- Interactie tussen grondwater en oppervlaktewateren is beperkt tot drainage;
- Het kanaal Bocholt-Herentals is niet langer aanwezig.

Hierbij wordt de laatste hypothese bewust conservatief gekozen, rekening houdend met toekomstige evoluties en verstoringen van de hydrogeologische omstandigheden.
Verder wordt er in de transportmodellen geen sorptie van radionucliden in de aquifer beschouwd.

Zoals reeds gemeld beschouwt NIRAS drie biosfeerreceptoren:

1. Waterput aan de voet van de tumulus, op de plaats waar de hoogste concentratie wordt berekend;
2. Rivier de Kleine Nete waarbij wordt aangenomen dat de fractie van de flux uit het bergingssysteem ($Flux_{NF,i}$) die uiteindelijk in de Kleine Nete terechtkomt gelijk is aan 1. Voor deze receptor wordt dus abstractie gemaakt van het hydrogeologisch systeem.
3. Kwelgebied dat beschouwd wordt op de locatie met de hoogst berekende concentratie op plaatsen met ondiep grondwater binnen de contaminatiepluim.

Om de geotransferfactoren (GTF) voor de waterput en de kwelgebieden te bepalen, wordt in eerste instantie het lokaal grondwatermodel gehanteerd om de huidige situatie te modelleren. Daarna worden aan dit model de toekomstige aspecten toegevoegd, namelijk het feit dat het kanaal Bocholt-Herentals afwezig is en het beschouwen van het hoge CCI-HYDR klimaatscenario[37]. Dit resulteert in een GTF van 1.7 x 10^{-5} Bq/m³ per Bq/jaar voor de waterput aan de voet van de oostelijke tumulus en een GTF van 4.7 x 10^{-9} Bq/m³ per Bq/jaar voor de kwelgebieden. Deze parameters worden verder gehanteerd in de lange termijn veiligheidsevaluatie.

*FANC en Bel V **gaan akkoord met de gehanteerde GTF voor een waterput aan de voet van de oostelijke tumulus.** Dit omdat de stroomsnelheid en stroomrichting die door het gehanteerde hydrogeologisch model berekend worden door de werkelijke stroomsnelheid en stroomrichting naar deze hypothetische waterput bevestigd worden.*
*Voor de westelijke tumulus dient NIRAS de actuele hydrogeologische situatie nog te bevestigen aan de hand van terreinmetingen, waarna ze een geschikt hydrogeologisch model zal moeten opstellen. **De GTF voor de westelijke tumulus kan momenteel dan ook nog niet bepaald worden.** Er kunnen dan ook **nog geen Operationele limieten of OLi voor de westelijke tumulus vastgelegd worden** (zie §11).*

*Om de GTF voor de kwelgebieden te bepalen werd het hydrogeologische model onvoldoende gevalideerd t.o.v. de werkelijke situatie, waardoor het conservatisme van de identificatie van de kwelgebieden en van de gesimuleerde radionuclide concentraties in deze kwelgebieden niet bevestigd kan worden. **De GTF van de kwelgebieden is momenteel dan ook niet bevestigd.** Zoals blijkt uit §9.2.2.4 en Figuur 9-4 is de waterput aan de voet van de oostelijke tumulus met een marge van meerdere grootteordes de meest beperkende biosfeerreceptor. Hierdoor zijn FANC en Bel V van mening dat de radiologische impact niet onderschat kan worden t.g.v. de niet bevestigde GTF voor de kwelgebieden. Aangezien NIRAS toch een nieuw hydrogeologisch model dient op te stellen, vragen FANC en Bel V dat dit model ook gevalideerd wordt t.o.v. de identificatie van de kwelgebieden in de omgeving van de bergingssite en de dilutie in het bovenste deel van de aquifer. Op basis hiervan dient NIRAS het conservatisme van de GTF voor de kwelgebieden te bevestigen, rekening houdend met de mogelijke evoluties van de hydrogeologie. **Hoewel het nieuwe hydrogeologische model tot een hogere GTF voor de kwelgebieden zou kunnen leiden, verwachten het FANC en Bel V niet dat deze receptor dominant zou kunnen worden.***

9.2.2.3.3. Biosfeermodellen

Voor de drie beschouwde biosfeerreceptoren wordt een vereenvoudigde benadering toegepast (referentiebiosfeer) waarbij verzekerd wordt dat deze vereenvoudiging niet zou kunnen leiden tot een onderschatting van de radiologische impact. De belangrijkste hypothesen die hierbij in rekening gebracht worden, zijn:

- De menselijke gewoonten die gebaseerd zijn op de huidige gedragingen;
- De representatieve personen die behoren tot een in zichzelf voorzienende landbouw-gemeenschap (volwassenen, kinderen, jonge kinderen) die noch voedsel noch water betrekt van regio's buiten het gebied waar de hoogste radiologische effecten kunnen verwacht worden;
- Blootstelling die optreedt door externe bestraling, ingestie en inhalatie.

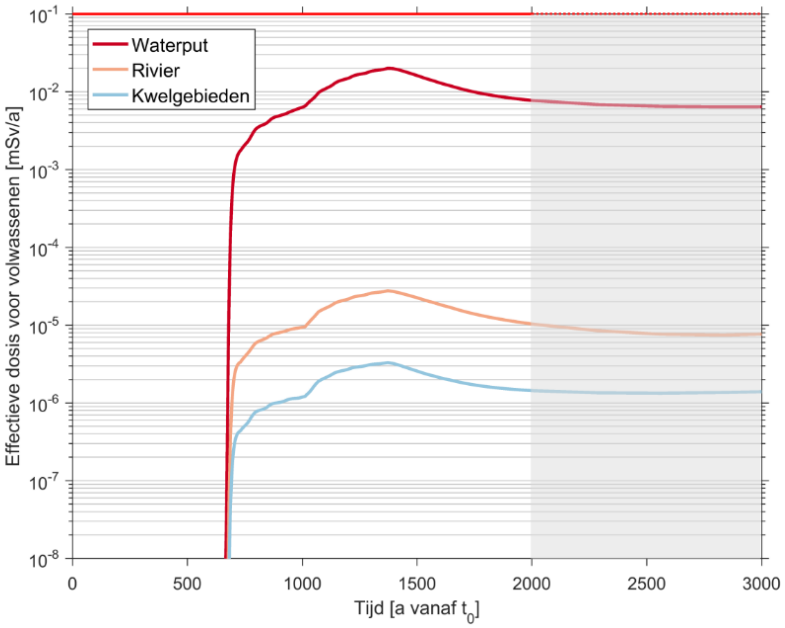
Om de BCF's te bepalen worden voor de verschillende parameters hierbij beste schattingswaarden aangewend, met uitzondering van de parameters gerelateerd aan de heersende klimaatcondities, waarvoor het hoge CCI-HYDR klimaatscenario wordt beschouwd.

*Het FANC en Bel V gaan **akkoord** met de door NIRAS gehanteerde biosfeermodellering voor de **biosfeerreceptoren waterput en rivier**, dewelke ook in lijn zijn met de vereisten van de leidraad Biosfeer* [12]*. Het betreft een in zelfvoorziening levende familie die al haar levensmiddelen onttrekt aan de onmiddellijke omgeving. Dit is in termen van potentiële radiologische impact omhullend aan mogelijke toekomstige levenswijzen.*
NIRAS heeft momenteel geen essentiële parameters met betrekking tot de biosfeer geïdentificeerd, hoewel ook daar een afwijking van sommige parameters de resultaten van de veiligheidsevaluatie significant kan beïnvloeden. Daarom vragen FANC en Bel V om de essentiële parameters uit te breiden met de essentiële biosfeerparameters tegen het bevestigingsbesluit.

In het geval van de biosfeerreceptor **kwelgebieden**, beschikt de landbouwgemeenschap over een put in ondiep grondwater waaraan zij drinkwater onttrekken. Er wordt hierbij echter verondersteld dat er geen inname van gecontamineerd water is door dieren.
Om de vereiste van de leidraad Biosfeer [12] *na te leven, die stelt dat de landbouwgemeenschap enkel water mag betrekken van regio's binnen het gebied waar de hoogste radiologische effecten kunnen verwacht worden, vragen FANC en Bel V om de inname door dieren van besmet grondwater afkomstig van de put in ondiep grondwater in dit biosfeermodel te beschouwen.*
Er wordt ook gevraagd om de grondeigenschappen, die in dit model beschouwd worden, te rechtvaardigen t.o.v. de eigenschappen van de gronden die in de geïdentificeerde kwelgebieden waargenomen worden.
Hoewel deze herziening tot hogere BCF'en voor de kwelgebieden zal leiden, verwachten het FANC en Bel V niet dat deze receptor dominant zou kunnen worden.

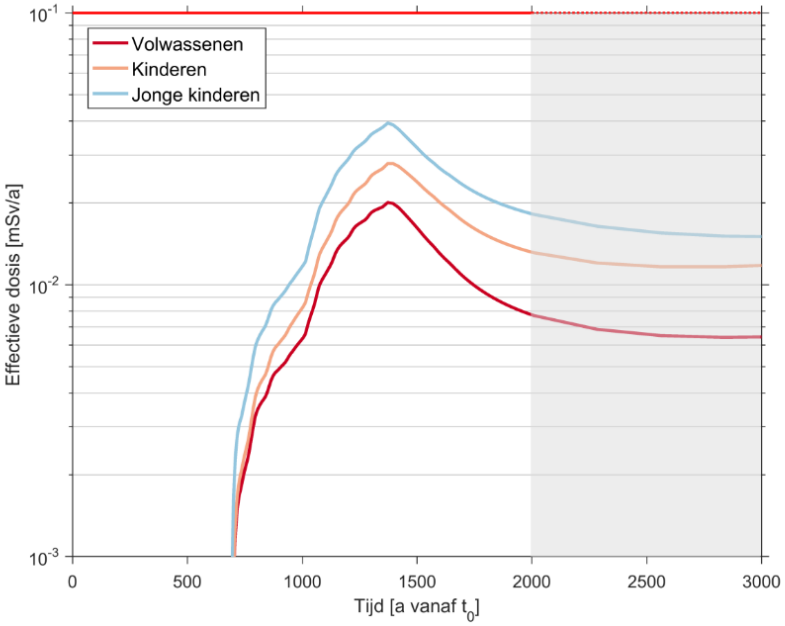
9.2.2.4. Radiologische impact van het EES-model

In Figuur 9-4 kan de radiologische impact t.g.v. het EES voor de drie verschillende biosfeerreceptoren voor een volwassen representatieve persoon gevonden worden. Het blijkt duidelijk dat in de drie gevallen ruimschoots wordt voldaan aan de dosisbeperking van 0,1 mSv/jaar en dat de waterput aan de voet van de oostelijke tumulus (maximale impact: 0,02 mSv/jaar) de meest beperkende biosfeerreceptor is. De radiologische impact hiervan ligt grootteordes hoger dan voor de andere biosfeerreceptoren, dewelke een verwaarloosbare impact hebben (rivier met een maximale impact van $2{,}2 \times 10^{-5}$ mSv/jaar en kwelgebieden met een maximale piekimpact van 3×10^{-6} mSv/jaar). Voor de hierop volgende scenario's zal dan ook enkel de impact voor de biosfeerreceptor waterput aan de voet van de oostelijke tumulus beschouwd worden.



Figuur 9-4: Effectieve dosis voor volwassenen onder het EES bij beschouwing van de drie voornaamste biosfeerreceptoren.
(Figuur 14-88 uit het veiligheidsrapport)

In Figuur 9-5 wordt de radiologische impact voor de biosfeerreceptor waterput aan de voet van de oostelijke tumulus gegeven, voor drie verschillende leeftijdsgroepen (volwassenen, kinderen en jonge kinderen) qua representatieve personen. Hieruit blijkt dat de impactcurves sterk gelijklopend zijn, dat er steeds aan de dosisbeperking van 0,1 mSv/jaar voldaan wordt en dat de impacts van kinderen en jonge kinderen ten allen tijde hoger zijn dan voor volwassenen (voor jonge kinderen maximaal 0,039 mSv/jaar), voor kinderen maximaal 0,028 mSv/jaar en voor volwassenen maximaal 0,02 mSv/jaar). Dit laatste is te wijten aan de hogere stralingsgevoeligheid van kinderen en vooral jonge kinderen voor de maatgevende radionucliden.



Figuur 9-5: Effectieve dosis onder het EES voor verschillende leeftijdsgroepen (waterputreceptor)
(Figuur 14-87 uit het veiligheidsrapport)

9.2.2.5. Analyse van onzekerheden

De eerste stappen in het beheer van onzekerheden zijn de identificatie, karakterisering en analyse naar relevantie voor de veiligheid van de onzekerheden. Analyse van onzekerheden, met betrekking tot relevantie voor de veiligheid, bestaat uit het nagaan van mogelijke invloeden van onzekerheden op de resultaten van de veiligheidsevaluatie. Via het EES worden hiertoe de veiligheidsrelevante onzekerheden m.b.t. het bergingssysteem en zijn verwachte evolutie geanalyseerd, al dan niet voorafgegaan door een gevoeligheidsanalyse[38]. In de kwantitatieve onzekerheidsanalyse werden voor het EES (op het gebied van de installatiemodellen) zeven bijkomende rekengevallen beschouwd. Deze rekengevallen zijn aangegeven in Tabel 9-3. Deze rekengevallen werden vervolgens door NIRAS beschouwd in de bepaling van de hypothesen en parameterswaardes van het referentiescenario (zie §9.2.2.6).

Parameter / Hypothese	EES-basisrekengeval	Beschouwde onzekerheden
Poriëndiffusiecoëfficiënten D_p [m²/s] in beton en opvulmortel van de monoliet	BE-waarden voor D_p	Zowel rekengeval met minimale D_p als rekengeval met Maximale D_p
Dispersie in de zandcementophoging	BE-waarden voor α [m] en D_p [m²/s]	Lage dispersie (α en D_p) in zandcementophoging
Distributiecoëfficiënt K_d [m³/kg] (voor reversibele sorptie) en oplosbaarheid van Ca [mol/m³]	BE-waarden voor K_d BE-waarde voor oplosbaarheid van Ca	Minimale K_d en maximale oplosbaarheid van Ca
Scheurnetwerk in monolieten	Zie Figuur 9-3	Diagonale scheuren in monolieten (scheurpatroon van type III in Figuur 9-3 ook van toepassing op type I)
Waterinsijpeling in de modules	Lineaire toename van o tot maximale waarde van 480 m/a over periode van 350 jaar	Lineaire toename over periode van 100 jaar
Scheurvorming in de monolieten	Scheurvorming vanaf de start van de degradatie	Scheurvorming treedt pas op wanneer de waterinsijpeling maximaal is

Tabel 9-3: Beschouwde rekengevallen door NIRAS i.h.k.v. de analyse van onzekerheden gekoppeld aan het bergingssysteem en zijn verwachte evolutie.
(Gebaseerd op Tabel 14-48 uit het veiligheidsrapport)

Voor het hydrogeologisch model heeft NIRAS aangetoond dat de onzekerheden niet van die aard zijn dat de grootteorde van de GTF voor de waterput aan de voet van de oostelijke tumulus in vraag gesteld kan worden. Een soortgelijke aanpak werd uitgevoerd voor de BCF'en in het kader van het gehanteerde biosfeermodel, waar uit de onzekerheidsanalyse bleek dat de grootteorde van de BCF'en bevestigd werd.

*FANC en Bel V gaan **akkoord met de identificatie, karakterisering en analyse van onzekerheden gekoppeld aan het bergingssysteem en zijn verwachte evolutie**, dit zowel voor de analyses uitgevoerd voor de installatiemodellen, de hydrogeologische modellen (enkel voor de waterput aan de voet van de oostelijke tumulus (zie §9.2.2.3.2)), als de biosfeermodellen.*

9.2.2.6. Ontwikkeling van het referentiescenario

NIRAS heeft haar **referentiescenario** (**RS**) zo gedefinieerd dat zijn geschatte maximale impact omhullend is aan de geschatte impacts van het EES en dus alle rekengevallen in de onzekerheidsanalyse beschouwt (zie §9.2.2.1).
Het omhullend karakter van het RS wordt hierbij gewaarborgd door:

1. Aannames die al conservatief/omhullend zijn in het EES mee te nemen in het RS;
2. Conservatieve instelling ten opzichte van de belangrijkste onzekerheden geïdentificeerd tijdens de onzekerheidsanalyse.

[38] Bij gevoeligheidsanalyses wordt de gevoeligheid van modelresultaten nagegaan bij veranderingen aan modelhypothesen of parameterwaarden, teneinde de belangrijkste parameters en hypothesen te identificeren die het systeemgedrag bepalen. Met onzekerheidsanalyses wordt het effect van de onzekerheden op de beschouwde veiligheidsindicatoren begroot.

Op het gebied van de installatiemodellen werden de volgende aanpassingen doorgevoerd aan het RS t.o.v. het EES:

- Voor het beton en de opvulmortel van de monoliet worden de minimale waarden van de poriëndiffusiecoëfficiënt D_p [m²/s] gehanteerd i.p.v. de beste estimate waarden van het EES;
- Voor de distributiecoëfficiënten K_d [m³/kg], aangewend bij de lineaire reversibele sorptie op cement en calciet, worden de minimale waarden gehanteerd i.p.v. de best estimate waarden bij het EES;
- Voor calcium wordt de maximale oplosbaarheid in het afval beschouwd i.p.v. de best estimate waarde in het EES.

Op het gebied van het hydrogeologisch model wordt dezelfde GTF gehanteerd voor de waterput aan de voet van de oostelijke tumulus als bij het EES.
Qua biosfeermodellen wordt voor het bepalen van de radiologische impact op de representatieve personen hetzelfde model gehanteerd als voor het EES. Bijkomend werden ook biosfeermodellen bepaald om de impact op de niet-menselijke biota te bepalen waarbij zowel generieke als site-specifieke referentieorganismen werden beschouwd. Hierbij werd gekeken naar een rivier (aquatisch ecosysteem) en geïrrigeerde grond en kwelgebieden (terrestrisch ecosysteem).

***FANC en Bel V gaan akkoord met de hypothesen en parameterwaarden die NIRAS hanteert voor het Referentiescenario**, alsook met de argumentatie van NIRAS van het conservatief karakter van het RS t.o.v. het EES en zijn onzekerheden.*

In Figuur 9-6 wordt de effectieve dosis voor volwassenen onder het RS gegeven. Wanneer de vergelijking gemaakt wordt met Figuur 9-4 en Figuur 9-5, blijkt dat er bij het RS na de eerste piek, een nieuwe toename is van de globale impact. Deze leidt tot een hogere waarde op 2000 jaar (0,096 mSv/jaar). Deze waarde wordt bepaald door goed gesorbeerde radionucliden die in het RS omwille van de minimale sorptiewaarden sneller uitlogen dan in het EES. Er wordt dus voldaan aan de dosisbeperking van 0,1 mSv/jaar, maar er is wel zo goed als geen veiligheidsmarge.
Zoals blijkt uit Figuur 9-6 is er na 2000 jaar, wanneer de 0,1 mSv/jaar niet langer een dosisbeperking is, maar een referentiewaarde[39], nog een kleine toename van de radiologische impact tot 0,11 mSv/jaar rond 2500 jaar. Dit is dus nog steeds van de grootteorde van 0,1 mSv/jaar.
In Figuur 9-7 wordt de vergelijking gemaakt voor de drie verschillende leeftijdsgroepen. Hieruit blijkt dat, zoals voor het EES, de eerste piek hoger is voor kinderen en jonge kinderen. De tweede en hoogste piek is echter hoger voor volwassenen. Voor alle leeftijdsgroepen wordt er voor 2000 jaar voldaan aan de dosisbeperking van 0,1 mSv/jaar.
Zoals gevraagd in het ARBIS [1] (zie §5.3.3) werd ook de equivalente dosis voor de ooglens en voor de huid bepaald. Voor de volwassenen waarvoor de impact het grootst is, wordt in beide gevallen met veel marge voldaan aan de dosislimiet (zie samenvattende Tabel 9-5 in §9.2.6).

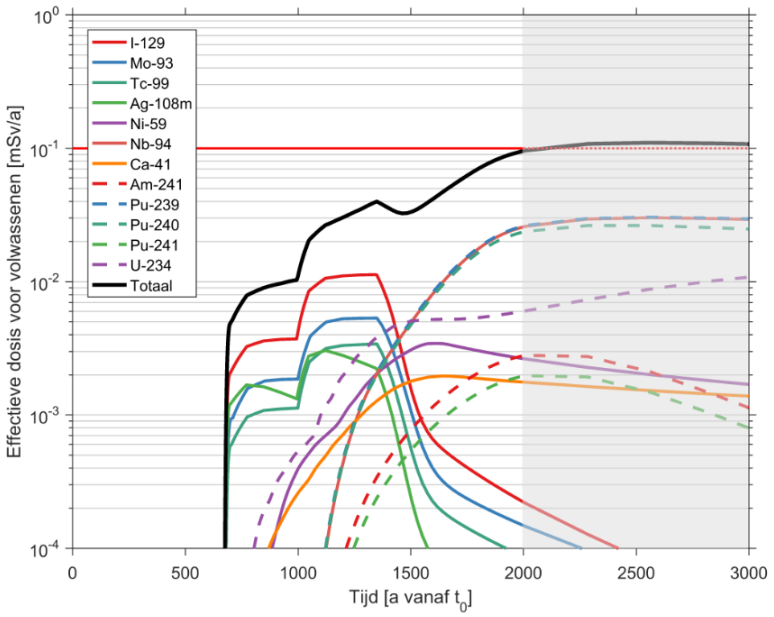
Voor niet-menselijke biota blijkt uit de impactbepaling dat het risicoquotiënt (zie §9.2.1), zowel voor terrestrische referentieorganismen als aquatische referentieorganismen, steeds kleiner is dan 1. Het maximale risicoquotiënt werd bepaald voor mossen en bryophyta en bedraagt 0,075.
FANC en Bel V hebben de volgende vragen m.b.t. tot de evaluatie ter impactbepaling van de niet-menselijke biota:

- *Bij de evaluatie werden sommige van de meest recente ontwikkelingen niet in rekening gebracht. Bijgevolg vragen FANC en Bel V om, voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad, de mogelijke gevolgen van de meest recente ontwikkelingen m.b.t. Wildlife Transfer Database* [72] *en ICRP- aanbevelingen (ICRP-136* [73]*) in rekening te brengen voor de evaluatie van de radiologische impact op non-menselijke biota.*

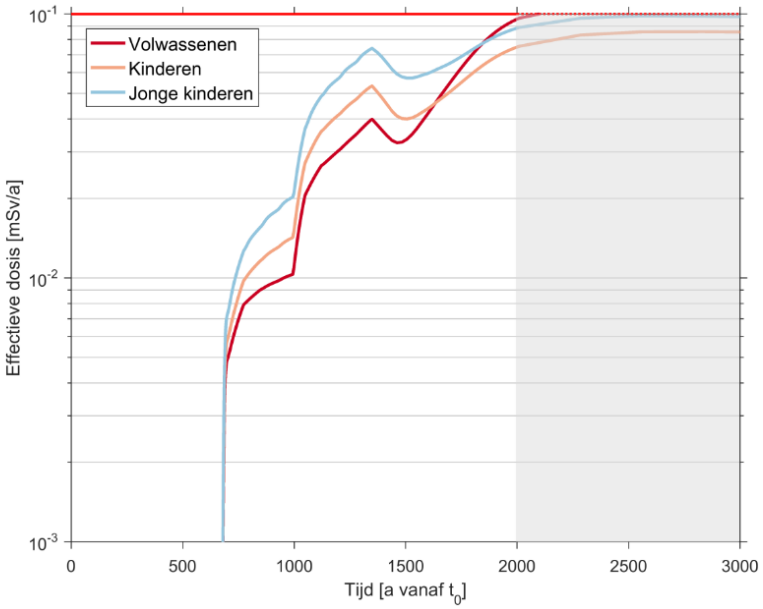
[39] Vanaf 2000 jaar argumenteert NIRAS dat de onzekerheden omtrent de fenomenologisch verwachte evolutie van het systeem te groot zijn om een betrouwbare uitspraak te willen doen over de performantie van het bergingssysteem. Vanaf 2000 jaar gebeurt de veiligheidsevaluatie daarom aan de hand van de omhullende penaliserende scenario's (zie §9.2.5).

- *FANC en Bel V stellen vast dat meerdere blootstellingswegen niet in rekening werden gebracht in de evaluatie (bv. waterinname, externe besmetting en inhalatie van gesuspendeerde deeltjes). FANC en Bel V vragen om, voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad, te bevestigen dat het negeren van deze blootstellingswegen de resultaten en conclusies niet kan beïnvloeden.*
- *In de MER van de vergunningsaanvraag is het ecologisch onderzoek beperkt tot de nucleaire zone. De kwelgebieden, relevant voor deze evaluatie, bevinden zich echter buiten deze nucleaire zone. Bijgevolg vragen FANC en Bel V om bij de herziening van de identificatie van de kwelgebieden (zie 9.2.2.3.2) te bevestigen dat de fauna en flora die in deze geïdentificeerde kwelgebieden leven, vergelijkbaar zijn met de fauna en flora die in de huidige veiligheidsevaluatie beschouwd werden.*

Op basis van de huidige marge ten opzichte van de referentiewaarde van 1 voor het risicoquotiënt, stellen FANC en Bel V dat de waarschijnlijkheid van overschrijden van het risicoquotiënt, ten gevolge van het in rekening brengen van de opmerkingen van FANC en Bel V, als beperkt beschouwd kan worden. *Indien de referentiewaarde toch zou overschreden worden, zou dit betekenen dat er bijkomende en meer specifieke evaluaties nodig zijn. Een overschrijding van het risicoquotiënt betekent echter niet noodzakelijk dat het kwalitatieve criterium van de leidraad biosfeer (* [12]*, zie §9.2.1) niet nageleefd is.* ***Daarom beschouwen FANC en Bel V deze vragen als niet blokkerend voor de eerste zitting van de Wetenschappelijke Raad.***



Figuur 9-6: Effectieve dosis voor volwassenen (mSv/jaar) onder het RS (waterputreceptor) (Figuur 14-95 uit het veiligheidsrapport)



Figuur 9-7: Effectieve dosis onder het RS voor de verschillende leeftijdsgroepen (waterputreceptor) (Figuur 14-96 uit het veiligheidsrapport)

*Er **wordt voor het conservatieve referentiescenario voldaan aan de dosiscriteria** (zie samenvattende* Tabel 9-5 in §9.2.6*). FANC en Bel V stellen wel vast dat er ten opzichte van de dosisbeperking van 0,1 mSv/jaar **zo goed als geen veiligheidsmarge is** (4%). Aangezien voor het uitvoeren van de performantieberekeningen, te gebeuren voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad (zie §9.2.7), een meer representatief installatiemodel moet ontwikkeld worden, vragen FANC en Bel V om dan ook een aangepast RS te berekenen. Op die manier kan dan geverifieerd worden of er bij een meer representatief model meer veiligheidsmarge is.*
Aangaande de evaluatie van de impact voor de niet-menselijke biota wordt gevraagd om enkele opmerkingen van FANC en Bel V (met name het in rekening brengen van recente ontwikkelen, het beschouwen van bijkomende blootstellingswegen en het bevestigen van de fauna en flora van de te identificeren kwelgebieden) in rekening te brengen voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad.

9.2.3. Alternatieve evolutiescenario's

De verwachte evolutie van het bergingssysteem kan verstoord worden door allerlei gebeurtenissen en processen die niet meteen verwacht, maar wel mogelijk/plausibel zijn. Daarom worden naast de scenario's die de verwachte evolutie weergeven ook '**alternatieve evolutiescenario's**' (gewijzigde evolutie'), kortweg **AES'en** opgesteld, teneinde de radiologische impact van deze mogelijke verstoringen in de evolutie van het bergingssysteem te kwantificeren.
De AES'en vormen een beperkte set van scenario's die voldoende representatief en omhullend zijn voor de niet verwachte, maar mogelijke evoluties van het bergingssysteem, in termen van verlies van insluitingscapaciteit en verlies van afzonderingscapaciteit waarbij de oorzaak geen menselijke intrusie is. AES'en worden bekeken in het tijdvak van 350 tot 2000 jaar. Tijdens fase III (Nucleaire Reglementaire Controlefase, dewelke eindigt op 350 jaar) is er immers nog monitoring en toezicht en bijgevolg een interventie of herstel van opgelopen schade mogelijk.
AES'en worden opgesteld vertrekkende van de effectbeschrijvingen die initiërende FEP's (Features, Events and Processes) hebben op het systeem, waarbij een FEP een mogelijke gebeurtenis of proces is die aan de basis ligt van een verandering van toestand van het bergingssysteem of de routes waarlangs de radionucliden kunnen vrijkomen. Aldus hebben deze FEP's een nadelige invloed op de performantie van het bergingssysteem. NIRAS heeft hierbij 18 initiërende FEP's geïdentificeerd.
Deze initiërende FEP's werden vervolgens op basis van de onderlinge afhankelijkheden en relaties (oorzaken, gevolgen, versterkende effecten, gelijkaardige effecten) gegroepeerd tot verschillende

alternatieve evolutiescenario's (AES'en). In de onderstaande lijst kunnen deze verschillende scenario's gevonden worden met een korte beschrijving (1) ervan. Er wordt per scenario ook aangegeven welke aanpassingen van de hypothesen er doorgevoerd werden t.o.v. het RS-model (2). Tenslotte wordt ook aangegeven welke de waarschijnlijkheid (3) is van optreden voor het scenario in het beschouwde tijdvak van 1650 jaar.

- **AES 1-1**: Vroege aardbeving (aardbeving met een terugkeerperiode van 6500 jaar)
    1. Een aardbeving die de afdekking aantast, maar niet de betoncomponenten (zie ook de opmerking in verband met de aardbevingsweerstand van de afdekking in §4.4 van dit verslag).
    2. Startpunt degradatie van alle modules ligt op 350 jaar i.p.v. een kwart van de modules op 650 jaar en driekwart op 1000 jaar in het RS. Er wordt dus verondersteld dat de aardbeving plaatsvindt na 350 jaar.
    3. De probabiliteit dat dit scenario optreedt tijdens de relevante evaluatieperiode (350 jaar tot 1000 jaar[40]) bedraagt $6{,}3 \times 10^{-2}$.
- **AES 1-2**: Vroege en zware aardbeving (aardbeving met een terugkeerperiode van 20.000 jaar)
    1. Een aardbeving die zowel de afdekking, als de betoncomponenten aantast.
    2. Extreme degradatie op 350 jaar (moment van aardbeving) voor alle modules waarbij volgende hypothesen worden beschouwd:
        - Extremer scheurpatroon (diagonale scheuren voor alle types monolieten) en in vergelijking met het RS wordt verondersteld dat er meer water in de scheuren doorheen de monolieten stroomt in verhouding tot water dat afgevoerd wordt via de tussenruimte[41];
        - Lineaire toename van de waterinsijpeling in de modules over een periode van 30 jaar (350 jaar in het RS).
    3. De probabiliteit dat dit scenario optreedt tijdens de relevante evaluatieperiode (350 jaar tot 2000 jaar) bedraagt $7{,}9 \times 10^{-2}$.
- **AES 2-1**: Val van een militair vliegtuig
    1. Een vliegtuigval die leidt tot een krater in de afdekking, waarbij de inslag gevolgen heeft voor twee modules[42];
    2. Startpunt degradatie van de helft van de modules ligt op 350 jaar en de andere helft ligt op 650 jaar i.p.v. een kwart van de modules op 650 jaar en driekwart op 1000 jaar in het RS. Er wordt dus verondersteld dat de vliegtuigval plaatsvindt na 350 jaar;
    3. De probabiliteit dat dit scenario optreedt tijdens de relevante evaluatieperiode (350 jaar tot 1000 jaar[43]) bedraagt $1{,}37 \times 10^{-4}$.
- **AES 2-2**: Val van een groot passagiersvliegtuig
    1. Een vliegtuigval die naast een krater in de afdekking ook de onderliggende betonnen SSC's affecteert. De inslag heeft opnieuw gevolgen voor twee modules[42];
    2. Extreme degradatie op 350 jaar (moment van vliegtuiginslag) voor 50% van de modules waarbij volgende hypothesen worden beschouwd:
        - Extremer scheurpatroon (diagonale scheuren voor alle types monolieten) en in vergelijking met het RS wordt verondersteld dat er meer water in de scheuren doorheen de monolieten stroomt in verhouding tot water dat afgevoerd wordt via de tussenruimte[41];

[40] De evaluatie loopt in dit geval tot 1000 jaar en niet tot 2000 jaar omdat het RS na 1000 jaar de gevolgen van deze aardbeving afdekt.

[41] Er wordt verondersteld dat ook de afschermplaten scheuren t.g.v. van de aardbeving, waardoor deze hun rol van het afvoeren van het insijpelend water naar de tussenruimte nog slechts in beperkte mate kunnen vervullen.

[42] Aangezien voor de biosfeerreceptor waterput aan de voet van de oostelijke tumulus de radiologische impact maximaal bepaald wordt door 4 modules, wordt verondersteld dat twee van deze vier modules geïmpacteerd worden door de vliegtuigval.

[43] De evaluatie loopt in dit geval tot 1000 jaar en niet tot 2000 jaar omdat het RS na 1000 jaar de gevolgen van deze vliegtuigval afdekt.

- Lineaire toename van de waterinsijpeling in de modules over een periode van 30 jaar (350 jaar in het RS).

De andere 50% van de modules degradeert volgens de hypothesen van het RS waarbij de degradatie wel aanvat na 650 jaar;

3. De probabiliteit dat dit scenario optreedt tijdens de relevante evaluatieperiode (350 jaar tot 2000 jaar) bedraagt 1,65 x 10^{-4}.

Aangezien bij dit scenario het afval bloot kan komen te liggen, werd er ook een scenario van "directe blootstelling" beschouwd, waarbij verondersteld wordt dat het afval niet wordt afgeschermd.

- **AES 3-1**: Versnelde erosie
  1. Erosie van de aardafdekking op een tijdspanne van enkele honderden jaren;
  2. Startpunt degradatie van alle modules op 650 jaar i.p.v. een kwart van de modules op 650 jaar en driekwart op 1000 jaar in het RS;
  3. Waarschijnlijkheid van optreden < 10^{-1}.
- **AES 3-2**: Extreme erosie
  1. Complete erosie van de afdekking na het einde van de Nucleaire Reglementaire Controlefase;
  2. Startpunt degradatie van alle modules op 350 jaar i.p.v. een kwart van de modules op 650 jaar en driekwart op 1000 jaar in het RS;
  3. Waarschijnlijkheid van optreden < 10^{-4}.
- **AES 4**: Complexanten
  1. Aanwezigheid van een niet-gedetecteerde hoeveelheid complexanten in het afval, waardoor er een belangrijke invloed kan zijn op de chemische retentie van de radionucliden in het bergingssysteem (radionucliden worden mobieler en kunnen zich makkelijker verspreiden);
  2. Voor 1% van de beschouwde radiologische activiteit wordt geen chemische retentie ondersteld. De overige 99% van de activiteit heeft dezelfde retentie als in het RS;
  3. Waarschijnlijkheid van optreden < 10^{-1}.

Bijkomend heeft NIRAS naast bovenvermelde scenario's ook combinaties beschouwd van groepen van initiërende FEP's die onafhankelijk zijn van elkaar, maar versterkende effecten op elkaar kunnen hebben indien ze beide optreden. De combinatie van FEP's moet hierbij wel als plausibel beschouwd worden. Volgens deze methodologie heeft NIRAS de volgende bijkomende scenario's beschouwd:

- **AES 5-1**: Complexanten in combinatie met een vroege aardbeving
  1. Een aardbeving die de afdekking aantast, maar niet de betoncomponenten waarbij in het afval ook een niet-gedetecteerde hoeveelheid complexanten aanwezig is;
  2. Combinatie van AES 1-1 en AES 4;
  3. De probabiliteit dat dit scenario optreedt tijdens de relevante evaluatieperiode (350 jaar tot 1000 jaar[40]) bedraagt 6,3 x 10^{-3}.
- **AES 5-2**: Complexanten in combinatie met een vroege en zware aardbeving
  1. Een aardbeving die zowel de afdekking, als de betoncomponenten aantast waarbij in het afval ook een niet-gedetecteerde hoeveelheid complexanten aanwezig is;
  2. Combinatie van AES 1-2 en AES 4;
  3. De probabiliteit dat dit scenario optreedt tijdens de relevante evaluatieperiode (350 jaar tot 2000 jaar) bedraagt 7,9 x 10^{-3}.
- **AES 6**: Complexanten in combinatie met een versnelde erosie
  1. Erosie van de afdekking op een tijdspanne van enkele honderden jaren waarbij in het afval ook een niet-gedetecteerde hoeveelheid complexanten aanwezig is;
  2. Combinatie van AES 3-1 en AES 4;
  3. Waarschijnlijkheid van optreden < 10^{-2}.

NIRAS heeft vervolgens modellen geïmplementeerd voor elk van deze scenario's. Voor elk scenario heeft NIRAS aangegeven welke aanpassingen van de hypothesen er doorgevoerd worden t.o.v. de modellen van RS. *NIRAS dient echter wel nog systematisch de kwalificatie van de AES-modellen te ontwikkelen, en dit tegen een tweede Wetenschappelijke Raad.* Voor elk van bovenstaande scenario's werd op basis van de radiologische impact, de risicofactor[44] (5,7% Sv^{-1}) en de waarschijnlijkheidsscore het **risico** bepaald. Voor elk van de scenario's, met uitzondering van 'AES 1-2 Vroege en zware aardbeving', wordt hierbij voldaan aan de risicoreferentiewaarde van 10^{-6}/jaar. Voor AES 1-2 'Vroege en zware aardbeving wordt een risico van 2 x 10^{-6} /jaar bekomen, wat voor FANC en Bel V voldoende overeenstemt met de risicoreferentiewaarde. Bijkomend werd ook het risico bepaald voor de combinatie van alle AES'en. Voor deze combinatie wordt voldaan aan de risicobeperking van 10^{-5}/jaar (voor de drie leeftijdsgroepen jonge kinderen, kinderen en volwassenen). Voor meer details m.b.t. de numerieke waarden wordt er doorverwezen naar Tabel 9-5 in §9.2.6 van dit verslag.
Bijkomend heeft NIRAS aangetoond dat voor elk afzonderlijk scenario voldaan wordt aan de effectieve dosislimiet voor de ooglens en de huid.

*FANC en Bel V gaan **akkoord met de manier waarop NIRAS haar alternatieve evolutiescenario's heeft ontwikkeld** en zijn van mening dat de gehanteerde methodologie verzekert dat de mogelijke gebeurtenissen zijn afgedekt. NIRAS dient echter wel nog systematisch de kwalificatie van de AES-modellen te ontwikkelen, en dit tegen een tweede Wetenschappelijke Raad. Op basis van de uitgevoerde evaluatie **heeft NIRAS ook aangetoond in lijn te zijn met de van toepassing zijnde risicobeperking**.*

9.2.4. Scenario's van onopzettelijke menselijke intrusie

Na de terugtrekking van de nucleaire reglementaire controle (voorzien 350 jaar na de start van de exploitatie) is het niet meer uitgesloten dat personen in de berging binnendringen of zijn afzonderingscapaciteit beschadigen of vernielen, en dit in de onwetendheid dat het een berging van radioactief afval betreft. Om de mogelijke radiologische impact van zulke intrusies in te schatten worden zogeheten '**menselijke intrusiescenario's**' (**Human Intrusion Scenario's of HIS**) opgesteld in de veiligheidsanalyse.

De intrusiescenario's betreffen gestileerde, hypothetische scenario's die in termen van dosis een redelijke bovengrens vormen qua radiologische impact. Er bestaan in dit kader twee types van scenario's: enerzijds de direct-effectscenario's[45] en anderzijds de uitgesteld-effectscenario's[46]. Bij deze laatste kan het "uitgesteld effect" het gevolg zijn van aantasting van de afzonderingscapaciteit of van aantasting van de insluitingscapaciteit. Voor het opstellen van de intrusiescenario's werd er rekening gehouden met 3 schalen van intrusie: boorkern (niveau van een collo), boring (kleinschalige intrusie) en uitgraving (grootschalige intrusie).

[44] Risicofactor voor overlijden, kanker en erfelijke effecten [13].

[45] Met direct-effectscenario's wordt gekeken naar de impact op een onopzettelijke indringer die graaf- of boorwerkzaamheden uitvoert in de installatie en hierbij afval naar de oppervlakte brengt, waardoor hij aan een acute (onmiddellijke) dosis wordt blootgesteld. Hierbij wordt ondersteld dat de indringer tijdens een jaar bij één intrusie betrokken is.

[46] Met "uitgesteld-effectscenario's" wordt gekeken naar de impact op de naburige bevolking, die blootgesteld wordt aan (1) radioactief materiaal rechtstreeks afkomstig uit de bergingsinstallatie (gevolgen van aantasting van de afzonderingscapaciteit) of aan (2) uitgeloogde activiteit uit de bergingsinstallatie, waarvan de integriteit werd geschonden door de intrusie (gevolgen van aantasting van de insluitingscapaciteit).

In Tabel 9-4 kan een overzicht gevonden worden van de door NIRAS beschouwde intrusiescenario's.

Type scenario	Direct effect	Uitgesteld effect - afzondering	Uitgesteld effect – insluiting
Boorkern (collo)	Analyse van een boorkern	-	-
Boring (kleinschalig)	Boring	Residentie na boring	Residentie op de bergingsinstallatie
Uitgraving (grootschalig)	Constructie-uitgraving	Residentie na uitgraving	Grootschalige aantasting van de insluitingscapaciteit

Tabel 9-4: Overzicht van de menselijke intrusiescenario's beschouwd in de radiologische impactberekeningen
(Tabel 14-1 uit het veiligheidsrapport)

De volgende, algemene hypothesen zijn van toepassing voor alle verschillende HIS'en:

- Intrusie kan pas optreden ten vroegste vlak na de opheffing van de nucleaire reglementaire controle over de site. Dit is dus 350 jaar na de start van de exploitatie;
- Er wordt verondersteld dat bij geen enkel scenario het radioactieve karakter van het materiaal wordt ontdekt;
- De personen die de intrusie uitvoeren en/of stoffen analyseren dragen geen beschermende uitrusting.

Voor de intrusiescenario's bedraagt de dosisreferentiewaarde 3 mSv/jaar (zie §5.3.3). Teneinde hieraan te voldoen, kunnen de intrusiescenario's (HIS) de volgende consequenties hebben: (1) HIS wordt in rekening gebracht bij de afleiding van de limieten, (2) HIS wordt in rekening gebracht voor het beperken van de heterogeniteit bij het opvullen van de berging; of (3) HIS wordt gehanteerd om de nodige verificaties uit te voeren bij de opvulling van de berging.
In onderstaande lijst wordt voor elk van de 7 hierboven vermelde scenario's een overzicht gegeven van de belangrijkste hypothesen en blootstellingswegen en wordt een beeld gegeven van de radiologische impact. Voor de radiologische impact wordt hierbij in eerste instantie uitgegaan van een volledig homogene verdeling van het afval en bijkomend voor sommige scenario's van een heterogene verdeling.

- **Direct effect scenario's:**
  1. Analyse van een boorkern. Dit betreft het onderzoek in een laboratorium van een boorkern uit een primair collo geconditioneerd afval of uit het inwendig volume van een type III monoliet. Hierbij wordt de boorkern gedurende één werkweek geanalyseerd (representatieve persoon: laborant) en blijft de boorkern gedurende één werkjaar staan in het laboratorium. Voor een gemiddelde boorkern bedraagt de impact: 6,64 x 10^{-2} mSv. Voor de bestaande en gekarakteriseerde colli bedraagt de maximale impact 2,99 mSv aangezien alle colli met een impact > 3 mSv uit de bronterm werden geschrapt.
     Het is belangrijk om op te merken dat de concentratielimiet (CLi) (zie §10.5.1) voor drie radionucliden (^{241}Am, ^{241}Pu en ^{94}Nb) naar beneden werd bijgesteld aangezien de initiële concentratielimiet bij dit scenario een dosisimpact > 3 mSv leverde.
  2. Boring. Bij dit scenario wordt een gat doorheen de tumulus (doorheen het afval) geboord tot in de aquifer, waarbij een doorboring betrekking heeft op 1 stapel monolieten. Vervolgens wordt het boorgruis verspreid rondom het boorgat. Dit is een direct effect-scenario waarbij de representatieve persoon de uitvoerder van de boring is.

De maximale radiologische impact bij homogene spreiding van het afval bedraagt 7,1 x 10^{-3} mSv. In het in de praktijk onmogelijke geval[47] dat voor de monolieten van de doorboorde stapel alle radionuclideconcentraties gelijk zijn aan de concentratielimiet CLi, wordt een maximale radiologische impact van 3,4 mSv bekomen voor een stapel type I monolieten en 3,6 mSv voor een stapel type III monolieten. Op basis hiervan argumenteert NIRAS dat de impact onder het scenario 'boring' op eender welke locatie in de berging lager zal zijn dan de dosisreferentiewaarde van 3 mSv.

3. Constructie-uitgraving. Bij dit scenario wordt een strook van de oostelijke tumulus uitgegraven over een diepte van 7 meter (dit is ongeveer 1 meter in het afval). De representatieve persoon is opnieuw de bouwvakker. Bij de bepaling van bv. de stofconcentratie wordt geen verdunning als gevolg van het mengen met de afdekking beschouwd.
   De maximale radiologische impact bij homogene spreiding van het afval bedraagt 0,105 mSv. Omwille van de bestaande heterogeniteitsbeperkingen per module en per groep van vier aangrenzende modules (zie §11) zal de radiologische impact steeds lager zijn dan 3 mSv.

- **Uitgesteld effect scenario - afzondering**:
  4. Residentie na boring. Bij dit scenario wordt het boorgruis verspreid over een oppervlakte van 500 m² en over een diepte van 30 cm. Opnieuw heeft de doorboring betrekking op één stapel monolieten. De representatieve personen zijn mensen die leven op de gecontamineerde grond.
     De maximale radiologische impact bij homogene spreiding van het afval bedraagt 0,011 mSv/jaar voor jonge kinderen; 0,0079 mSv/jaar voor kinderen en 0,0077 mSv/jaar voor volwassenen.
     In het in de praktijk onmogelijke geval[47] dat voor de monolieten van de doorboorde stapel alle radionuclideconcentraties gelijk zijn aan de CLi wordt een maximale radiologische impact van 3,3 mSv/jaar bekomen voor een stapel type I monolieten en 3,5 mSv/jaar voor een stapel type III monolieten. Op basis hiervan argumenteert NIRAS dat de impact onder het scenario 'residentie na boring' op eender welke locatie in de berging lager zal zijn dan de dosisreferentiewaarde van 3 mSv/jaar.
  5. Residentie na uitgraving. Bij dit scenario wordt het uitgegraven materiaal verspreid over een oppervlakte van 20.000 m² en over een diepte van 30 cm. De representatieve personen zijn mensen die leven op de gecontamineerde grond.
     De maximale radiologische impact bij homogene spreiding van het afval bedraagt 1,31 mSv/jaar voor jonge kinderen; 0,66 mSv/jaar voor kinderen en 0,44 mSv/jaar voor volwassenen.
     Verder wordt ten gevolge van dit scenario een absolute concentratiebeperking (CLi) opgelegd voor de volgende vier maatgevende radionucliden: ^{14}C, ^{36}Cl, ^{63}Ni en ^{94}Nb. Dit opdat altijd voldaan zou worden aan de dosisreferentiewaarde van 3 mSv/jaar.

- **Uitgesteld effect scenario - insluiting**:
  6. Residentie op de bergingsinstallatie. In dit scenario wordt een residentie op de oostelijke tumulus beschouwd waarbij een door de tumulus geboorde drinkwaterput wordt geëxploiteerd voor drinkwater, irrigatie en drenken van vee door de bewoners die leven in zelfvoorziening. De doorboring heeft hierbij betrekking op één stapel monolieten. De maximale radiologische impact bij homogene spreiding van het afval bedraagt 0,165 mSv/jaar voor volwassenen, 0,128 mSv/jaar voor kinderen en 0,152 mSv/jaar voor jonge kinderen. Er zal in het kader van dit scenario een verificatie van het opvulplan dienen te gebeuren om aan te tonen dat bij de doorboring van elke stapel monolieten, die opgenomen is in het opvulplan, steeds voldaan wordt aan de dosisreferentiewaarde van 3 mSv/jaar.

[47] Zoals vermeld in §10.5.1 is er een conformiteitscriterium dat oplegt dat voor elk collo en elke monoliet de radiologische impact bij het scenario "Analyse van een boorkern" kleiner of gelijk aan 3 mSv moet zijn. Wanneer alle maatgevende radionucliden op hun maximaal toegelaten concentratie zitten in één collo, zal de radiologische impact groter zijn dan 3 mSv. Hierdoor is deze veronderstelling in de praktijk onmogelijk.

7. Grootschalige aantasting van de insluitingscapaciteit. In dit scenario wordt gekeken naar de uitloging naar een waterput aan de voet van de oostelijke tumulus nadat een deel van de installatie werd uitgegraven. Opnieuw wordt gekeken naar een zelfvoorzienend gezin. De maximale radiologische impact bij homogene spreiding van het afval bedraagt 2,11 mSv/jaar voor volwassenen; 1,69 mSv/jaar voor kinderen en 1,74 mSv/jaar voor jonge kinderen.
   Verder wordt ten gevolge van dit scenario een heterogeniteitsbeperking op de schaal "groep van vier aangrenzende modules" vastgelegd voor de drie maatgevende radionucliden van dit scenario: ^{108m}Ag, ^{137}Cs en ^{129}I. Het is immers zo dat voor deze drie radionucliden de gemiddelde concentratie op schaal "groep van 4 aangrenzende modules" maximaal een factor 1,2 mag afwijken van de gemiddelde concentratie in de oostelijke tumulus (zie §11). Er zal in het kader van dit scenario een verificatie van het opvulplan dienen te gebeuren om aan te tonen dat op de schaal van vier aangrenzende modules in het opvulplan steeds voldaan wordt aan de dosisreferentiewaarde van 3 mSv/jaar.

Voor elk van de bovenstaande HIS'en werd ook steeds aangetoond dat de equivalente dosislimiet voor de ooglens en voor de huid gerespecteerd is.

FANC en Bel V gaan akkoord dat de door NIRAS gehanteerde scenario's van menselijke intrusie gestileerde, hypothetische scenario's zijn die in termen van radiologische impact een redelijke bovengrens vormen*. In de veronderstelling van homogene verdeling van de activiteit in de bergingsinrichting wordt steeds voldaan aan de dosisreferentiewaarde van 3 mSv (per intrusie of per jaar) (zie §9.2.6) en er worden heterogeniteitsbeperkingen opgelegd door NIRAS om dit in de praktijk te verzekeren (zie §11 van dit verslag). Ook voor individuele colli uit de bronterm 2013 V2 wordt voldaan aan het dosiscriterium in geval van de "analyse van een boorkern". Wanneer NIRAS op basis van de heterogeniteitsbeperkingen niet volledig kan uitsluiten dat er voldaan wordt aan de dosisreferentiewaarde, zullen in de toekomst de nodige verificaties van het opvulplan gebeuren om dit te verzekeren.*
FANC en Bel V gaan akkoord met deze methodologie en menen dat deze methodologie de nodige flexibiliteit toelaat om heterogeniteit in de opvulling van de bergingsinrichting toe te laten. *Voor een samenvattende tabel van de criteria, limieten en uit te voeren verificaties van het opvulplan wordt er verwezen naar §11 van dit verslag.*

9.2.5. Penaliserende scenario's

Met de tijd nemen de onzekerheden rond het gedrag en de performantie van het bergingssyteem almaar toe, tot op het moment dat de performantie van het systeem niet meer op een betrouwbare manier kan ingeschat worden. Vanaf dat moment worden in de veiligheidsanalyse '**Penaliserende Scenario's**' (**PS**) beschouwd. Deze scenario's hebben niet als doel om een evolutie van het gedrag van de berging voor te stellen, maar wel om de laagst mogelijke performantie die er op dat ogenblik kan zijn, in een scenario te gieten. Zo kan op een penaliserende wijze een omhullende radiologische impact bepaald worden. Hierbij wordt een afweging t.o.v. een dosisreferentiewaarde van 3 mSv/jaar beschouwd.
Er zijn twee soorten penaliserende scenario's: een **grondwaterscenario** (uitloging bij minimale insluitingscapaciteit) en een **grondscenario** (direct contact tussen mens en afval). Het startpunt voor het penaliserend scenario is 2000 jaar na de start van de exploitatie en het eindpunt is na 10.000 jaar (het einde van de evaluatieperiode). Dit komt overeen met fase VI (zie §4.2 van dit verslag).

De rechtvaardiging van het startpunt (2000 jaar) van het penaliserend scenario is enerzijds gelinkt aan de beschrijving van de fenomenologisch verwachte evolutie (§9.2.2.1) waarin gesteld wordt dat de berging haar fysieke integriteit tot 1000 jaar zal behouden, waarna een trage degradatie van de kunstmatige barrières wordt verwacht. In functie hiervan stelt NIRAS dat het na enkele duizenden jaren moeilijk wordt om het oppervlaktebergingssysteem en zijn mogelijke evolutie(s) eenduidig af te lijnen wegens de groeiende onzekerheid en toenemende heterogeniteit van de evolutie van het

bergingssyteem. Op basis hiervan heeft NIRAS arbitrair een startpunt van 2000 jaar naar voor geschoven, waarbij geargumenteerd wordt dat dit tijdstip op zich niet bepalend is voor de conclusies van de veiligheidsevaluatie, aangezien:

- Voor startmomenten tussen 1000 en 4000 jaar de globale impact onder de penaliserende scenario's weinig gevoelig is aan de keuze van het startmoment;
- De berekende radiologische impact onder het RS weliswaar nog licht toeneemt na 2000 jaar (zie §9.2.2.6), maar wel van dezelfde grootteorde blijft, wat in lijn is met de leidraad [13], waarin gesteld wordt dat na enkele duizenden jaren de dosisbeperking een referentiewaarde wordt;
- De radiologische impact voor AES 2-1 (val van een militair vliegtuig) en AES 3-1 (versnelde erosie) nog een kleine stijging kent na 2000 jaar, maar wel van dezelfde grootteorde blijft. Voor de andere AES'en wordt de piekimpact steeds voor 2000 jaar bereikt.
- De radiologische impact voor het HIS "residentie op de bergingsinstallatie" nog een kleine stijging kent na 2000 jaar, maar wel van dezelfde grootteorde blijft. Voor de andere HIS'en wordt de piekimpact steeds voor 2000 jaar bereikt.

De rechtvaardiging van het eindpunt van de evaluatieperiode (10.000 jaar) is gebaseerd op:

- De impact onder het penaliserend grondwaterscenario[48], dat een piek bereikt kort na het tijdstip van optreden van de penaliserende omstandigheden;
- Het feit dat de hypothesen van het hydrogeologisch model en biosfeermodel (ook gehanteerd in het PS) als omhullend kunnen beschouwd worden over tijdschalen van ongeveer 10.000 jaar.

FANC en Bel V gaan akkoord met keuze voor het startpunt van de penaliserende scenario's (2000 jaar) en het eindpunt van de evaluatieperiode (10.000 jaar), hoewel bepaalde argumenten voor FANC en Bel V niet altijd even gegrond zijn.

Bij het **penaliserend grondwaterscenario** wordt op het startmoment van het scenario een ogenblikkelijke en volledige degradatie van het volledige bergingssysteem ondersteld. Enkele belangrijke hypothesen van dit model zijn:

- Voor 2000 jaar is er geen uitloging van radionucliden, enkel verval en ingroei;
- Alle cementgebonden materialen zijn gecarbonateerd of uitgeloogd. Er is dus enkel sorptie op calciet beschouwd;
- Hypothetische waterput aan de voet van de oostelijke tumulus en een zelfvoorzienend gezin, waarbij dezelfde Geosfeer Transfer Factor (GTF) als voor het referentiescenario (RS) wordt gehanteerd;
- Gehomogeniseerde zone van calciet en afval;
- Bypass via scheuren waarin geen sorptie wordt verondersteld.

De maximale radiologische impact van dit scenario bedraagt 3,8 mSv/jaar. Dit is echter een zeer korte piekimpact (enkele jaren) waarvoor NIRAS argumenteert dat deze onrealistisch is. Een meer realistische aanpak is om deze piek te verspreiden over enkele decennia. Hierdoor komt de maximale impact ongeveer overeen met de dosisreferentiewaarde van 3 mSv/jaar.

*Voor FANC en Bel V is het **omhullend karakter van het penaliserend grondwaterscenario** in het licht van de minimaal mogelijke performantie op een **aanvaardbare manier aangetoond** en beschreven in het veiligheidsrapport. De **dosisimpact** van dit scenario **stemt ongeveer overeen met de dosisreferentiewaarde van 3 mSv/jaar**, wat aanvaardbaar is voor FANC en Bel V.*

Ook bij het **penaliserend grondscenario** wordt er verondersteld dat er tot het startmoment van het scenario enkel verval en ingroei, maar geen uitloging van de radionucliden is. Op 2000 jaar wordt

[48] Omwille van het omhullende, doch onmogelijke karakter van enkele hypothesen van het penaliserend grondscenario is het moeilijk te verantwoorden om het einde van de evaluatieperiode te laten afhangen van de berekende impacts onder dit scenario. De residuele impact blijft immers gedurende tienduizenden jaren van de grootteorde van 1 mSv/jaar.

vervolgens het restmateriaal, waarbij geen rekening gehouden wordt met de afdekking, van de berging verspreid in de omgeving over een oppervlakte van 20.000 m² en een diepte van 0,5 m. Verder worden ook volgende omhullende hypothesen gebruikt:

- Er wordt geen uitloging beschouwd aangezien uit het intrusiescenario "residentie na uitgraving" gebleken is dat ingestie van drinkwater in dit geval geen significante bijdrage levert.
- De representatieve doelgroep is een zelfvoorzienend gezin in de gecontamineerde zone;

In dit beschouwde scenario bevat de gecontamineerde grond een afvalfractie van 42,1%. Op basis van de huidige regelgeving rond het hergebruik van uitgegraven materiaal als bodem [74], mag er slechts een gehalte aan andere bodemvreemde materialen (buiten stenen) van maximaal één massa- en volumeprocent zijn om het uitgegraven materiaal als bodem te hergebruiken. Op basis van de huidige regelgeving is het gebruik van gecontamineerde grond met een afvalfractie van 42,1% dus uitgesloten.

De maximale radiologische impact van dit scenario bedraagt 2,1 mSv/jaar, waardoor er voldaan wordt aan de dosisreferentiewaarde van 3 mSv/jaar.

*Voor FANC en **Bel V is het omhullend karakter van het penaliserend grondscenario** in het licht van de minimaal mogelijke performantie op een **voldoende manier aangetoond** en beschreven in het veiligheidsrapport.*
*De **dosisimpact** van dit scenario **stemt** ongeveer **overeen met de dosisreferentiewaarde van 3 mSv/jaar**, wat aanvaardbaar is voor FANC en Bel V.*

9.2.6. Samenvattende tabel van de uitgevoerde veiligheidsevaluaties

In Tabel 9-5, wordt een overzicht gegeven van de resulterende radiologische impacts voor de verschillende door NIRAS beschouwde scenario's in het kader van de lange termijn veiligheidsevaluatie. Voor elk scenario wordt ook steeds het respectievelijke criterium vermeld. Voor de scenario's van onopzettelijke menselijke intrusie wordt in deze tabel, behalve voor het scenario "analyse van een boorkern", steeds de radiologische impact gegeven waarbij uitgegaan wordt van een homogene spreiding van het afval over de bergingsinstallatie. In §9.2.4 en §11 van dit verslag worden de limieten, criteria en uit te voeren verificaties van het opvulplan beschreven in dit verband. Deze zijn (deels) ontstaan omwille van de uitgevoerde impactbepalingen voor verschillende HIS'en waarbij mogelijke heterogene verspreiding van het afval in rekening wordt gebracht. Bijkomend worden er ook verificaties uitgevoerd op basis van het RS en de AES.

Scenario	Specificatie	Type restrictie	Criterium	Radiologische impact NIRAS
Referentie scenario	Volwassenen	Dosisbeperking	**0,1 mSv/jaar**	**0,096 mSv/jaar**
	Ooglens	Equivalente dosislimiet	**15 mSv/jaar**	0,127 mSv/jaar
	Huid	Equivalente dosislimiet	**50 mSv/jaar**	0,03 mSv/jaar
	Niet-menselijke biota	Risicoquotiënt (beperking)	1	0,075
Alternatieve evolutie scenario's - impact bepaald voor volwassenen	AES 1-1 vroege aardbeving	Risicoreferentie waarde per scenario	10^{-6}/jaar	4,2 x 10^{-7}/jaar
	AES 1-2 vroege en zware aardbeving			2,0 x 10^{-6}/jaar
	AES 2-1 val militair vliegtuig			6,4 x 10^{-9}/jaar
	AES 2-2 val groot passagiersvliegtuig			1,6 x 10^{-8}/jaar
	AES 2-2 val groot passagiersvliegtuig (directe blootstelling)			3,4 x 10^{-8}/jaar
	AES 3-1 versnelde erosie			6,3 x 10^{-7}/jaar
	AES 3-2 extreme erosie			6,6 x 10^{-9}/jaar
	AES 4 complexanten			6,3 x 10^{-7}/jaar
	AES 5-1 complexanten en vroege aardbeving			5,8 x 10^{-8}/jaar
	AES 5-2 complexanten en vroege/zware aardbeving			4,0 x 10^{-7}/jaar
	AES 6 complexanten en versnelde erosie			8,7 x 10^{-8}/jaar
	Combinatie van alle AES'en	Risicobeperking	**10^{-5}/jaar**	**4,3 x 10^{-6}/jaar**
Onopzettelijke menselijke intrusie scenario's - homogene spreiding (behalve voor analyse van een boorkern)	Analyse van een boorkern (gemiddelde boorkern)	Dosisreferentie waarde	3 mSv/jaar	0,066 mSv/jaar
	Analyse van een boorkern (maximale impact op basis van bestaande bronterm)			2,99 mSv/jaar
	Boring			0,007 mSv/jaar
	Constructie-uitgraving			0,105 mSv/jaar
	Residentie na boring			0,008 mSv/jaar
	Residentie na uitgraving			1,31 mSv/jaar
	Residentie op de bergingsinstallatie			0,165 mSv/jaar
	Grootschalige aantasting van de insluitingscapaciteit			2,11 mSv/jaar
Penaliserend scenario	Grondwaterscenario	Dosisreferentie waarde	3 mSv/jaar	3,8 mSv/jaar
	Grondscenario			2,1 mSv/jaar

Tabel 9-5: Samenvattende tabel Van de uitgevoerde evaluaties i.h.k.v. de lange termijn veiligheidsanalyse
(Gebaseerd op hoofdstuk 14 van het veiligheidsrapport)

9.2.7. Performantieanalyse

In het kader van het aantoonbaarheidsprincipe (zie §5.4.2) is het belangrijk om een goed begrip van het bergingssysteem te krijgen. In het kader van het principe van gelaagde bescherming dienen de robuustheid van het bergingssysteem en dus de complementariteit van de barrières en/of veiligheidsfuncties van de componenten aangetoond te worden.

Hiertoe worden performantieanalyses uitgevoerd, dewelke tot doel hebben om te evalueren in hoeverre de verschillende SSC's en het bergingssysteem in hun geheel bijdragen tot de insluiting en afzondering en hoe robuust het bergingssysteem is ten overstaan van gebeurtenissen en processen die de verwachte evolutie verstoren.
Bij de performantieanalyse vormt het EES het uitgangspunt om na te gaan hoe de verschillende SSC's en het bergingssysteem in zijn totaliteit bijdragen tot de insluiting. Om na te gaan hoe de verschillende SSC's en het bergingssysteem in hun totaliteit bijdragen tot de afzondering, worden specifieke HIS'en beschouwd waarin de veiligheidsfunctie I1 (Afzonderen, zie §5.6.2.2) van bepaalde SSC's wordt aangesproken om de gevolgen van onopzettelijke menselijke intrusie te beperken.

*In het huidige veiligheidsdossier heeft **NIRAS geen performantieanalyse uitgevoerd**, noch op het gebied van insluiting, noch op het gebied van afzondering. FANC en Bel V vragen daarom om, voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad, een performantieanalyse uit te voeren met betrekking tot de lange termijn insluitings- en afzonderingscapaciteit. Zoals vermeld in §8.2.2.3.1 zal NIRAS een nieuw EES-installatiemodel moeten ontwikkelen om de performantieanalyse met betrekking tot de insluitingscapaciteit uit te voeren.*

9.2.8. Kwalitatieve bewijzen en argumenten

Aanvullend aan de zuiver kwantitatieve analyses i.h.k.v de lange termijn veiligheidsevaluatie heeft NIRAS ook kwalitatieve bewijzen en argumenten toegevoegd om het vertrouwen in de kwantitatieve resultaten te versterken. Het betreft de volgende argumenten:

- Gebruik van de best beschikbare kennis bij het vastleggen van de evaluatiebasis. In dit kader heeft NIRAS gebruik gemaakt van de relevante beschikbare nationale en internationale kennis en verder werden aan de hand van modellering en experimenten de nodige nieuwe gegevens noodzakelijk voor het uitvoeren van de veiligheidsevaluaties verzameld.
- Diverse veldmetingen en archeologische gegevens (analogieën) leveren bijkomende kwalitatieve argumenten dat de performantie van het bergingssysteem behouden blijft en dat de omgeving goed gekend is. NIRAS erkent hierbij wel dat een nauwgezette validatie van modellen d.m.v. analogieën onmogelijk is.
- Door middel van volledigheidschecks (bv. op basis van de cAt-FEPlijst) werd geverifieerd dat de evaluatiebasis volledig is qua behandeling van karakteristieken, gebeurtenissen en processen die in het bergingssyteem en zijn omgeving kunnen optreden.
- Voor de verschillende beschouwde scenario's werd het representatief of omhullend karakter op een eenduidige manier beargumenteerd in het veiligheidsrapport.
- De wiskundige modellen en computermodellen uit de veiligheidsevaluatie zijn geverifieerd en, waar mogelijk, gevalideerd conform aan artikel 4.2 van het KB houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties [2] (zie 9.2.9).
- Tenslotte worden de voor de veiligheid relevante onzekerheden behandeld in de veiligheidsevaluatie.

*FANC en Bel V gaan **akkoord** met de door NIRAS **vermelde kwalitatieve bewijzen en argumenten die bijdragen tot het vertrouwen in de kwantitatieve analyses**. FANC en Bel V hebben hierbij geen opmerkingen.*

9.2.9. Numerieke modellen en kwalificatie, verificatie en validatie

De voornaamste overweging bij de formulering en implementatie van modellen is dat deze geschikt moeten zijn voor hun beoogde doel. Dit wordt onderbouwd door het proces van kwalificatie, verificatie en validatie (QVV).
In het veiligheidsrapport wordt verduidelijkt welke aanpak uitgevoerd werd op de verschillende modellen van de lange termijn veiligheidsevaluatie, waarbij kwalificatie, verificatie en validatie als volgt gedefinieerd zijn:

- Kwalificatie: justificatie dat het conceptueel model, gegeven de doelstelling ervan, in overeenstemming is met de wetenschappelijke en technische basis en de beschikbare data en dat het conceptueel model een adequate weergave vormt van de relevante fenomenen en processen.
- Verificatie: proces waarbij nagegaan wordt of het beoogde conceptuele model correct geïmplementeerd is in het computermodel.
- Validatie: het vergelijken van modelvoorspellingen met observaties op een echt systeem, rekening houdend met de betrokken tijdschalen en ruimtelijke schalen.

Een diepgaande evaluatie van de elementen m.b.t. de kwalificatie van de modellen werd door FANC en Bel V uitgevoerd. De conclusies van deze evaluatie worden in §9.2.2, §9.2.3, §9.2.4 en §9.2.5 gegeven.

In het veiligheidsdossier wordt vermeld dat er een "Quality assurance" aanpak gevolgd is voor het uitvoeren van de lange termijn veiligheidsevaluaties, waarin de volgende aspecten zijn opgenomen:

- Beheer van de softwareconfiguratie: dit houdt registratie, testen, verificatie en versiebeheer in van de software;
- Beheer van de dataconfiguratie: dit houdt het verzekeren van de traceerbaarheid van invoergegevens en het verzekeren van het documenteren en onderhouden van eventuele ondersteunende software in;
- Beheer van de configuratie van de toepassing: dit houdt in dat er voorzien dient te worden in documentatie en archivering van de output, dat er koppeling dient gemaakt te worden tussen resultaten en softwareversies en dat er een technische review dient te gebeuren, onder andere naar redelijkheid van de resultaten;
- Toekennen van rollen en verantwoordelijkheden.

In §9.2.9.1 wordt verduidelijkt hoe NIRAS de kwaliteitscontrole heeft toegepast op de uitlogingsscenario's, in §9.2.9.2 wordt dit gedaan voor de scenario's van direct contact tussen mens en afval.

9.2.9.1. Uitlogingsscenario's

Voor de **installatiemodellen** heeft NIRAS bij kwalificatie:

- Voor het expected evolution scenario (EES) gekeken of de hypothesen en parameters representatief zijn voor de verwachte evolutie. Indien dit niet het geval was, werd er een analyse gemaakt van de invloed op het systeemgedrag en rechtvaardiging t.o.v. de doelstellingen van het EES;
- Voor het referentiescenario (RS) gekeken naar het conservatisme t.o.v. het EES en haar onzekerheden;
- Voor de alternatieve evolutiescenario's (AES) gekeken of deze de mogelijke, maar niet verwachte evoluties afdekken en voldoende omhullend zijn;
- Voor de intrusiescenario's en penaliserende scenario's het omhullend karakter van de gestileerde scenario's beargumenteerd.

Qua verificatie werd een verificatie op 3 niveaus uitgevoerd:

- Verificatie van het wiskundig model;
- Verificatie van de codering (o.a. vergelijking met andere codes);
- Verificatie van het computermodel (o.a. convergentie i.f.v. gridverfijning).

Voor het computermodel wordt hierbij gebruik gemaakt van de code COMSOL 3.5.
De validatie is beperkt omwille van de tijdschaal, maar er is wel een partiële validatie gebeurd op procesniveau in vergelijkbare systemen (diffusief transport in cementgebaseerde materialen, waterstroming en transport in poreuze media met lage permeabiliteit en in gescheurde componenten).

*Bel V heeft met behulp van de code FEFLOW een **onafhankelijke verificatie uitgevoerd** van de resultaten van de berekeningen door NIRAS voor het gehanteerde installatiemodel van het RS. Op basis*

van deze verificatie, en ook op basis van de evaluatie door FANC en Bel V van de kwalificatie en kwaliteitscontrole door NIRAS en SCK°CEN, kunnen FANC en Bel V ***akkoord*** *gaan* ***met de door NIRAS beschouwde installatiemodellen****.*

Voor de **berekening van de GTF** maken de transportmodellen, geïmplementeerd in MT3DMS [70], gebruik van een ondersteunend lokaal grondwatermodel geïmplementeerd in MODFLOW-2005 [71]. Dit lokale grondwatermodel is voor zijn randvoorwaarden gedeeltelijk gebaseerd op een in MODFLOW-2005 geïmplementeerd regionaal grondwatermodel.
Het lokale grondwatermodel werd gekalibreerd t.o.v. gemeten grondwaterniveaus. De stroomrichting in de nabijheid van de oostelijke tumulus van het model werd bevestigd door stijghoogtemetingen in piëzometers, terwijl de stroomsnelheid in de nabijheid van de oostelijke tumulus werd bevestigd door dilutietesten en in situ conductiviteitsmetingen.
Voor het lokale grondwatermodel hebben FANC en Bel V een ***onafhankelijke validatie*** *uitgevoerd door de vergelijking te maken van het door NIRAS gehanteerde model met gegevens en observaties van het terrein. FANC en Bel V hebben ook een onafhankelijke verificatie uitgevoerd van de GTF-bepaling door NIRAS met behulp van een analytisch model* [75].
Zoals reeds gemeld in §9.2.2.3.2, zijn de conclusies van de evaluatie van de kwalificatie en van deze onafhankelijke verificatie en validatie dat FANC en Bel V:

- ***akkoord gaan met de gehanteerde GTF voor een waterput aan de voet van de oostelijke tumulus****.*
- *Het gebruikte lokale grondwatermodel:*
    - ***onvoldoende representatief achten om het conservatisme van de GTF voor een waterput aan de voet van de westelijke tumulus te kunnen justifiëren;***
    - ***onvoldoende gevalideerd geacht wordt om het conservatisme van de GTF voor de kwelgebieden te kunnen justifiëren.***

Hiertoe zal een nieuw hydrogeologisch model opgesteld moeten worden dat de actuele situatie ter hoogte van de bergingssite en haar omgeving op een correcte manier voorstelt. Voor FANC en Bel V dient dit te gebeuren voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad.

Voor de **biosfeermodellen** heeft de receptor waterput aan de voet van de oostelijke tumulus de hoogste radiologische impact. Ook voor deze modellen werd door NIRAS een uitgebreide kwalificatie en verificatie uitgevoerd. Omwille van de gestileerde aanpak van deze modellen is er slechts een beperkte validatie door meting of experiment mogelijk. Biosfeermodellen zijn wiskundige modellen gebaseerd op analytische vergelijkingen voor het bepalen van transfer- en blootstellingswegen.
FANC en Bel V hebben, met behulp van Excel en de code AMBER, een onafhankelijke verificatie uitgevoerd van de resultaten van de door NIRAS uitgevoerde berekeningen met het biosfeermodel geassocieerd aan een waterput. Op basis hiervan gaan FANC en Bel V ***akkoord met het door NIRAS gehanteerde biosfeermodel voor de waterput aan de voet van de tumuli.*** *Voor de biosfeerreceptor 'kwelgebieden' wordt gevraagd om de inname door dieren van besmet grondwater afkomstig van de put in ondiep grondwater in dit biosfeermodel te beschouwen en om de grondeigenschappen, die in dit model beschouwd worden, te rechtvaardigen t.o.v. de eigenschappen van de gronden die in de geïdentificeerde kwelgebieden waargenomen worden. Ten slotte gaan FANC en Bel V op basis van hun evaluatie akkoord met het biosfeermodel dat door NIRAS gehanteerd wordt voor een rivier.*

In conclusie hebben FANC en Bel V voor deze scenario's een evaluatie van de modelkwalificatie, alsook onafhankelijke verificaties en validaties uitgevoerd. Op basis hiervan en op basis van de door NIRAS uitgevoerde QVV, ***stellen FANC en Bel V vertrouwen te hebben in de uitgevoerde radiologische impactevaluaties voor deze scenario's indien de biosfeerreceptor de rivier (Kleine Nete) of de waterput aan de voet van de oostelijke tumulus is****.*

9.2.9.2. Scenario's van direct contact tussen mens en afval

Voor deze scenario's heeft NIRAS gebruik gemaakt van het Human Intrusion Assessment Model (HIAM), een Excel-tool die ontwikkeld werd door Galson Ltd.

Qua QVV werden de volgende aspecten gedaan:

- De consistentie van de conceptuele intrusiemodellen met andere internationale benaderingen werd geverifieerd;
- De parameters werden zo gekozen dat ze geen afbreuk doen aan het omhullend karakter van de verschillende scenario's;
- Specifieke "Quality Assurance" procedures werden gevolgd om de correcte implementatie te bevestigen;

Omwille van de gestileerde aanpak van deze scenario's is er slechts een beperkte validatie door meting of experiment mogelijk.

Op basis van hun evaluatie van de modelkwalificatie en uitgevoerde onafhankelijke verificaties (bv. voor het scenario "Analyse van een boorkeren"), menen FANC en Bel V dat ***NIRAS het QVV-proces voor deze scenario's correct doorlopen heeft****, wat het* ***vertrouwen in de resultaten versterkt****.*

9.3. Globale risicoanalyse

Zoals vermeld in §5.5.3 van dit verslag heeft NIRAS een globale risicoanalyse uitgevoerd die tot doel heeft om de risico's te evalueren die verbonden zijn aan de volgende contextuele onzekerheden:

1. Onzekerheid gelinkt aan sociaal-politieke factoren;
2. Verlies van knowhow;
3. Wijzigingen van de activiteiten in de omgeving van de bergingsinrichting;
4. Nieuwe wetenschappelijke inzichten over de omgevingsrisico's en kunstmatige barrières;
5. Wijzigingen qua productie en verwerking van categorie A-afval;
6. Wijzigingen in het veiligheidskader;
7. Gebrek aan resources en/of financiële middelen.

Voor de gevolgen van deze contextuele onzekerheden werd een kwalitatieve inschatting van de plausibiliteit (laag, middelmatig of aannemelijk) gegeven en een evaluatie van de radiologische consequenties (via afweging t.o.v. de dosisbeperking (DB) of dosisreferentiewaarde (DRW)) gemaakt. Op basis van de plausibiliteit en de radiologische consequenties werd dan de risicoklasse bepaald aan de hand van een risicomatrix (Tabel 9-6). Hierbij definieert NIRAS de volgende risicoklassen:

- Risicoklasse **A**: onaanvaardbaar;
- Risicoklasse **B**: ongewenst, extra maatregelen om het risico te beperken zijn vereist en tijdens de periodieke herzieningen dient steeds nagegaan te worden of er extra maatregelen kunnen genomen worden;
- Risicoklasse **C**: aanvaardbaar, extra maatregelen om het risico te beperken zijn wenselijk en tijdens de periodieke herzieningen dient steeds nagegaan te worden of er extra maatregelen kunnen genomen worden
- Risicoklasse **D**: aanvaardbaar, geen extra maatregelen vereist, maar wel wenselijk indien eenvoudig.

		Plausibiliteit		
		Laag	Middelmatig	Aannemelijk
Radiologische consequenties	Laag (≤ DB of DRW)	D	D	D
	Middelmatig (≤ 10 x DB/DRW)	D	C	B
	Hoog (> 10 x DB/DRW)	C	B	A

Tabel 9-6: Risicomatrix (DB: dosisbeperking en DR: dosisreferentiewaarde)
(Tabel 2-15 uit het veiligheidsrapport)

De hoogste risicoklasse die voorkomt bij NIRAS, is risicoklasse C. Deze wordt bekomen voor het vroegtijdig verlaten van de site en het niet sluiten van de bergingsinrichting (wat het gevolg kan zijn van meerdere contextuele onzekerheden). NIRAS heeft vervolgens, afhankelijk van de beschouwde contextuele onzekerheid, maatregelen geïdentificeerd om de risico's te verminderen. Hieronder worden enkel belangrijke maatregelen opgesomd die in meerdere gevallen voor een risicobeperking zorgen:

1. Het plaatsen van de afdekking op de modules van een zone, zo snel als mogelijk nadat deze met afval is gevuld;
2. Het plaatsen van monolieten met hogere activiteitsconcentratie onderaan in de modules;
3. Het verderzetten van processen om blijvende lokale en nationale maatschappelijke steun te hebben voor de berging;
4. Tijdens constructie en exploitatie van de berging programma's voor toegepast onderzoek, ontwikkeling en demonstratie blijven uitvoeren. In dit verband vragen FANC en Bel V om tegen de tweede Wetenschappelijke Raad een overzicht te geven van de acties die NIRAS onderneemt i.h.k.v. het onderzoek, de ontwikkeling en de demonstratie, en dit met de volgende doelstellingen:
    - De geldigheid nagaan van onderstellingen en parameters gebruikt in de veiligheidsevaluaties;

- De performantie en/of robuustheid van het bergingssysteem verhogen;
- Internationale ontwikkelingen en beste praktijken opvolgen en ervaringsbeheer toepassen.

5. Uitvoeren van monitoringsactiviteiten tijdens fases Ia, Ib, II en III;
6. Uitvoeren van periodieke veiligheidsherzieningen en het beheer van ervaringsfeedback.
7. Voorzien van financieel beheer door de centrale administratie van NIRAS en financiering van de berging via een specifiek Fonds op Lange Termijn.

FANC en Bel V gaan akkoord met de gehanteerde methodologie van NIRAS voor de globale risicoanalyse, alsook met de bekomen resultaten ervan*. Voor FANC en Bel V lijken de geïdentificeerde maatregelen adequaat om de risico's te verminderen. FANC en Bel V zien* ***deze maatregelen als belangrijke aandachtspunten tijdens de toekomstige uitbating*** *van de bergingsinrichting.*

9.4. Beoordeling FANC en Bel V van de veiligheidsevaluatie

9.4.1. Operationele veiligheidsevaluatie

Aangaande de operationele veiligheidsevaluatie stellen FANC en Bel V dat er op basis van de door NIRAS uitgevoerde operationele veiligheidsevaluatie ***geen onderschatting is van de radiologische gevolgen t.g.v. gebeurtenissen van interne of externe oorsprong.*** *FANC en Bel V gaan akkoord dat* ***vliegtuigval tijdens fase Ia*** *als* ***omhullende gebeurtenis/referentieongeval*** *wordt beschouwd voor deze gevolgen****.***

FANC en Bel V formuleren wel enkele fundamentele opmerkingen aangaande het hoofdstuk 13 "Veiligheidsevaluatie – operationele veiligheid". *In dit kader vragen FANC en Bel V dat NIRAS voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad een ontwerp van hoofdstuk operationele veiligheid (hoofdstuk 13) opstelt****,*** *waarin op een systematische manier de operationele veiligheid wordt geanalyseerd, zoals FANC en Bel V verwachten van een klasse I exploitant (artikel 3 van het KB houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties* [2]*).*

In dit ontwerp van hoofdstuk dient NIRAS:

- *De oefening van de identificatie van gebeurtenissen te hermaken waarbij op een traceerbare en eenduidige manier beschreven wordt hoe dit is gebeurd;*
- *Per gebeurtenis, volgens de FANC-leidraden* [9]*,* [14] *en* [15]*, de radiologische en andere*[49] *gevolgen te bepalen, waarbij de categorisatie van de gebeurtenissen als incident of ongeval logisch dient verklaard te worden.*
- *De aanvaardbaarheid van de gevolgen/impact te argumenteren voor elke gebeurtenis, alsook de (ontwerp)maatregelen die genomen werden om de (potentiële) impact te milderen.*

Bij de bevestiging van de vergunning zal dit aangepaste hoofdstuk het huidige hoofdstuk 13 dan vervangen.

Specifiek voor de val van een toestel van de burgerluchtvaart tijdens de Nucleaire Reglementaire Controlefase zal hierbij een nieuwe realistische bepaling van de maximale impact voor personen van het publiek dienen te gebeuren. In geval van een onmiddellijk vrijkomen dient zowel met droge als natte omstandigheden rekening gehouden te worden.

9.4.2. Lange termijn veiligheidsevaluatie

In hoofdstuk 14 van het veiligheidsrapport wordt de lange termijn veiligheidsevaluatie besproken. Deze evaluatie beslaat de volgende drie aspecten: veiligheidsanalyse, performantieanalyse en kwalitatieve bewijzen en argumenten.

- *Aangaande de* ***veiligheidsanalyse gaan FANC en Bel V akkoord met de gehanteerde methodologie en de afleiding van de verschillende scenario's door NIRA****S. FANC en Bel V oordelen ook dat de uitgevoerde veiligheidsanalyse de* ***mogelijke radiologische impact van de installatie niet onderschat****. Hieronder wordt dit kort toegelicht per scenario:*
  - *Het* ***verwachte evolutie scenario*** *(****EES****) is voldoende representatief voor de fenomenologisch verwachte evolutie om de radiologische impact te kunnen bepalen en een onzekerheidsanalyse te kunnen uitvoeren.*
    Specifiek voor het gehanteerde ***hydrogeologisch model*** *stellen FANC en Bel V dat dit momenteel enkel geschikt is om de Geosfeer Transfer Factor (GTF) van de waterput aan de voet van de oostelijke tumulus te bepalen. Voor de westelijke tumulus dient NIRAS de actuele hydrogeologische situatie nog te bevestigen aan de hand van terreinmetingen, waarna een geschikt hydrogeologisch model zal moeten opgesteld worden voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad. De GTF voor de westelijke tumulus kan momenteel dan ook nog niet bepaald worden. Ook voor het bepalen van de GTF voor de kwelgebieden is het hydrogeologisch model onvoldoende gevalideerd.* ***De GTF van de kwelgebieden is momenteel dan ook niet***

[49] Zoals impact op SSC's belangrijk voor de lange termijn

***bevestigd**. Aangezien de waterput aan de voet van de oostelijke tumulus met een marge van meerdere grootteordes de meest beperkende biosfeerreceptor is, zijn FANC en Bel V van mening dat de radiologische impact niet onderschat zou kunnen worden t.g.v. de niet bevestigde GTF voor de kwelgebieden. Aan de hand van het nieuw op te stellen hydrogeologisch model zal ook voor de kwelgebieden het conservatisme van de GTF dienen bevestigd te worden en dit voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad.*

*NIRAS heeft momenteel geen essentiële parameters met betrekking tot de **biosfeer** geïdentificeerd, hoewel ook daar een afwijking van sommige parameters de resultaten van de veiligheidsevaluatie significant kan beïnvloeden. Daarom vragen FANC en Bel V om de essentiële parameters uit te breiden met de essentiële biosfeerparameters tegen het bevestigingsbesluit. Voor de **biosfeerreceptor 'kwelgebieden'** wordt ook gevraagd om de inname door dieren van besmet grondwater afkomstig van de put in ondiep grondwater in dit biosfeermodel te beschouwen en om de grondeigenschappen, die in dit model beschouwd worden, te rechtvaardigen t.o.v. de eigenschappen van de gronden die in de geïdentificeerde kwelgebieden waargenomen worden.*

- *Voor het **referentiescenario** (**RS**) wordt door NIRAS op **voldoende wijze het conservatief karakter t.o.v. het EES en zijn onzekerheden beargumenteerd**. De radiologische impact van dit scenario voldoet aan de dosisbeperking van 0,1 mSv/jaar, maar er is wel zo goed als **geen veiligheidsmarge**.*

  Aangezien voor het uitvoeren van de performantieberekeningen, die uit te voeren zijn voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad, een meer representatief installatiemodel moet ontwikkeld worden, vragen FANC en Bel V om tegen dan ook een aangepast RS te berekenen. Op die manier kan dan geverifieerd worden of er bij een meer representatief model meer veiligheidsmarge is.

  Aangaande de evaluatie van de impact voor de niet-menselijke biota wordt gevraagd om enkele opmerkingen van FANC en Bel V (met name (1) het in rekening brengen van recente ontwikkelingen, (2) het beschouwen van bijkomende blootstellingswegen en (3) het bevestigen van de fauna en flora van de te identificeren kwelgebieden) in rekening te brengen voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad.
- *Voor de **alternatieve evolutie scenario's** (**AES**) **gaan FANC en Bel V akkoord** met de **ontwikkeling van de scenario's. FANC en Bel V oordelen dat alle niet verwachte, maar mogelijke gebeurtenissen, die een aanzienlijke impact kunnen hebben op de insluitingsperformantie van het bergingssysteem, zijn afgedekt**. NIRAS dient echter wel nog systematisch de kwalificatie van de AES-modellen te ontwikkelen, en dit tegen een tweede Wetenschappelijke Raad. Op basis van de uitgevoerde evaluatie heeft NIRAS ook aangetoond in lijn te zijn met de van toepassing zijnde risicobeperking.*
- *Voor de **scenario's van menselijke intrusies** (**HIS**) zijn FANC en Bel V akkoord dat de **gestileerde, hypothetische scenario's een redelijke bovengrens vormen qua radiologische impact**. In de veronderstelling van een homogene verspreiding van het afval wordt steeds voldaan aan de dosis-referentiewaarde van 3 mSv. Er worden heterogeniteitsbeperkingen opgelegd door NIRAS om in de praktijk te verzekeren dat er steeds aan deze referentiewaarde wordt voldaan. Wanneer dit niet louter op basis van heterogeniteitsbeperkingen kan, zullen in de toekomst de nodige verificaties van het opvulplan[50] gebeuren om dit te verzekeren. FANC en Bel V gaan hiermee akkoord.*
- *Voor **de penaliserende scenario's** (**PS**) gaan **FANC en Bel V akkoord** met de **keuze** van het **startpunt** (2000 jaar) en het **eindpunt van de evaluatiefase** (10.000 jaar). Het **omhullend karakter** van het penaliserend grondwater en penaliserend grondscenario wordt in het licht van verschillende verwachte en niet verwachte, maar mogelijke evoluties op een **voldoende manier beschreven** in het veiligheidsrapport. Aangezien de*

[50] Er zullen ook verificaties uitgevoerd worden op basis van RS en AES.

dosisimpact van dit scenario in lijn is met de dosisreferentiewaarde van 3 mSv/jaar, gaan FANC en Bel V akkoord met de volledige uitwerking ervan.

- *In het huidige veiligheidsdossier heeft NIRAS nog geen **performantieanalyse** uitgevoerd, noch op het gebied van insluiting, noch op het gebied van afzondering. FANC en Bel V vragen daarom om, voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad, een performantieanalyse uit te voeren.*
- *Tenslotte oordelen FANC en Bel V dat NIRAS in haar veiligheidsdossier de **nodige kwantitatieve bewijzen en elementen** heeft opgenomen om de kwantitatieve analyses te ondersteunen. NIRAS heeft in dit kader ook een **proces van kwalificatie, verificatie en validatie** uitgevoerd ten einde te verifiëren dat de gehanteerde modellen geschikt zijn voor hun beoogde doel.*

9.4.3. Globale risicoanalyse

***FANC en Bel V gaan akkoord met de gehanteerde methodologie van NIRAS voor de globale risicoanalyse, alsook met de bekomen resultaten ervan**. Voor FANC en Bel V lijken de geïdentificeerde maatregelen adequaat om de risico's te verminderen. FANC en Bel V zien **deze maatregelen als belangrijke aandachtspunten** die ze ook **verder zullen opvolgen tijdens de toekomstige uitbating** van de bergingsinrichting.*

10. Vereisten en conformiteitscriteria voor bergingscolli

In deze sectie worden de vereisten en conformiteitscriteria uiteengezet voor de bergingscolli, in casu 'monolieten'. De vereisten en criteria hebben betrekking op het afval dat in de monoliet wordt geconditioneerd, op de caisson en opvulmortel van de monoliet, of soms ook op de monoliet in haar geheel.

FANC en Bel V voorzien dat de **conformiteitsvereisten** met betrekking tot het **afval** in **de vergunning** komen. De **conformiteitscriteria** zelf zullen in het **veiligheidsrapport** worden vastgelegd. Als uitzondering hierop, zullen FANC en Bel V wel de concentratielimieten per nuclide in de vergunning opnemen.

*In de volgende paragrafen worden vereisten gegeven die een eerste voorstel van FANC en Bel V zijn voor de vergunning. Deze vereisten worden **aangeduid in groen**. FANC en Bel V zullen dit voorstel verder uitwerken voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad.*

FANC en Bel V stellen voor om de vereisten en criteria te verbinden via de volgende fundamentele vereiste:

Het radioactief afval dient in monolieten te zijn geconditioneerd, dewelke voldoen aan de vereisten uit dit besluit en aan de conformiteitscriteria in het veiligheidsrapport van de inrichting.

Een andere algemene vereiste m.b.t. de monoliet als insluitingsbarrière is de volgende:

De monolieten moeten, behoudens specifieke ongevalsomstandigheden die door de veiligheidsevaluatie in het veiligheidsrapport zijn afgedekt, het afval en de radioactiviteit erin insluiten zo lang als verondersteld wordt in de veiligheidsevaluatie van de inrichting. Deze periode kan niet korter zijn dan de operationele periode.

De vereisten en criteria die hieronder worden ontwikkeld hebben betrekking op de mechanische, fysische, chemische, biologische en radiologische eigenschappen van de bergingscolli.

De conformiteitscriteria voor het afval zullen afgetoetst worden in de conformiteitsdossiers die NIRAS per (sub)familie zal opstellen (zie §7.2 van dit verslag). De conformiteitscriteria voor de opvulmortel, caisson en monolieten in hun geheel zullen worden afgetoetst via de (kwaliteits)controles in IPM en bij het aanbieden van het afval aan de berging.

10.1. Mechanische vereisten en conformiteitscriteria

10.1.1. Mechanische vereisten en criteria voor de caisson en opvulmortel

De mechanische vereisten kunnen worden afgeleid uit de combinatie van tabel 15-7 in bijlage 2 van hoofdstuk 15 van het veiligheidsrapport en de lijst in §15.1.1 van het veiligheidsrapport.

De mechanische vereisten zijn:

(Ontwerp)vereiste	Code ontwerpvereiste
Geen doorgaande macro-scheuren	DR5.b
Lage (krimp)scheurwijdte	DR9.g
Weerstaan aan de DBE350[51] (behoud van de veiligheidsfuncties)	DR12.a
Weerstaan aan de DBE50[52] (behoud van de veiligheidsfuncties)	DR12.b
Een SFP[53] brug voorzien (wat implicaties heeft op de sterkte van het materiaal van de hijsogen van de monolieten)	DR13.a

[51] Design Basis Earthquake lange termijn (terugkeerperiode 8575 jaar)
[52] Design Basis Earthquake operationele periode (terugkeerperiode 1225 jaar)
[53] Single Failure Proof. De vereiste heeft implicaties voor de sterkte van het metaal van de hijsankers van de monolieten.

(Ontwerp)vereiste	Code ontwerpvereiste
Weerstaan aan de statische belastingen	DR25.a
Weerstaan aan de dynamische belastingen (behalve aardbeving en klimaatbelastingen)	DR25.b

Tabel 10-1: Mechanische vereisten voor de caisson en opvulmortel (Gebaseerd op tabel 15-1 van het veiligheidsrapport

*Hoewel gediscussieerd kan worden over het feit of de eerste twee eerder fysische dan wel mechanische vereisten zijn, gaan **FANC en Bel V akkoord met deze vereisten** en stellen voor om de onderstaande conformiteitsvereiste op te nemen in de vergunning:*

De mechanische weerstand van de monoliet dient voldoende te zijn om te weerstaan aan de statische en dynamische belastingen gedefinieerd in het veiligheidsrapport.

De vereisten worden vertaald in onderstaande criteria:

Criteria#	Code ontwerp-vereiste	Conformiteitscriterium	component	Kwaliteitscontrole
Mon05	12.a/b, 25.a/b	Druksterkteklasse minimaalC40/50	Caisson Mortel	Geverifieerd volgens NBN EN 13369
Mon20	13.a	Karakteristieke vloeigrens van het materiaal van de hijsankers f_{yk} ≥750 MPa	Caisson	Geverifieerd op materiaalfiches en testen
Mon21	25.a	Wapening ≥ figuren in §7.4 in annex 1 aan [OD-131]	Caisson	Geverifieerd op de wapeningsplannen en in de fabriek alvorens het betonneren kan starten
Mon22	25.a	Wapeningsstaal met karakteristieke vloeigrens f_{yk} ≥ 500 MPa	Caisson	Geverifieerd op materiaalfiches en testen
Mon25	5.b	Geen doorgaande macro-scheuren	Caisson Mortel	Visuele controle gebeuren op de caissons + de afwezigheid van doorgaande scheuren in een caisson zal ook getest worden door het vullen van de caisson met water
Mon29	9.g	Scheurwijdte ≤ 0,2 mm	Caisson	Geverifieerd door visuele controle.

Tabel 10-2: Mechanische conformiteitscriteria voor de caisson en opvulmortel (Gebaseerd op tabel 15-7 van het veiligheidsrapport)

***FANC en Bel V gaan akkoord met de voorgestelde criteria**. Ze dekken afdoende de vereisten af en beantwoorden ook aan de door FANC en Bel V voorgestelde conformiteitsvereiste.*

10.1.2. Mechanische vereisten en criteria voor het ingebrachte radioactief afval

Aangezien het afval geen mechanische krachten zal dienen op te nemen zullen er geen mechanische vereisten aan het radioactieve afval worden gesteld. De mechanische krachten worden volledig opgenomen door de caisson van de monoliet.

FANC en Bel V gaan hiermee akkoord.

10.2. Fysische vereisten en conformiteitscriteria

10.2.1. Fysische vereisten en criteria voor de caisson, de opvulmortel en monoliet in haar geheel

De fysische vereisten kunnen worden afgeleid uit de combinatie van tabel 15-7 in bijlage 2 van hoofdstuk 15 van het veiligheidsrapport, alsook de lijst in §15.1.1 van het veiligheidsrapport.

De fysische vereisten zijn:

(Ontwerp)vereiste	Code ontwerpvereiste
Lage effectieve diffusiviteit van de caisson	DR4
Een lage effectieve hydraulische geleidbaarheid om advectief transport verwaarloosbaar te maken	DR5.a
Geen doorgaande macro-scheuren	DR5.b
Lage effectieve diffusiviteit	DR7
Weerstaan aan vorst/dooi cycli	DR9.c
De gebruikte materialen zodanig kiezen dat de afscherming van de bevolking en werknemers kan verzekerd worden	DR11
De aanwezigheid van lege ruimtes in de bergingsverpakkingen beperken	DR24
De monoliet in zijn geheel moet een massa hebben die compatibel is met het bouwkundige ontwerp van de bergingsinstallatie en de uitrustingen voor het hanteren en verplaatsen van monolieten.	Geen toegekend

Tabel 10-3: Fysische vereisten voor de caisson en opvulmortel
(Gebaseerd op tabel 15-1 van het veiligheidsrapport)

FANC en Bel V gaan akkoord met deze vereisten en stellen voor deze als volgende conformiteitsvereiste te formuleren in de vergunning:

De fysische eigenschappen van de caisson en opvulmortel van de monoliet dienen dusdanig te zijn dat ze hun rol en veiligheidsfuncties zoals vastgelegd in het veiligheidsrapport kunnen uitoefenen.

De vereisten worden vertaald in onderstaande criteria:

Criteria#	Code ontwerp-vereiste	Conformiteitscriterium	Component	Kwaliteitscontrole
Mon03	4, 5.a, 7, 9.c	Hoeveelheid cement ≥ 320 kg/m³	Caisson Mortel	Geverifieerd volgens NBN EN 13369
Mon04	4, 5.a/b, 7, 9.c	W/C ≤ 0.5	Caisson Mortel	Geverifieerd volgens NBN EN 13369
Mon05	4,5.a/b, 7, 9.c,	Druksterkteklasse minimaal C40/50	Caisson Mortel	Geverifieerd volgens NBN EN 13369

Criteria#	Code ontwerp-vereiste	Conformiteitscriterium	Component	Kwaliteitscontrole
Mon06	5.a	Doseernauwkeurigheid conform toleranties toegelaten door NBN EN 206-1. Doseernauwkeurigheid voor water: 1,5%	Mortel	Geverifieerd door controles op de doseerinstallatie
Mon11	24	De opvulmortel moet de caisson vullen tot aan de openingen in het deksel	Mortel	Visuele controle
Mon18	11	Wanddikte ≥ 12 cm	Caisson	Geverifieerd op de bekistingsplannen en metingen
Mon19	24	Minimale vloeimaat: 240 mm	Mortel	Controle volgens NBN EN 1015-3 (zonder schokken)
Mon23	9.c	Weerstand aggregaten moet conform norm NBN B 15-001 zijn (milieuklasse EE3)	Caisson Mortel	Gemeten volgens NBN EN 1367-1:2007 of NBN EN 1367-2:2010

Tabel 10-4: Fysische conformiteitscriteria voor de caisson en opvulmortel (Gebaseerd op tabel 15-7 van het veiligheidsrapport)

Betreffende de vereiste aangaande de massa wordt volgend criterium door NIRAS voorgesteld:

- De massa van een monoliet type I mag niet meer bedragen dan 16600 kg.
- De massa van een monoliet type II mag niet meer bedragen dan 17500 kg.
- De massa van een monoliet type III mag niet meer bedragen dan 20000 kg.

FANC en Bel V gaan akkoord met de voorgestelde criteria. *Ze dekken afdoende de vereisten af en beantwoorden ook aan de voorgestelde vereiste voor de vergunning.*

10.2.2. Fysische vereisten en criteria voor het ingebrachte radioactief afval

- NIRAS formuleert volgende vereiste:
  "Het bergingsafval moet de fysische en chemische eigenschappen hebben die het vrijkomen van radionucliden uit het afval beperken."
  FANC en Bel V gaan akkoord met deze vereiste *maar stellen een uitgebreidere versie voor:*
  Het radioactief afval moet de fysische en chemische eigenschappen hebben die het vrijkomen van radionucliden uit het afval beperken, in lijn met de rol die haar in het veiligheidsrapport toebedeeld wordt.
  Met deze vereiste is volgend criterium verbonden:

  > "Voor een monoliet met colli in een cementmatrix geconditioneerd afval, moet in elk collo geconditioneerd afval de hoeveelheid uitgeharde cementpasta groter of gelijk zijn aan 10m% van de massa van het collo."

  FANC en Bel V gaan akkoord met dit criterium.

- NIRAS formuleert ook de volgende vereiste:

  "De hoeveelheid conditioneringsmortel moet voldoende groot zijn om het vrijkomen van radionucliden uit het collo te beperken."

  FANC en Bel V gaan hiermee akkoord.

  De vereiste wordt door NIRAS vertaald in volgend criterium:

"Voor een collo heterogeen in een cementmatrix geconditioneerd afval, moet de hoeveelheid mortel groter of gelijk zijn aan 85 vol% van de ruimte bestaande uit het interne volume van het vat minus het externe volume van het ruwe en/of verwerkte radioactieve afval. Hierbij moet de conditioneringsmortel de bovenkant van het afval zichtbaar volledig bedekken."

FANC en Bel V gaan akkoord met dit criterium.

10.2.3. Vrije vloeistoffen

NIRAS formuleert de volgende vereiste:

"De monoliet mag geen vrije vloeistoffen bevatten."

FANC en Bel V gaan akkoord met deze vereiste *maar stellen voor om deze uit te breiden tot de volgende, bredere vereiste:*

Het te bergen radioactief afval dient zich in vaste vorm te bevinden. Het bergen van vloeibaar of gasvormig afval is niet toegelaten. De monoliet mag geen vrije vloeistoffen bevatten.

De vereiste van NIRAS wordt vertaald in volgend criterium:

- Het in de monoliet ingebrachte radioactieve afval mag geen vrije vloeistoffen bevatten.

Dit criterium volgt rechtstreeks uit de vereiste van afwezigheid vloeistoffen in de monolieten. ***FANC en Bel V gaan akkoord met dit criterium****.*

10.2.4. Processen die kunnen leiden tot expansie van het bergingsafval

NIRAS formuleert onderstaande vereiste met betrekking tot expansie van het afval:

"Processen die tot expansie kunnen leiden van het bergingsafval moeten vermeden worden tijdens de periode waarin gerekend wordt op de fysische integriteit van de SSC's rondom het afval."

Hoewel ***FANC en Bel V akkoord gaan*** *met deze vereiste, stellen ze voor om deze uit te breiden tot de volgende, bredere vereiste:*

Radioactief afval, caissons en/of opvulmortel, waarin en/of waartussen zich interne chemische of fysische processen kunnen voordoen die de integriteit of de veiligheidsfuncties van de monolieten vroegtijdig kunnen aantasten, zijn niet toegelaten in de berging.

De processen die door NIRAS werden geïdentificeerd die zouden kunnen aanleiding geven tot expansie van het afval en dus de fysische integriteit van de barrières bedreigen zijn 'Alkali Silica Reactie' en laattijdige ettringietvorming of 'Delayed Ettrengite Formation' (DEF) in het beton. Onderstaande criteria beletten dat deze zich kunnen voordoen:

- Voor een collo in een cementmatrix geconditioneerd afval, moet de immobilisatiematrix (bij heterogene conditionering) of de afvalvorm (bij homogene conditionering) ongevoelig zijn voor ASR. Deze ongevoeligheid moet worden aangetoond op representatieve proefstukken aan de hand van geschikte testmethodes, zoals ASTM C 1260 of ASTM C 1293.
- Voor een collo in een cementmatrix geconditioneerd afval, moet de immobilisatiematrix (bij heterogene conditionering) of de afvalvorm (bij homogene conditionering):
  - ofwel een evolutie van zijn interne temperatuur hebben waarbij deze in elk punt kleiner of gelijk blijft aan 60°C,
  - ofwel ongevoelig zijn voor DEF. Deze ongevoeligheid moet worden aangetoond op representatieve proefstukken aan de hand van geschikte testmethodes.
- Betonpuin dat in een collo ofwel rechtstreeks in een monoliet wordt geconditioneerd, moet ongevoelig zijn voor ASR en DEF. Deze ongevoeligheid moet worden aangetoond op basis van de gekende eigenschappen van het beton of, indien dit eerste niet mogelijk is, op representatieve proefstukken en aan de hand van geschikte testmethodes.

FANC en Bel V gaan akkoord met de voorgestelde criteria*.*

10.3. Chemische vereisten en conformiteitscriteria

10.3.1. Chemische vereisten en criteria voor de caisson, de opvulmortel en monoliet in zijn geheel

De chemische vereisten kunnen worden afgeleid uit de combinatie van tabel 15-7 in bijlage 2 van hoofdstuk 15 van het veiligheidsrapport, alsook de lijst in §15.1.1 van het veiligheidsrapport.

De chemische vereisten zijn:

(Ontwerp)vereiste	Code ontwerpvereiste
Aanwezigheid van chemische retentie in componenten waarheen de radionucliden kunnen migreren	DR3
Weerstaan aan interne en externe sulfaataantasting	DR9.a
Aanvaardbare samenstelling van de aggregaten met het oog op het vermijden van alkali-aggregaat-reacties	DR9.b
Trage carbonatatiesnelheid	DR9.d
Voorkomen van corrosie van de wapening	DR9.h
Compatibele materialen gebruiken (onderling en met het afval)	DR10

Tabel 10-5: Chemische vereisten voor de caisson, opvulmortel en monoliet in zijn geheel (Gebaseerd op tabel 15-1 van het veiligheidsrapport)

FANC en Bel V gaan akkoord met deze vereisten.

Deze vereisten leiden tot onderstaande conformiteitscriteria:

Criteria#	Code ontwerp-vereiste	Conformiteitscriterium	Component	Kwaliteitscontrole
Mon01	3	Minstens 19gew% uitgeharde cementpasta	Caisson	Geverifieerd door weging tijdens de aanmaak volgens de norm NBN EN 13369 en analyse (achteraf) op betonstalen
Mon02	3	Minstens 29gew% uitgeharde cementpasta	Mortel	Geverifieerd door weging tijdens de aanmaak en analyse (achteraf) op mortelstalen
Mon07	9.a	HSR cement volgens NBN B12 108 of SR0/SR3 volgens NBN EN 197-1	Caisson Mortel	Geverifieerd in documenten van de leveranciers en controles
Mon08	9.a	Gehalte aan SO_3 in het cement ≤ 2,5 gew%	Caisson	Geverifieerd in documenten van de leveranciers en controles
Mon09	9.a	Gehalte aan MgO in het cement ≤ 1 gew%	Caisson	Geverifieerd in documenten van de leveranciers en controles
Mon10	9.a/b	LA cement conform aan de norm NBN B12 109	Caisson Mortel	Geverifieerd in documenten van de leveranciers en controles (cement-analyse)
Mon12	9.a	CEM III/C volgens NBN EN 197-1	Mortel	Geverifieerd in documenten van de leveranciers en controles
Mon13	9.a/b		Caisson	

Criteria#	Code ontwerp-vereiste	Conformiteitscriterium	Component	Kwaliteitscontrole
		Niet-dolomiet kalkhoudende aggregaten (volgens PTV845 – COPRO) met een laag gehalte aan silica (< 4%)	Mortel	Geverifieerd in documenten van de leveranciers en controles.
Mon14	9.d	CEM I cement	Caisson	Geverifieerd in documenten van de leveranciers en controles
Mon15	9.h	Wapeningsdekking van minstens 40 mm voor de buitenzijde van de caisson op plaatsen waar de wanddikte 12 cm bedraagt	Caisson	Controle van de wapeningsdekking alvorens het betonneren start. Er zal na ontkisting ook een verificatie uitgevoerd worden, bv. met een pachometer.
Mon16	9.h	Geen rechtstreeks fysiek contact plaatsvinden tussen de wapeningskooi en het ingebedde deel van de hijsankers	Caisson	Visuele controle alvorens het betonneren start
Mon17	10	Superplastificeerders van de types sulfonated naftaleen-formaldehyde condensaat of polycarboxylaat (wanneer vereist door de doenbaarheid van de constructie)	Caisson Mortel	Geverifieerd in documenten van de leveranciers.
Mon24	9.a	(C x [SO_3] x 12,5 + 250) / (C x 9,8 x [Al_2O_3]) ≤3 met C het cementgehalte uitgedrukt in kg/m³	Caisson Mortel	Opvolging van de QA/QC documenten van de leveranciers en controles
Mon26	9.b	Expansie op 16 dagen < 0,10%	Caisson Mortel	ASTM C 1260 (Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method)) of equivalent
Mon27	9.b	Expansie < 0,04% op één jaar	Caisson Mortel	ASTM C 1293 (Standard Test Method for Determination of Length Change of Concrete Due to Alkali-Silica Reaction) of equivalent
Mon28	9.a		Caisson	

Criteria#	Code ontwerp-vereiste	Conformiteitscriterium	Component	Kwaliteitscontrole
		Uithardingstemperatuur te beperken ≤65°C, voorwaarde is dat ook aan Mon10 voldaan is en het equivalent alkali-gehalte van het beton, berekend volgens de methode uit TRA 21-600:2008 ≤3 kg/m³ is. Indien niet aan deze twee voorwaarden voldaan is dient de uithardingstemperatuur ≤60°C te zijn.	Mortel	Geverifieerd in documenten van de leveranciers en controles + Tijdens de fabricage van dummy caissons/monolieten zal de temperatuur tijdens de uitharding gemeten worden ter bevestiging
Mon30	3	Voor een monoliet met colli geconditioneerd afval, moet de hoeveelheid opvulmortel groter of gelijk zijn aan 90 vol% van de ruimte bestaande uit het interne volume van de caisson minus het externe volume van de colli geconditioneerd afval (type I/II).	Mortel	Geverifieerd door weging.
Mon31	3	Voor een monoliet met rechtstreeks ingebracht ruw en/of verwerkt radioactief afval, moet de hoeveelheid opvulmortel groter of gelijk zijn aan 50 vol% van het interne volume van de caisson.	Mortel	Geverifieerd door weging.
Mon32	9.a	Gehalte aan Al_2O_3 in het cement moet minimaal 3,5 gew% en maximaal 5,0 gew% zijn	Caisson	Geverifieerd in documenten van de leveranciers en controles

Tabel 10-6: Chemische conformiteitscriteria voor de caisson, opvulmortel en monoliet in zijn geheel (Gebaseerd op tabel 15-7 van het veiligheidsrapport)

FANC en Bel V gaan akkoord met de criteria *en de manier waarop ze de vereisten afdekken.*

10.3.2. Chemische vereisten en conformiteitscriteria voor het ingebrachte radioactief afval

Een aantal stoffen die in het afval aanwezig zouden kunnen zijn dienen beperkt te worden daar ze een negatief effect kunnen hebben op het functioneren van de berging als gevolg van:

- het vormen van complexen met radionucliden waardoor deze laatste mobieler zijn / zich makkelijker verspreiden;
- het aantasten van de integriteit van de barrières.

NIRAS definieert in dat licht een aantal chemische vereisten en conformiteitscriteria die in wat volgt uiteengezet worden.

De eerste is betreffende cellulose.

“Complexering door de aanwezigheid van cellulosehoudende stoffen in het afval mag de radiologische impact door uitloging op lange termijn niet significant verhogen. De aanwezigheid van cellulosehoudende stoffen in het ingebrachte radioactieve afval moet daartoe worden beperkt.”

***FANC en Bel V gaan akkoord met de vereiste**. FANC en Bel V stellen op het einde van deze paragraaf een aantal vereisten voor die dit afdekken, doch algemener zijn.*

In verband met cellulose zijn dit de voorgestelde criteria:

- Voor een monoliet met colli geconditioneerd afval, mag in geen enkel collo de hoeveelheid cellulosehoudende stoffen groter zijn dan 0,4 kg gedeeld door het nominale aantal colli per monoliet. Concreet resulteert dit in de limietwaarden gegeven in Tabel 10-7.
- Voor een monoliet met rechtstreeks ingebracht ruw en/of verwerkt radioactief afval, mag de hoeveelheid cellulosehoudende stoffen niet groter zijn dan 0,4 kg per monoliet.

Type collo geconditioneerd afval	Maximale inhoud aan cellulosehoudende stoffen
220 L	0,08 kg
400 L	0,1 kg
400 L type FV04	0,1 kg
600 L	0,4 kg
1000 L	0,4 kg
1500 L	0,4 kg
1600 L	0,4 kg

Tabel 10-7: Limietwaarden voor cellulosehoudende stoffen in colli geconditioneerd afval (Gebaseerd op tabel 15-2 van het veiligheidsrapport)

***FANC en Bel V gaan akkoord met deze celluloselimiet.** NIRAS baseert zich op een conservatief scenario betreffende het moment van degradatie van cellulose en de hoeveelheid omzetting van cellulose in isosacharinezuur* [76].

Chloor heeft net als isosacharinezuur een complexerende werking, maar vormt tevens een bedreiging voor de fysieke integriteit van de barrières wegens zijn vermogen om het wapeningsstaal aan te tasten. Daarom zal ook voor dit element een vereiste van toepassing zijn:

“Chloride-ionen in het afval mogen de omliggende betonbarrières niet verstoren door versnelde corrosie van de stalen wapening tijdens de periode waarin deze barrières als niet-gedegradeerd beschouwd worden.

Complexering door de aanwezigheid van chloride-ionen in het afval mag de radiologische impact door uitloging op lange termijn niet significant verhogen.”

FANC en Bel V gaan akkoord met deze vereisten. Deze worden door NIRAS vertaald in volgende conformiteitscriteria:

- Voor een monoliet met colli geconditioneerd afval, mag in geen enkel collo geconditioneerd afval de hoeveelheid minerale chloride-ionen[54] in de afvalvorm groter zijn dan 0,4m% van de massa cement in de immobilisatiematrix (bij heterogene conditionering) of in de afvalvorm (bij homogene conditionering) van het collo.
- Voor een monoliet met rechtstreeks ingebracht ruw en/of verwerkt radioactief afval, mag de hoeveelheid minerale chloride-ionen in het ingebrachte ruwe en/of verwerkte radioactieve afval niet groter zijn dan 0,4m% van de massa cement in de opvulmortel.

Het criterium is afgeleid uit de Belgische betonnormen met het oog op het vermijden van corrosie van het wapeningsstaal. NIRAS dient nog na te gaan of er bij deze concentratie, door de werking van chloride-ionen als complexant of competitief ion, geen verhoogde mobiliteit van radionucliden zou zijn. Indien toch het geval zal de voorgestelde limiet nog verstrengd moeten worden.

Het is echter nergens in het dossier bevestigd dat die concentratie geen impact heeft op de eigenschap van chloor als complexant of competitief anion en dus een invloed heeft op het vrijkomen van de nucliden. ***FANC en Bel V gaan voorlopig akkoord met dit criterium,*** *maar vragen dat tegen de tweede Wetenschappelijke Raad dit criterium ook gekoppeld wordt aan de rol van chloor als complexant.*

Algemeen betreffende complexanten voorziet NIRAS volgende vereiste:

"Complexering door de aanwezigheid van complex- en chelaatvormende agentia in het afval mag de radiologische impact door uitloging op lange termijn niet significant verhogen. De aanwezigheid van complex- en chelaatvormende agentia in het in de monoliet ingebrachte radioactief afval moet daartoe worden beperkt."

Voor wat betreft complexanten andere dan cellulose of chloor (bv. citroenzuur, wijnsteenzuur, oxaalzuur), wordt de vereiste niet vertaald naar limieten. Er is een lijst beschikbaar van mogelijke agentia in het veiligheidsdossier, waarvoor het voorkomen in het afval dient nagegaan te worden en case by case aangetoond dat in geval aanwezig deze aanwezigheid geen invloed zal hebben op de mobiliteit van de radionucliden in de berging.

FANC en Bel V gaan akkoord met deze aanpak.

Sulfaten kunnen de integriteit van de barrières aantasten. Volgende vereiste wordt door NIRAS geformuleerd in verband met sulfaten:

"Het vrijkomen van sulfaten uit het bergingsafval mag niet leiden tot een aantasting van de betonbarrières tijdens de periode waarin deze barrières als niet-gedegradeerd beschouwd worden."

FANC en Bel V gaan akkoord met deze vereiste.

Het door NIRAS voorgestelde criterium zal van toepassing zijn op sulfaten in het afval:

- Voor een monoliet met colli geconditioneerd afval, mag in geen enkel collo het gehalte aan sulfaten (massa SO_4^{2-}) afkomstig van het ruwe en/of verwerkte radioactieve afval, groter zijn dan 12 gram per kilogram van de afvalvorm. Hierbij is de massa van de afvalvorm gelijk aan de massa van het collo verminderd met de massa van zijn verpakking. Alle vormen van sulfaten uitgezonderd bariumsulfaat moeten in rekening gebracht worden.

Ook deze limiet is afkomstig van de in België toepasselijke betonnormen en stemt overeen met de milieuklasse XA2, waarvoor het beton van de inrichting ontworpen werd. ***FANC en Bel V gaan akkoord met dit conformiteitscriterium.***

Wat betreft **gevaarlijke stoffen** is er volgend voorstel van vereiste:

[54] Met minerale chloride-ionen wordt bedoeld: het element chloor in een niet-covalente binding, zoals dit voorkomt in wateroplosbare chloriden. Het gaat dus niet over het element chloor in verbindingen zoals bijvoorbeeld PVC.

"Gevaarlijke stoffen binnen het in de monoliet ingebrachte radioactieve afval mogen de verwachte performantie van de monoliet niet verstoren en mogen ook de stabiliteit en de verwachte performantie van het bergingssysteem niet verstoren."

*De **vereiste is voor FANC en Bel V verkeerd geformuleerd**, in die zin dat het niet toegelaten zal zijn dat gevaarlijke stoffen in de monoliet aanwezig zijn. In dit verband is het voorstel van FANC en Bel V aangaande de vereiste: **Het ingebrachte radioactief afval mag geen gevaarlijke stoffen bevatten**. Het door NIRAS voorgestelde criterium is overigens ook meer in lijn hiermee.*

De vereiste met betrekking tot de gevaarlijke stoffen werd als volgt in een criterium gegoten:

- Het bergingsafval mag geen stoffen bevatten die volgens de CLP-Verordening (i.e. Verordening Nr. 1272/2008 van het Europees Parlement en de Raad) geklasseerd zijn onder de "fysische gevaren" en waarvoor een gevarenaanduiding voorzien is door middel van een specifieke H-zin.

FANC en Bel V gaan akkoord met het voorgestelde criterium.

Betreffende excessieve gasontwikkeling wordt volgende vereiste door NIRAS voorgesteld:

"Gasproductie mag de werking van de andere componenten van het bergingssysteem niet verstoren."

FANC en Bel V gaan akkoord met de vereiste** maar stellen voor de vereist wat anders te formuleren: **Het ingebrachte radioactief afval mag geen gas kunnen produceren in hoeveelheden die de fysische integriteit en de veiligheidsfuncties van de barrières kan aantasten.

Opnieuw is hier de veronderstelling van NIRAS dat er afwezigheid is van vrij water (zie fysische criteria) waardoor er geen gasgeneratie zal zijn als gevolg van ontbinding van organische stoffen of hydrolyse van water. Er wordt daarom geen criterium gedefinieerd voor het ingebrachte radioactief afval, met uitzondering van type III monolieten met rechtstreeks ingebracht afval, waar de gasgeneratie uit het oplossen van bepaalde metalen vermeden dient te worden:

- Voor een monoliet met rechtstreeks ingebracht ruw en/of verwerkt radioactief afval, mag het ingebrachte radioactieve afval geen metalen bevatten die zouden oplossen in de opvulmortel en hierbij op een excessieve manier H_2 vrijzetten. Hierbij gaat het over metalen waarvan de redoxpotentiaal lager is dan -0.84 V SHE (Standard Hydrogen Electrode gemeten redoxpotentiaal van het koppel H_2/OH^-).

***FANC en Bel V gaan met het criterium akkoord**, alsook met de afwezigheid van een criterium op basis van de afwezigheid van vrij water.*

Rond de chemische interferentie met binding en uitharding van de opvulmortel is er volgend voorstel van vereiste door NIRAS:

"De fysische en chemische eigenschappen van het rechtstreeks ingebrachte ruwe en/of verwerkte radioactief afval mogen geen onderlinge incompatibiliteiten vertonen en ook geen incompatibiliteiten met andere componenten van het bergingssyteem."

***FANC en Bel V gaan akkoord met de vereiste** maar stellen deze licht aangepaste versie voor:*

De aanwezigheid in het rechtstreeks ingebracht ruw en/of verwerkte radioactief afval van stoffen die degradatieprocessen teweegbrengen als gevolg van onderlinge incompatibiliteiten of incompatibiliteit met de andere componenten van de monoliet, en die de integriteit of veiligheidsfuncties van de monolieten vroegtijdig kunnen aantasten, moet worden beperkt tot hoeveelheden waarbij vroegtijdige aantasting kan worden uitgesloten.

Betreffende deze vereiste heeft NIRAS een lijst opgesteld van materialen die de binding en uitharding van de mortel kunnen verstoren (zie tabel 15-3 uit het hoofdstuk 15 van het veiligheidsrapport). NIRAS zal de compatibiliteit geval per geval (per (sub)-familie of variëteit) dienen aan te tonen.

FANC en Bel V gaan akkoord met de aanpak.

*FANC en Bel V stellen verder voor om ook de **volgende vereisten te formuleren** dewelke op een meer algemene wijze de vereisten m.b.t. de complexerende werking van bepaalde stoffen, of de aantasting van de fysische integriteit of werking van barrières door bepaalde stoffen samenvat:*

- ***De aanwezigheid in het radioactief afval, de caisson of opvulmortel van stoffen, of van mogelijk voorkomende degradatieproducten van stoffen, die de integriteit of de veiligheidsfuncties van de monolieten vroegtijdig kunnen aantasten, moet worden beperkt tot hoeveelheden waarbij vroegtijdige aantasting kan worden uitgesloten.***
- ***De aanwezigheid in het radioactief afval, de caisson of opvulmortel van stoffen met een complexerende werking, of stoffen waarvan de mogelijk voorkomende degradatieproducten een complexerende werking hebben, moet worden beperkt tot hoeveelheden waarbij een significante stijging van de vrijzetting van radionucliden uit de berging wordt uitgesloten.***

10.4. Biologische vereisten en conformiteitscriteria

NIRAS stelt ook een biologische vereiste voor:

”Het bergingsafval mag geen infectueuze stoffen bevatten.”

Dit wordt vertaald door NIRAS in het criterium:

- Het bergingsafval mag geen infectueuze stoffen bevatten. Hierbij is de definitie van ‘infectueuze stoffen’ dezelfde als in de wetgeving over het vervoer van gevaarlijke goederen over de openbare weg, voortvloeiende uit het ADR-Verdrag (meer bepaald ADR 2.2.62, klasse 6.2, infectueuze stoffen).

FANC en Bel V gaan akkoord met de vereiste en het criterium, doch het betreft geen aspect van nucleaire veiligheid of stralingsbescherming.

10.5. Radiologische vereisten en conformiteitscriteria

In de onderstaande paragrafen worden de radiologische conformiteitscriteria ontwikkeld voor de monolieten en het er in aangebrachte radioactief afval. De radiologische criteria, limieten en verificatieregels op een grotere schaal (stapel monolieten, module,…) worden in de §11 van dit verslag besproken.

*Alvorens in te gaan op de door NIRAS voorgestelde conformiteitsvereisten en criteria formuleren FANC en Bel V **onderstaande algemene vereiste**. De vereiste dat bronnen niet toegelaten zijn bakent mee het type radioactief afval af dat zal kunnen geborgen worden in de berging. Indien NIRAS bronnen wenst te bergen zullen daarvoor specifieke veiligheidsanalyses moeten gebeuren en zal NIRAS hiervoor een wijziging van de vergunning moeten aanvragen die ook specifieke vereisten zal moeten bevatten ten aanzien van het soort en type van bronnen.*

Het bergen van ingekapselde bronnen, zoals gedefinieerd in het ARBIS** [1]**, is niet toegelaten.

10.5.1. Radiologische vereisten en conformiteitscriteria voor het ingebrachte radioactief afval

De voorgestelde vereiste van NIRAS luidt als volgt:

“**De maximale radionuclideconcentraties per collo en per monoliet moeten worden beperkt in functie van de aanvaardbare begrenzing van de gemiddelde concentratie in de berging.**”

***FANC en Bel V gaan akkoord met de vereiste**.*

Om aan de vereiste te kunnen voldoen worden allereerst concentratielimieten of CLi vastgelegd.

Deze limieten, per radionuclide bepaald, geven de maximale concentratie aan die per nuclide in een afvalvat of monoliet type III mag voorkomen. Deze limieten zijn bepaald als enveloppe concentraties rond de in de bronterm 2013 V2 aanwezige maximale nuclideconcentraties in het afval. Voor elke concentratielimiet of CLi op zich is eveneens aangetoond dat deze niet kan leiden tot onaanvaardbare

consequenties in geval van menselijke intrusie in een afvalvat dat deze nuclideconcentratie bevat (in casu analyse van een boorkern in de onwetendheid dat het radioactief materiaal betreft). Zie in dit kader §9.2.4.

Aangezien de limieten slechts garantie geven dat per nuclide de maximale concentratie niet tot onaanvaardbare gevolgen kan leiden, en aangezien het afval steeds meerdere nucliden samen bevat, is het nodig dat bij het samenstellen van het opvulplan er per vat een verificatie gebeurt van de aanvaardbaarheid van de gevolgen van een menselijke intrusie (analyse van een boorkern). FANC en Bel V stellen voor om dit principe eveneens in de vergunning op te nemen (zie §11). NIRAS heeft deze oefening reeds uitgevoerd bij de samenstelling van bronterm 2013 V2, en als gevolg daarvan werd bepaald afval uit de inventaris 2013 V2, dewelke een te hoge radiologische impact kan geven als gevolg van een menselijke intrusie (analyse van een boorkern), niet opgenomen in de bronterm 2013 V2.

FANC en Bel V gaan akkoord met de voorgestelde limieten uit Tabel 10-8*. Ter informatie worden in deze tabel ook de maximale concentraties aan nucliden die zich in afval van bronterm 2013 V2 bevinden, weergegeven:*

In elk collo van een monoliet met colli geconditioneerd afval, evenals in een monoliet met rechtstreeks ingebracht ruw en/of verwerkt radioactief afval, moet de activiteitsconcentratie van elk van de (28) kritieke radionucliden kleiner of gelijk zijn aan de specifieke concentratielimiet (CLI), gegeven in Tabel 10-8:

Radionuclide	CLI [Bq/m³]	Maximale concentraties in **bronterm 2013 V2**
^{108m}Ag	1E+08	6,25E+07
^{241}Am	2E+09	1,19E+09
^{243}Am	1E+08	1,50E+07
^{14}C	1E+11	4,95E+10
^{41}Ca	1E+09	1,98E+08
^{36}Cl	1E+08	4,68E+07
^{244}Cm	1E+09	5,88E+08
^{135}Cs	1E+08	2,85E+06
^{137}Cs	1E+12	3,50E+11
^{129}I	1E+08	1,87E+07
^{93}Mo	1E+08	2,70E+07
^{94}Nb	7E+08	6,90E+08
^{59}Ni	1E+11	5,10E+10
^{63}Ni	1E+13	4,93E+12
^{237}Np	1E+08	4,40E+07
^{238}Pu	1E+09	9,60E+08
^{239}Pu	5E+08	4,90E+08
^{240}Pu	1E+09	3,73E+08
^{241}Pu	8E+10	3,13E+10
^{79}Se	1E+09	1,08E+08
^{126}Sn	1E+08	1,86E+06
^{90}Sr	1E+11	6,88E+10
^{99}Tc	1E+10	2,29E+09
^{234}U	1E+09	2,78E+08
^{235}U	1E+07	9,98E+06
^{236}U	1E+08	1,69E+07

Radionuclide	CLI [Bq/m³]	Maximale concentraties in **bronterm 2013 V2**
^{238}U	**1E+08**	1,02E+08
^{93}Zr	**1E+09**	1,08E+08

Tabel 10-8: Concentratielimieten voor het afval in de berging (Gebaseerd op tabel 15-4 van het veiligheidsrapport)

Anderzijds zijn er nog twee andere criteria die de voorliggende vereiste moeten garanderen, waarvan het eerste het volgende is:

- Voor een monoliet met colli geconditioneerd afval moet de radiologische heterogeniteitsfactor ($Z_{monoliet}$) kleiner of gelijk zijn aan 85, waarbij deze factor als volgt wordt gedefinieerd:

$$Z_{monoliet} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} \frac{A_{i,monoliet}}{OLI_{i,tumulus\ oost}\ /_{17\ 240}}$$

Hierbij is:

N: het aantal radionucliden uit Tabel 10-8;

$A_{i,monoliet}$: de totale activiteit (Bq) van een bepaald kritiek radionuclide (i) in de monoliet $OLi_{i,\ tumulus\ oost}$: de waarde overeenkomstig een bepaald kritiek radionuclide (i) in Tabel 11-1 (zie §11 waar de waarden van de Operationele limieten (OLi) voor de oostelijke tumulus staan aangegeven).

Dit criterium waakt erover dat een zo homogeen mogelijke verdeling van het afval over de monolieten zal gebeuren, en er geen afvalvaten met relatief hoge concentraties aan langlevende nucliden samen worden geconditioneerd in één monoliet.
***FANC en Bel V gaan akkoord met dit criterium**, en stellen voor dit als volgt te formuleren als vereiste:*

De monolieten dienen op het vlak van radiologische inhoud zo homogeen mogelijk met het afval te worden opgevuld.

- Elk collo van een monoliet met colli geconditioneerd afval, evenals elke monoliet met rechtstreeks ingebracht ruw en/of verwerkt radioactief afval, moet in het scenario van onopzettelijke menselijke intrusie 'analyse van een boorkern' een radiologische impact hebben die kleiner of gelijk is aan 3 mSv.

Dit criterium zorgt ervoor dat in geval van menselijke intrusie in het afval van een monoliet na de opheffing van de nucleaire reglementaire controle er geen onaanvaardbaar risico meer kan ontstaan.

***FANC en Bel V gaan akkoord met dit bijkomend criterium** en stellen een bijkomende vereiste voor die specifiek verwijst naar voorgaand criterium en die de beperking van de mogelijk radiologische impact als gevolg van een menselijke intrusie vraagt:*

Geen enkel collo van een monoliet met colli geconditioneerd afval, noch een monoliet met rechtstreeks ingebracht ruw en/of verwerkt radioactief afval, mag aanleiding kunnen geven tot het overschrijden van de stralingsbeschermingscriteria in geval er een menselijke intrusie in plaatsvindt na de voorziene opheffing van de nucleaire reglementaire controle.

Een vereiste die eveneens betrekking heeft op de radiologische inhoud van de berging is de volgende:

"Radonemanatie uit het afval mag radiologische metingen in de bergingsinrichting niet verstoren. Vanwege de problematiek van de radonemanatie moet radiumhoudend of thoriumhoudend afval worden geweerd uit de bergingsinstallaties."

FANC en Bel V gaan akkoord dat NIRAS radiumhoudend en thoriumhoudend afval uit de berging weert. *Dit beantwoordt aan de door hen voorgestelde vereiste in verband met het type afval dat toegelaten kan worden in de berging (zie introductietekst van §10.5 hierboven), namelijk laag- en middelactief kortlevend afval. Voor FANC en Bel V is de aangegeven reden echter wel niet de belangrijkste omdat ……*

De geassocieerde criteria zijn de volgende:

- Voor een monoliet met colli geconditioneerd afval, mag in geen enkel collo de som van de gedeclareerde activiteiten van ^{226}Ra en ^{232}Th gedeeld door de massa van de afvalvorm, groter zijn dan 1000 Bq/kg. Hierbij is de massa van de afvalvorm gelijk aan de massa van het collo verminderd met de massa van zijn verpakking.
- Voor een monoliet met rechtstreeks ingebracht ruw en/of verwerkt radioactief afval, mag de som van de gedeclareerde activiteiten van ^{226}Ra en ^{232}Th gedeeld door de massa van het ingebrachte radioactieve afval, niet groter zijn dan 1000 Bq/kg.

FANC en Bel V gaan akkoord met de criteria*, en stellen voor deze als een bijkomende concentratielimiet te nemen:*

De som van de activiteiten aan ^{226}Ra en ^{232}Th, gedeeld door de massa van de afvalvorm, mag niet groter zijn dan 1000 Bq/kg in een collo geconditioneerd afval of in rechtstreeks ingebracht afval.

10.5.2. Radiologische vereisten en criteria voor de monoliet in zijn geheel

Om redenen van stralingsbescherming tijdens de operationele fase heeft NIRAS ook een vereiste voorgesteld met betrekking tot het dosistempo van een monoliet.

"Het dosistempo van een monoliet moet conform de waarden en ontwerphypothesen van de berging zijn."

FANC en Bel V gaan akkoord met deze vereiste *maar stellen voor de vereiste als volgt te formuleren:*

Het dosistempo in contact van een monoliet mag de in het veiligheidsrapport gedefinieerde en door een veiligheidsanalyse gerechtvaardigde maximale waarde niet overschrijden.

NIRAS stelt ook een criterium voor m.b.t. dit dosistempo:

- Het dosistempo van een monoliet mag niet groter zijn dan 20 mSv/h in contact.

Dit criterium garandeert dus dat geen monolieten zullen ingebracht worden die, als gevolg van een te hoge straling, de operationele veiligheid van werknemers en/of bevolking in het gedrang kunnen brengen. ***FANC en Bel V gaan akkoord met dit criterium****, op basis waarvan aangetoond werd dat de operationele veiligheid is gegarandeerd. Ze verwachten dat zulke dosissen zich bij het reële te bergen afval niet zullen voordoen.*

M.b.t. de afneembare besmetting op een monoliet wordt door NIRAS volgende vereiste geformuleerd:

"**De afneembare besmetting op de buitenoppervlakken van elke monoliet moet conform de standaard transportvoorwaarden zijn.**"

FANC en Bel V gaan akkoord met deze vereiste*.*

De vereiste wordt door NIRAS vertaald in volgend criterium:

- De afneembare oppervlaktebesmetting van een monoliet mag niet groter zijn dan 0,4 Bq/cm² voor het totaal van de bèta/gammastralers en de zwak radiotoxische alfastralers en mag niet groter zijn dan 0,04 Bq/cm² voor het totaal van de andere alfastralers.

  Met zwak toxische alfastralers worden bedoeld (cfr. 10 CFR 71.4 [77]):

  - natuurlijk uranium, verarmd uranium, natuurlijk thorium
  - ^{235}U, ^{238}U, ^{232}Th, ^{228}Th of ^{230}Th wanneer deze zijn vervat in ertsen, fysische of chemische concentraten of ertsafval;
  - alfastralers met een halfwaardetijd van minder dan 10 dagen.

  Dit criterium garandeert dat de monolieten die in de berging worden toegelaten, niet oppervlaktebesmet zullen zijn.

***FANC en Bel V gaan akkoord het voorgestelde criterium**.*

Betreffende kritikaliteit dient uitgesloten te worden dat dit zich zou kunnen voordoen. Dienaangaande werd volgende vereiste opgesteld door NIRAS:

"Het risico op kritikaliteit in de berging moet onbestaande zijn."

***FANC en Bel V gaan hiermee akkoord** maar stellen volgende gewijzigde formulering voor:*

De radiologische inhoud van het afval dient dusdanig te zijn dat het risico op kritikaliteit in de berging onbestaande is.

NIRAS zet deze vereiste om in limieten:

- Voor een monoliet die uitsluitend standaard 400-litercolli, 600-litercolli of oververpakte 400-litercolli geconditioneerd afval bevat, mag in geen enkel collo geconditioneerd afval de som van de massa's aan ^{235}U en ^{239}Pu groter zijn dan 50 g of de massa aan ^{241}Pu groter zijn dan 86 g.
- Voor een monoliet die enig ander type van collo geconditioneerd afval bevat, mag in geen enkel collo geconditioneerd afval de som van de massa's aan ^{235}U, ^{239}Pu en ^{241}Pu groter zijn dan 15 g.
- Voor een monoliet met rechtstreeks ingebracht ruw en/of verwerkt radioactief afval, mag de som van de massa's aan ^{235}U, ^{239}Pu en ^{241}Pu niet groter zijn dan 15 g.

*NIRAS heeft in het hoofdstuk 15 van het veiligheidsrapport aangetoond dat met deze limieten kritikaliteit is uitgesloten. **FANC en Bel V gaan hiermee akkoord**.*

Als laatste vereiste en criterium is er het weren uit de berging van significante hoeveelheden splijtstoffen.

"**Afval dat splijtstof bevat in niet verwaarloosbare hoeveelheden is niet toegelaten in de berging.**"

***FANC en Bel V gaan akkoord met deze vereiste**. Ze maakt overigens deel uit van de door hen voorgestelde vereiste in verband met het type afval dat toegelaten kan worden in de berging (zie introductietekst van §10.5 hierboven).*

Als criterium stelt NIRAS volgende voor:

- Voor een monoliet met colli geconditioneerd afval mag in geen enkel collo dat uranium bevat met een verrijkingsgraad van 20% of meer, de massa aan ^{235}U groter zijn dan 15 g.
- Voor een monoliet met rechtstreeks ingebracht ruw en/of verwerkt radioactief afval, die uranium bevat met een verrijkingsgraad van 20% of meer, mag de massa aan U-235 in het ingebrachte radioactieve afval niet groter zijn dan 15 g.

***Ook deze criteria zijn aanvaardbaar voor FANC en Bel V**.*

***Samengevat gaan FANC en Bel V akkoord met de voorgestelde radiologische criteria**. Ze dekken afdoende de vereisten in verband met de radiologische karakteristieken van het afval af. Ze zijn ook*

in lijn met de vereiste uit de leidraad oppervlakteberging [6] *om de hoeveelheid langlevende nucliden zo laag als mogelijk te houden.*

10.6. Andere vereisten

NIRAS definieert tenslotte nog een vereiste aangaande de identificatie van een monoliet. Dit is ook voor de veiligheid belangrijk.

"**Elke monoliet moet voorzien zijn van een duurzame en unieke identificatiecode die éénduidig verbonden is met de ermee overeenstemmende documentatie.**"

***FANC en Bel V gaan hiermee akkoord**.*

10.7. Beoordeling FANC en Bel V en overzicht van de belangrijkste vereisten voor FANC en Bel V

FANC en Bel V gaan akkoord met de door NIRAS bepaalde vereisten en criteria. Ze menen wel dat de vereiste in sommige gevallen beter geformuleerd kan worden en doen hiervoor telkens een voorstel van aanpassing.

Hieronder kan een overzicht gevonden worden van de verschillende vereisten voor het afval, de caisson en opvulmortel en de monoliet in zijn geheel. *FANC en Bel V wensen hierbij te benadrukken dat dit slechts een eerste voorstel betreft dat door FANC en Bel V verder zal uitgewerkt worden voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad.*

De algemene vereiste met betrekking tot de bergingscolli is de volgende:

- *Het radioactief afval dient in monolieten te zijn geconditioneerd, dewelke voldoen aan de vereisten uit dit besluit en aan de conformiteitscriteria uit het veiligheidsrapport van de inrichting.*

De overige vereisten kunnen worden opgedeeld in radiologische en niet-radiologische vereisten. In vet staat telkens aangeduid op welke component van de monoliet ze betrekking heeft (afval, caisson, opvulmortel).

10.7.1. Radiologische vereisten

- ***Afval** dat splijtstof bevat in niet-verwaarloosbare hoeveelheden is niet toegelaten in de berging. Het bergen van bronnen, zoals gedefinieerd in het ARBIS* [1]*, is niet toegelaten.*
- *De maximale radionuclideconcentraties per collo en per monoliet moeten worden beperkt in functie van de aanvaardbare begrenzing van de gemiddelde concentratie in de berging. In elk collo van een monoliet met colli **geconditioneerd afval**, evenals in een monoliet met **rechtstreeks ingebracht** ruw en/of verwerkt radioactief **afval**, moet de activiteitsconcentratie van elk van de (28) kritieke radionucliden kleiner of gelijk zijn aan de specifieke concentratielimiet (CLI), gegeven in Tabel 10-9:*

Radionuclide	*CLI [Bq/m³]*
^{108m}Ag	1E+08
^{241}Am	2E+09
^{243}Am	1E+08
^{14}C	1E+11
^{41}Ca	1E+09
^{36}Cl	1E+08
^{244}Cm	1E+09
^{135}Cs	1E+08

Radionuclide	CLI [Bq/m³]
^{137}Cs	1E+12
^{129}I	1E+08
^{93}Mo	1E+08
^{94}Nb	7E+08
^{59}Ni	1E+11
^{63}Ni	1E+13
^{237}Np	1E+08
^{238}Pu	1E+09
^{239}Pu	5E+08
^{240}Pu	1E+09
^{241}Pu	8E+10
^{79}Se	1E+09
^{126}Sn	1E+08
^{90}Sr	1E+11
^{99}Tc	1E+10
^{234}U	1E+09
^{235}U	1E+07
^{236}U	1E+08
^{238}U	1E+08
^{93}Zr	1E+09

Tabel 10-9: Concentratielimieten voor het afval in de berging

- *De som van de activiteiten aan ^{226}Ra en ^{232}Th, gedeeld door de massa van de afvalvorm, mag niet groter zijn dan 1000 Bq/kg in een collo **geconditioneerd afval** of in **rechtstreeks ingebracht afval**.*
- *Geen enkel collo van een monoliet met colli **geconditioneerd afval**, noch een monoliet met **rechtstreeks ingebracht** ruw en/of verwerkt radioactief **afval**, mag aanleiding kunnen geven tot het overschrijden van de stralingsbeschermingscriteria in geval er een menselijke intrusie in plaatsvindt na de voorziene opheffing van de nucleaire reglementaire controle.*
- *De **monolieten** dienen op het vlak van radiologische inhoud zo homogeen mogelijk met het afval te worden opgevuld.*
- *De radiologische inhoud van het **afval** dient dusdanig te zijn dat het risico op kritikaliteit in de berging onbestaande is.*
- *De afneembare besmetting op de buitenoppervlakken van elke **monoliet** moet conform de standaard transportvoorwaarden zijn.*
- *Het dosistempo in contact van een **monoliet** mag de in het veiligheidsrapport gedefinieerde en door een veiligheidsanalyse gerechtvaardigde maximale waarde niet overschrijden.*

10.7.2. Niet-radiologische vereisten

- *De **monolieten** moeten, behoudens specifieke ongevalsomstandigheden die door de veiligheidsevaluatie in het veiligheidsrapport zijn afgedekt, het afval en de radioactiviteit erin insluiten zo lang als verondersteld wordt in de veiligheidsevaluatie van de inrichting. Deze periode kan niet korter zijn dan de operationele periode.*
- *Het te bergen radioactief **afval** dient zich in vaste vorm te bevinden. Het bergen van vloeibaar of gasvormig afval is niet toegelaten. De monoliet mag geen vrije vloeistoffen bevatten.*
- *Het radioactief **afval** moet de fysische en chemische eigenschappen hebben die het vrijkomen van radionucliden uit het afval beperken, in lijn met de rol die haar in het veiligheidsrapport toebedeeld wordt.*

- *Radioactief **afval**, **caissons** en/of **opvulmortel**, waarin en/of waartussen zich interne chemische of fysische processen kunnen voordoen die de integriteit of de veiligheidsfuncties van de monolieten vroegtijdig kunnen aantasten, zijn niet toegelaten in de berging.*
- *De aanwezigheid in het radioactief **afval**, de **caisson** of **opvulmortel** van stoffen, of van mogelijk voorkomende degradatieproducten van stoffen, die de integriteit of de veiligheidsfuncties van de monolieten vroegtijdig kunnen aantasten, moet worden beperkt tot hoeveelheden waarbij vroegtijdige aantasting kan worden uitgesloten.*
- *De aanwezigheid in het **rechtstreeks ingebracht** ruw en/of verwerkte radioactief **afval** van stoffen die degradatieprocessen teweegbrengen als gevolg van onderlinge incompatibiliteiten of incompatibiliteit met de andere componenten van de monoliet, en die de integriteit of veiligheidsfuncties van de monolieten vroegtijdig kunnen aantasten, moet worden beperkt tot hoeveelheden waarbij vroegtijdige aantasting kan worden uitgesloten.*
- *Het ingebrachte radioactief **afval** mag geen gas kunnen produceren in hoeveelheden die de fysische integriteit en de veiligheidsfuncties van de barrières kunnen aantasten.*
- *Het ingebrachte radioactief afval mag geen gevaarlijke stoffen bevatten.*
- *De aanwezigheid in het radioactief **afval**, de **caisson** of **opvulmortel** van stoffen met een complexerende werking, of stoffen waarvan de mogelijk voorkomende degradatieproducten een complexerende werking hebben, moet worden beperkt tot hoeveelheden waarbij een significante complexerende werking kan worden uitgesloten.*
- *De fysische eigenschappen van de **caisson** en **opvulmortel** van de monoliet dienen dusdanig te zijn dat ze hun rol en veiligheidsfuncties[55], zoals vastgelegd in het veiligheidsrapport, kunnen uitoefenen.*
- *De mechanische weerstand van de **monoliet** dient voldoende te zijn om te weerstaan aan de statische en dynamische belastingen gedefinieerd in het veiligheidsrapport.*
- *Elke **monoliet** moet voorzien zijn van een duurzame en unieke identificatiecode die éénduidig verbonden is met de ermee overeenstemmende documentatie.*

[55] Voor de huidige veiligheidsfuncties toegekend aan de caisson en opvulmortel, zie §5.6.2.

11. Radiologische limieten van de berging

In de voorgaande paragraaf (§10) van dit verslag werden onder meer de radiologische conformiteitscriteria voor de monolieten en voor het afval uiteengezet.
Teneinde de veiligheid van de oppervlakteberging op lange termijn te kunnen waarborgen en erover te waken dat de bergingsinrichting wordt opgevuld conform de veronderstellingen in de veiligheidsevaluatie en met respect voor de criteria, bevat het veiligheidsdossier eveneens **een aantal radiologische criteria/limieten en verificatieregels op het niveau van de berging in zijn geheel, de tumuli, een groep van vier aaneengrenzende modules, een module en een stapel monolieten.** Deze worden in onderstaande paragrafen verder besproken. Paragraaf 11.3 geeft tenslotte nog een overzicht van de verschillende limieten die er zijn voor de verschillende schalen, geassocieerd met de verschillende blootstellingswegen, teneinde alle voorgestelde limieten en de verbanden die er tussen zijn, te kaderen.

11.1. Operationele limieten, Bergingslimieten en bijkomende regels, limieten en verificaties

In §4.5 van dit verslag werd reeds uiteengezet dat NIRAS een **bronterm 2013 V2** heeft bepaald op basis van de *inventaris 2013 V2* die werd aangevuld met ontbrekende nucliden. De **bronterm 2013 V2** vormt de basis voor de radiologische capaciteit van de berging. Deze bronterm beslaat 29 van de 34 modules (voor de reservecapaciteit, zie §4.5). De totale hoeveelheden in Bq voor elke radionuclide die zich in bronterm 2013 V2 bevinden, worden de **Operationele Limieten** of **OLi** genoemd en zullen als limieten voor de totale capaciteit **in het veiligheidsrapport** worden vastgelegd. Van deze limieten dient in de lange termijn veiligheidsevaluatie te worden aangetoond dat aan de criteria wordt voldaan, zowel voor de verwachte evolutie van de berging, voor niet-verwachte maar mogelijke evoluties (afwijkingen van de verwachte evolutie) als bij menselijke intrusies. Het aftoetsen t.o.v. de lange termijn veiligheidsevaluatie van deze **bronterm 2013 V2 en het voorstel van de operationele limieten** is gebeurd in het veiligheidsrapport, maar **enkel** voor de **oostelijke tumulus** (20 modules) werden **OLi vastgelegd.** De limieten van de westelijke tumulus dienen nog bepaald te worden; zie §9.2.2.3.2 van dit verslag. Daarom worden momenteel enkel OLi voor deze oostelijke tumulus vastgelegd als **20/29** van de hoeveelheden uit **bronterm 2013 V2**, conform de veronderstellingen in de veiligheidsevaluatie.

Er dient gewezen te worden op het risico dat de radiologische capaciteit van de modules in de westelijke tumulus mogelijk kleiner zal zijn dan deze van de modules in de oostelijke tumulus, en er dus geen garantie is dat de inrichting alle momenteel voorziene radioactief afval zal kunnen bergen.

Het is waarschijnlijk dat, wat momenteel de bronterm van de inrichting is, gewijzigd zal dienen te worden als gevolg van bijvoorbeeld (1) de opstart van nieuwe nucleaire installaties die nieuwe soorten radioactief afval zouden kunnen produceren, (2) verschillen tussen momenteel voorziene radiologische inhoud van bv. het voorziene ontmantelingsafval en de uiteindelijke werkelijke inhoud, (3) de impact van een eventuele levensduurverlenging van kerncentrales.
Daarom wordt toegelaten dat de **Operationele Limieten (OLi)** via een wijzigingsproces (met aanpassing veiligheidsrapport), volgens artikel 12 van het ARBIS [1], aangepast kunnen worden, op voorwaarde dat de veiligheid van de installatie steeds aangetoond blijft. Hierbij dient telkens de impact geëvalueerd te worden voor de verschillende lange termijn veiligheidsevaluatiescenario's en aangetoond dat met deze nieuwe **Operationele Limieten** de veiligheid nog steeds gewaarborgd is.

*Teneinde echter ook te waarborgen dat wijzigingen van de OLi zich enkel binnen een redelijke onzekerheidsmarge rond de huidig bepaalde **bronterm 2013 V2** kunnen voordoen, en dus te waarborgen dat de aard van het afval globaal hetzelfde blijft als deze waarop de vergunning werd aangevraagd en desgevallend verleend, stellen FANC en Bel V voor om **Bergingslimieten of BLi** vast te leggen*. De **Operationele limieten** kunnen slechts gewijzigd worden tot maximaal de waarde van deze **Bergingslimlieten (BLi)**. De **BLi** zijn een factor 3 hoger dan de huidige hoeveelheden in **bronterm 2013 V2**. Hun waarde werd door de NIRAS gerechtvaardigd op basis van een aantal argumenten die terug te

vinden zijn in sectie 6.4.5.3 van het veiligheidsrapport. De Bergingslimieten worden niet gebruikt in de veiligheidsevaluatie, maar zijn dus een omhullende afbakening waarbinnen de Operationele limieten kunnen variëren. Indien NIRAS toch de Bergingslimieten zou wensen te wijzigen, dient de vergunning te worden aangepast.
Onderstaande tabel geeft de **bronterm 2013 V2**, de Operationele limieten van de oostelijke tumulus, alsook de Bergingslimieten van de volledige bergingsinrichting weer.

FANC en Bel V willen in de vergunning de Bergingslimieten (BLi) opnemen samen met de principes van het gebruik en mogelijke wijzigingen van de OLi. Het veiligheidsrapport zou dan de Operationele limieten bevatten, op dit moment dus enkel voor de oostelijke tumulus. Een eerste inschatting van de OLi van de westelijke tumulus, zal voor de tweede Wetenschappelijke Raad dienen te worden gemaakt (zie §9.2.2.3.2).

Radionuclide	Totale activiteit bronterm 2013 V2 [Bq]	OLi Operationele limieten oostelijke tumulus (20/29 bronterm) [Bq]	BLi Bergingslimieten [Bq]
^{108m}Ag	2,30E+10	1,59E+10	6,90E+10
^{241}Am	5,44E+11	3,75E+11	1,63E+12
^{243}Am	1,64E+10	1,13E+10	4,92E+10
^{14}C	7,29E+12	5,03E+12	2,19E+13
^{41}Ca	2,31E+12	1,59E+12	6,93E+12
^{36}Cl	2,02E+10	1,39E+10	6,06E+10
^{244}Cm	1,90E+11	1,31E+11	5,70E+11
^{135}Cs	3,73E+08	2,57E+08	1,12E+09
^{137}Cs	8,08E+13	5,57E+13	2,42E+14
^{129}I	1,41E+09	9,72E+08	4,23E+09
^{93}Mo	2,03E+10	1,40E+10	6,09E+10
^{94}Nb	3,99E+11	2,75E+11	1,20E+12
^{59}Ni	4,99E+12	3,44E+12	1,50E+13
^{63}Ni	5,44E+14	3,75E+14	1,63E+15
^{237}Np	8,51E+08	5,87E+08	2,55E+09
^{238}Pu	3,19E+11	2,20E+11	9,57E+11
^{239}Pu	9,37E+10	6,46E+10	2,81E+11
^{240}Pu	9,87E+10	6,81E+10	2,96E+11
^{241}Pu	1,06E+13	7,31E+12	3,18E+13
^{79}Se	8,99E+08	6,20E+08	2,70E+09
^{126}Sn	1,25E+09	8,62E+08	3,75E+09
^{90}Sr	3,19E+12	2,20E+12	9,57E+12
^{99}Tc	7,47E+10	5,15E+10	2,24E+11
^{234}U	7,71E+10	5,32E+10	2,31E+11
^{235}U	3,76E+09	2,59E+09	1,13E+10
^{236}U	5,80E+10	4,00E+10	1,74E+11
^{238}U	2,21E+10	1,52E+10	6,63E+10
^{93}Zr	1,63E+09	1,12E+09	4,89E+09

Tabel 11-1: per nuclide de activiteiten in de bronterm 2013 V2, de operationele limieten (OLi) voor de oostelijke tumulus en de bergingslimieten (BLi)
(Gebaseerd op tabel 1 uit nota 2012-1435 [78] en tabel 14-100 van het veiligheidsrapport)

Naast deze limieten zullen er ook nog bijkomende regels & limieten en verificaties met het opvulplan in het veiligheidsrapport worden ingeschreven teneinde:

- ervoor te zorgen dat de radiologische **impact** de **criteria** niet kan overschrijden;
- Erover te waken dat de berging dusdanig **homogeen** wordt opgevuld dat de veronderstellingen uit de veiligheidsevaluatie geldig zijn en blijven.

Deze regels zijn er op schaal van een:

- **Stapel monolieten**
- **Monolieten uit één laag binnen een module**
- **Module (momenteel enkel voor Tumulus Oost)**
- **Groep van 4 aangrenzende modules (momenteel enkel voor Tumulus Oost)**

In onderstaande tabel (vereenvoudigde versie van tabel 14-104 uit het hoofdstuk 14 van het veiligheidsrapport) worden deze regels weergegeven, telkens met de reden van hun bestaan. Het betreffen ofwel **regels & limieten** die in voege zijn bij het samenstellen van het opvulplan voor vier modules (zie §7.2 van dit verslag), ofwel **verificaties met het opvulplan** waarbij op basis van het à priori opvulplan een aantal scenario's worden doorgerekend en de aanvaardbaarheid van de impact wordt nagegaan:

Schaal	Regels & limieten	Verificaties met het opvulplan
Stapel Monolieten		Verificatie impact bij scenario van menselijke intrusie: 'residentie op de bergingsinstallatie', *om reden van respecteren criteria*.
Monolieten uit één laag binnen een module	De som van de dosistempi op contact met monolieten uit één laag binnen een module beperkt moet zijn tot 174 mSv/uur	
Module (momenteel enkel Tumulus Oost)	Absolute concentratielimieten voor modules voor ^{14}C, ^{36}Cl, ^{94}Nb, ^{63}Ni *om reden van respecteren criteria* onder een scenario voor menselijk intrusie 'residentie op de bergingsinstallatie'.	
	Heterogeniteitsfactor over alle kritieke radionucliden van maximaal 2 ten aanzien van de gemiddelde concentratie in de bronterm, voor iedere module, *om reden van homogeniteit zoals verondersteld in de veiligheidsevaluatie*	

Schaal	Regels & limieten	Verificaties met het opvulplan
Groep van vier aangrenzende modules (momenteel enkel Tumulus Oost)	Heterogeniteitsfactor gemiddeld over alle kritieke radionucliden van maximaal 1,33 ten aanzien van de gemiddelde concentratie in de bronterm, voor iedere groep van vier aangrenzende modules, *om reden van de doelstelling de berging zo homogeen mogelijk op te vullen, onafhankelijk van de veronderstellingen van de veiligheidsevaluatie.*	Verificatie impact bij referentiescenario, *om reden van respecteren criteria*.
	Toegelaten heterogeniteitsfactor van 1 gemiddeld over de radionucliden ^{94}Nb, ^{239}Pu, ^{240}Pu, ten aanzien van de gemiddelde concentratie in de bronterm, *om reden van respecteren criteria* onder het referentiescenario.	Verificatie impact bij de individuele Alternatieve Evolutiescenario's of AES'en, *om reden van respecteren criteria*.
	Toegelaten heterogeniteitsfactor van 1,2 gemiddeld over de radionucliden ^{137}Cs, ^{108m}Ag, ^{129}I, ten aanzien van de gemiddelde concentratie in de bronterm, *om reden van respecteren reglementaire criteria* onder een scenario voor menselijke intrusie 'grootschalige aantasting van de insluitingscapaciteit'.	Verificatie impact bij scenario van menselijke intrusie: 'grootschalige aantasting van de insluitingscapaciteit', *om reden van respecteren criteria*.

Tabel 11-2: Regels, limieten en verificaties met het opvulplan voor de verschillende schalen geassocieerd met verschillende blootstellingswegen van de berging (Gebaseerd op tabel 14-104 en hoofdstuk 12 van het veiligheidsrapport)

11.2. Beoordeling FANC en Bel V van de voorgestelde radiologische limieten

FANC en Bel V gaan akkoord met de voorgestelde aanpak van limieten, regels en verificaties van het opvulplan. *FANC en Bel V stellen voor om de Bergingslimieten (BLi), samen met de principes van het gebruik en mogelijke wijzigingen van de OLi, op te nemen in de vergunning.*
De gehanteerde aanpak zal ervoor zorgen dat de globale toekomstige bronterm dichtbij de voorziene bronterm 2013 v2 zal blijven, maar dat er toch mechanismen bestaan die toelaten om rekening te houden met mogelijke wijzigingen, binnen redelijke grenzen, die aan de bronterm zouden kunnen gebeuren.
FANC en Bel V wijzen wel op het risico dat de radiologische capaciteit van de modules in de westelijke tumulus mogelijk kleiner zal zijn dan deze van de modules in de oostelijke tumulus, en er dus geen garantie is dat de inrichting alle momenteel voorziene radioactief afval zal kunnen bergen.

11.3. Overzicht van alle regels, limieten en verificaties op radiologisch vlak

Tot slot wordt hieronder in Tabel 11-3 een overzicht gegeven van de radiologische regels en limieten, uit de paragrafen 10 en 11 van dit rapport, voor de verschillende schalen geassocieerd met verschillende blootstellingswegen van de berging.

Schaal	Regels & limieten	Verificaties
Vat/monoliet type II/III	Concentratielimieten (**CLi**) per nuclide, limieten voor splijtstoffen en kritikaliteit, limieten voor Ra/Th concentratie, beperking dosisdebiet op contact monoliet	Verificatie impact bij scenario van menselijke intrusie: 'Analyse van een boorkern'
Monoliet type I/II/III	Radiologische heterogeniteitsfactor voor een monoliet van maximaal 85 ten aanzien van de gemiddelde concentratie in de bronterm. Beperking dosisdebiet op contact monoliet.	/
Stapel Monolieten	/	Verificatie impact bij scenario van menselijke intrusie: 'residentie op de bergingsinstallatie'
Monolieten uit één laag binnen een module	De som van de dosistempi op contact met monolieten uit één laag binnen een module beperkt moet zijn tot 174 mSv/uur	/
Module (momenteel enkel Tumulus Oost)	Absolute concentratielimieten voor modules voor ^{14}C, ^{36}Cl, ^{94}Nb, ^{63}Ni	/
	Heterogeniteitsfactor over alle kritieke radionucliden van maximaal 2 ten aanzien van de gemiddelde concentratie in de bronterm	
Groep van vier aangrenzende modules (momenteel enkel Tumulus Oost)	Heterogeniteitsfactor gemiddeld over alle kritieke radionucliden van maximaal 1,33 ten aanzien van de gemiddelde concentratie in de bronterm	Verificatie impact bij referentiescenario. Verificatie impact bij de individuele Alternatieve Evolutiescenario's Verificatie impact bij scenario van menselijke intrusie: 'grootschalige aantasting van de insluitingscapaciteit'
	Toegelaten heterogeniteitsfactor van 1 gemiddeld over de radionucliden ^{94}Nb, ^{239}Pu, ^{240}Pu ten aanzien van de gemiddelde concentratie in de bronterm	
	Toegelaten heterogeniteitsfactor van 1,2 gemiddeld over de radionucliden ^{137}Cs, ^{108m}Ag, ^{129}I ten aanzien van de gemiddelde concentratie in de bronterm	
Tumulus	Operationele limieten Oostelijke Tumulus (**$OLi_{TumulusOost}$**): Werden bepaald Operationele limieten Westelijke Tumulus (**$OLi_{TumulusWest}$**): Nog te bepalen	/
Berging	Bergingslimieten (**BLi**) Operationele limieten (**OLi**): Te bepalen (na bepaling $OLi_{TumulusWest}$)	/

Tabel 11-3: Overzicht van de verschillende regels, limieten en verificaties die er zijn op radiologisch vlak en dit voor de verschillende schalen geassocieerd met verschillende blootstellingswegen (gebaseerd op de informatie uit verschillende hoofdstukken van het veiligheidsrapport)

12. Referenties

[1] Koninkrijk België, Koninklijk besluit van 20 juli 2001 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van ioniserende stralingen, Belgisch Staatsblad, 30/08/2001 zoals geamendeerd 6/12/2018.

[2] Koninkrijk België, Koninklijk Besluit van 30 November 2011 houdende veiligheidsvoorschriften voor de kerninstallaties, Belgisch Staatsblad, 21/12/2011 zoals geamendeerd 9/10/2018.

[3] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Nota houdende elementen die door het FANC geverifieerd zullen worden ten einde het vergunningsaanvraagdossier voor een oppervlakteberging als "volledig" te kunnen verklaren, FANC nota 2012-03-15-JME-5-4-3-NL, 10/04/2012.

[4] Koninkrijk België, Artikel 179 van de Wet van 9 augustus 1980 betreffende de budgetaire voorstellen 1979-1980, Belgisch Staatsblad, 15/08/1980 zoals geamendeerd 3/06/2014.

[5] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Veiligheidsvoorschriften voor de inrichtingen voor eindberging van radioactief afval, FANC nota 2012-12-12-LB-4-4-01-NL, 08/01/2013.

[6] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Guide technique "Dépôt définitif en surface sur le territoire belge de déchets de faible et moyenne activité à vie courte", FANC nota 007-228-F rév. 3, 13/07/2017.

[7] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Dépôts définitifs de déchets radioactifs - Note stratégique et politique de gestion des demandes d'autorisation, FANC nota 007-020-F rév. 1, 17/10/2007.

[8] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Guide relative à la prise en compte du risque d'intrusion humaine pour les dépôts définitifs en surface de déchets radioactifs, FANC nota 007-087-F rév. 1, 02/04/2010.

[9] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Leidraad over beschouwingen van gebeurtenissen met een externe oorsprong bij het ontwerp van de bergingsinstallatie, FANC nota 008-241-N herz. 2, 07/06/2010.

[10] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Leidraad "Aardbevingen", FANC nota 007-125-N her. 4, 17/12/2009.

[11] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Guide technique "Analyse de sûreté: Aspects liés à l'eau souterraine", FANC nota 008-255-F rév. 2, 24/09/2010.

[12] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Veiligheidsevaluatie: biosfeer, FANC nota 008-217-N herz. 3, 13/08/2010.

[13] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Guide technique "Critères de radioprotection pour l'évaluation post-fermeture des dépôts radioactifs", FANC nota 007-228-F rév. 3, 20/07/2017.

[14] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Leidraad over stralingsbescherming tijdens de operationele periode van een oppervlakteberging voor radioactief afval, FANC nota 008-007-N herz. 5, 11/12/2008.

[15] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Acceptabilité des expositions potentielles dues à des événements initiateurs d'origine externe ou interne visant des établissements de dépôt de déchets radioactifs, FANC nota 2012-06-21-JPW-5-4-5-FR, 11/06/2010.

[16] International Atomic Energy Agency, IAEA Safety Standards: Fundamental Safety Principles, SF-1, 2006.

[17] International Atomic Energy Agency, IAEA Safety Standards: Disposal of radioactive waste, SSR-5, 2011.

[18] International Atomic Energy Agency, IAEA Safety Standards: The safety case and safety assessment for the disposal of radioactive wastee, SSG-23, 2012.

[19] International Atomic Energy Agency, IAEA Safety Standards: Near Surface Disposal Facilities for Radioactive Waste, SSG-29, 2017.

[20] International Atomic Energy Agency, IAEA Safety Standards: The management system for the disposal of radioactive waste, GS-G-3.4 , 2008.

[21] International Atomic Energy Agency, IAEA Safety Standards: Monitoring and surveillance of radioactive waste disposal facilities, SSG-31, 2014.

[22] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Aanvraag voor de oprichtings- en exploitatievergunning voor de oppervlaktebergingsinrichting voor categorie A-afval in Dessel, FANC brief 2013-06-10-GVO-5-1-1-NL, 14/06/2013.

[23] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Resultaat van de eerste analyse door FANC en Bel V van het dossier "Oppervlaktebergingsinrichting voor categorie A-afval in Dessel", FANC nota 2013-06-03-JME-5-4-5-NL, 14/06/2013.

[24] Nationale Instelling voor Radioactief Afval en Verrijkte Splijtstoffen, Vervollediging van het veiligheidsdossier voor de oppervlaktebergingsinrichting voor categorie A-afval in Dessel, NIRAS brief Wwa/Kdh/2013-1467, 05/07/2013.

[25] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Aanvraag voor de oprichtings- en exploitatievergunning voor de oppervlaktebergingsinrichting voor categorie A-afval in Dessel, FANC brief 2013-10-23-AW-5-1-7-NL, 25/10/2013.

[26] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Reeks specifieke vragen rond de vergunningsaanvraag voor een oppervlaktebergingsinrichting voor categorie A-afval in Dessel, FANC nota 2013-11-05-JME-5-4-6-NL, 14/11/2013.

[27] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Vragen van het FANC en Bel V betreffende hoofdstuk 2 van het veiligheidsrapport van de oppervlaktebergingsinrichting voorzien te Dessel, FANC nota 2014-04-02-JME-5-4-4-NL, 11/04/2014.

[28] Bel V, cAt-project "Vragen rond hoofdstukken 3, 9 en 17 van het veiligheidsrapport", Bel V Safety Evaluation Report R-SER-14-003-0-n, 08/04/2014.

[29] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Vragen van het FANC en Bel V betreffende hoofdstuk 4 van het veiligheidsrapport van de oppervlaktebergingsinrichting voorzien te Dessel, FANC nota 2014-04-02-IW-5-4-2-NL, 08/04/2014.

[30] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Vragen van het FANC en Bel V betreffende hoofdstuk 5 van het veiligheidsrapport van de oppervlaktebergingsinrichting voorzien te Dessel, FANC nota 2014-04-01-CAD-5-4-7-NL, 01/04/2014.

[31] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Vragen van het FANC en Bel V betreffende hoofdstuk 6 van het veiligheidsrapport van de oppervlaktebergingsinrichting voorzien te Dessel, en over de provisionele inventaris V2, FANC nota 2014-01-20-KM-5-4-1-NL, 28/01/2014.

[32] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Vragen van het FANC en Bel V betreffende hoofdstuk 7 van het veiligheidsrapport van de oppervlaktebergingsinrichting voorzien te Dessel, FANC nota 2014-01-20-CAD-5-4-1-NL, 28/01/2014.

[33] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Vragen van het FANC en Bel V betreffende hoofdstuk 8 van het veiligheidsrapport van de oppervlaktebergingsinrichting voorzien te Dessel, FANC nota 2014-03-18-CAD-5-4-4-NL, 08/04/2014.

[34] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Vragen van het FANC en Bel V betreffende hoofdstuk 11 van het veiligheidsrapport van de oppervlaktebergingsinrichting voorzien te Dessel, FANC nota 2014-01-21-BG-5-4-1-NL, 05/03/2014.

[35] Bel V, cAt-project: "Detailanalyse hoofdstuk 12 'Stralingsbescherming'", Bel V Safety Evaluation Report R-SER-14-004-0-n, 19/03/2014.

[36] Bel V, cAt-project "Vragen rond hoofdstuk 13 'Veiligheidsevaluatie - operationele veiligheid', Bel V Safety Evaluation Report R-SER-14-004-0-n, 08/04/2014.

[37] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Vragen van het FANC en Bel V betreffende hoofdstuk 14 - deel lange termijnveiligheidsevaluatiemethodologie - van het veiligheidsrapport van de oppervlaktebergingsinrichting voorzien te Dessel, FANC nota 2014-01-30-JME-5-4-2-NL, 21/03/2014.

[38] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Vragen met betrekking tot het hoofdstuk 14 van het veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting te Dessel - Deel menselijke intrusie en penaliserende scenario's, FANC nota 2014-04-03-BG-5-4-2-NL, 08/04/2014.

[39] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Vragen van het FANC en Bel V betreffende hoofdstuk 14 - deel hydrogeologische modellering bij de lange termijnveiligheidsevaluatie - van het veiligheidsrapport van de oppervlaktebergingsinrichting voorzien te Dessel, FANC nota 2014-04-08-IW-5-4-4-NL, 08/04/2014.

[40] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Vragen van het FANC en Bel V betreffende hoofdstuk 14 van het veiligheidsrapport van de oppervlaktebergingsinrichting voorzien te Dessel - deel biosfeer modellering, FANC-nota 2014-04-08-IW-5-4-3-NL, 08/04/2014.

[41] Bel V, cAt-project "Detailanalyse hoofdstuk 14 'Veiligheidsevaluatie - langetermijnveiligheid': Installatiemodellen EES en RS", Bel V Safety Evaluation Report R-SER-14-005-0-n, 11/04/2014.

[42] Bel V, cAt-project "Detailanalyse hoofdstuk 14 'Veiligheidsevaluatie - langetermijnveiligheid': FEP management en AES ontwikkeling", Bel V Safety Evaluation Report R-SER-14-009-0-n, 10/07/2014.

[43] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Vragen met betrekking tot het hoofdstuk 15 van het veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting te Dessel, FANC nota 2013-12-17-CAD-5-4-3-FR, 15/01/2014.

[44] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Errata van de doorgestuurde vragen, FANC brief 2014-08-25-JME-5-1-30-NL, 25/08/2014.

[45] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Errata van een doorgestuurde vraag, FANC brief 2014-11-03-JME-5-1-34-NL, 04/11/2014.

[46] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Afsluiten antwoorden op de specifieke vragen van FANC betreffende de toekomstige oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval te Dessel, FANC brief 2017-12-04-JME-5-1-19-NL, 08/12/2017.

[47] Nationale Instelling voor Radioactief Afval en Verrijkte Splijtstoffen, Vergunningsaanvraag voor de oprichting en exploitatie van een oppervlaktebergingsinrichting voor categorie A-afval in Dessel, NIRAS brief rbo/kdh/2019-0219, 31/01/2019.

[48] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Vergunningsaanvraag voor de oprichting en exploitatie van een oppervlaktebergingsinrichting voor categorie A-afval in Dessel, FANC brief 2019-02-18-IDBA-5-1-1-NL, 28/02/2019.

[49] Nationale Instelling voor Radioactief Afval en Verrijkte Splijtstoffen, Vergunningsaanvraag voor de oprichting en exploitatie van een oppervlaktebergingsinrichting voor categorie A-afval in Dessel, NIRAS brief rbo/kdh/2019-0462, 28/02/2019.

[50] Nationale Instelling voor Radioactief Afval en Verrijkte Splijtstoffen, Project-MER voor de bouw en exploitatie van een oppervlaktebergingsinstallatie voor categorie A-afval te Dessel, Brief met referentie rbo/kdh/2019-1758, 30/07/2019.

[51] ARCADIS Belgium NV & Tractebel Engie, „Bouw en exploitatie van een oppervlaktebergingsinstallatie voor het Belgische laag- en middelactief kortleven Afval te Dessel - Ontwerp project-MER," juli 2019.

[52] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Initiële bespreking vergunningsaanvraag voor een oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval in Dessel, Nota met referentie 2019-08-01-IDBA-5-4-2-NL, 2019.

[53] Europese Commissie, Aanbeveling van de Commissie 2010/635/Euratom van 11 oktober 2010 betreffende de toepassing van artikel 37 van het Euratom-Verdrag, 2010/635/Euratom, 23/10/2010.

[54] M. Verwilghen, „Nota aan de ministerraad van 22/06/2006 betreffende berging van radioactief afval van categorie A (laag- en middelactief afval met korte levensduur)," Federale overheidsdienst kanselarij van de eerste minister, Brussel, België, 2006.

[55] Bureau voor Normalisatie, Beton - Specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit - Nationale aanvulling bij NBN EN 206:2013 +A1:2016, NBN B 15-001:2018, 04/07/2018.

[56] Nationale Instelling voor Radioactief Afval en Verrijkte Splijtstoffen, Antwoorden op de commentaren inventaris IRA3, NIRAS brief WWA/av/2015-0449, 12/02/2014.

[57] Nationale Instelling voor Radioactief Afval en Verrijkte Splijtstoffen, Analyse des ratios isotopiques des familles de catégorie A, NIRAS nota 2014-2813, 15/02/2017.

[58] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Presentatie gegeven door NIRAS op 13/09/2013 rond het QA/QC systeem van de volledige afvalbehandelingsketen, FANC brief 2013-09-13-JCR-5-1-2-NL, 16/09/2013.

[59] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Vaststellingen van FANC met betrekking tot de organisatie van het cAt-project door de projectleiding, de kwaliteitscontrole door de

projectleiding en de interne onafhankelijke verificatie door de DFC, FANC brief 2018-03-20-JME-5-1-6-NL, 29/03/2018.

[60] International Atomic Energy Agency, „Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities," IAEA - Non-serial publication, Vienna, 2004.

[61] U.S. Nuclear Regulatory Commission, Design of Erosion Protection for Long-Term Stabilization, NUREG-1623, 2002.

[62] Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, Beton storten tijdens de winterperiode, WTCB D/2012/0611/02, 2012.

[63] European Commission, Ontwerp en berekening van betonconstructies - Deel 1-1 : Algemene regels en regels voor gebouwen, NBN EN 1992-1-1 ANB:2010. Eurocode 2 , 2010.

[64] Nationale Instelling voor Radioactief Afval en Verrijkte Splijtstoffen, Kwaliteisborgingsprogramma NISD, NIROND-TR 2015-02 N, 02/02/2019.

[65] U.S. National Regulatory Commission, Quality Assurance Criteria for Nuclear Power Plants and Fuel Reprocessing Plants, 10 CFR 50 appendix B, 2017.

[66] Vinçotte Nuclear Safety, APC radiological consequences for the category A waste disposal facility, NIRAS OD-172 (NVS-TR-18-009 rév. 1), 21/11/2018.

[67] International Atomic Energy Agency, Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities, IAEA ISAM, 2004.

[68] COMSOL Multiphysics, User's guide (Version 3.5), COMSOL AB, 2008.

[69] COMSOL, Earth Science Module guide (version 3.5), COMSOL AB, 2008.

[70] C. Zheng en P. Wang, MT3DMS: a Modular Three-Dimensional Multispecies transport Model for Simulation of Advection, Dispersion and Chemical Reactions of Contaminants in Groundwater Systems, Documentation and User's guide, US Army Corps of Engineers, SERDP-99-1, 1/12/1999.

[71] A. Harbaugh, MODFLOW-2005, The U.S. Geological Survey modular ground-water model – the ground-water flow process, U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A16, 2005.

[72] J.E. Brown et al, A new version of the ERICA tool to facilitate impact assessments of radioactivity on wild, plants and animals, Journal of Environmental Radioactivity 153 14-148, 2016.

[73] International Commission on Radiological Protection, Dose Coefficients for Non-Human Biota Environmentally Exposed to Radiation, ICRP publication 136, 12/2017.

[74] Vlaanderen, Besluit van de Vlaamse Regering houdende vaststelling van het Vlaams Reglement betreffende bodemsanering en de bodembescherming, VLAREBO 2008, 14/12/2007.

[75] EPA, Soil Screening Guidance: User's Guide 2nd edition, EPA , 1996.

[76] Nationale Instelling voor Radioactief Afval en Verrijkte Splijtstoffen, cAt: dégradation de la cellulose - Influence sur la sorption, NIRAS nota 2015-0391, 05/02/2015.

[77] U.S. National Regulatory Commission, Packaging and transportation of radioactive material, 10 CFR 71.4, 15/12/2017.

[78] Nationale Instelling voor Radioactief Afval en Verrijkte Splijtstoffen, Vergunningsaanvraag voor de oprichting en exploitatie voor de oppervlaktebergingsinrichting in Dessel, NIRAS nota 2012-1435 (herz.1), 28/01/2019.

[79] P. Willems, V. Ntegeka, E. Roulin en P. Baguis, Climate Change Impact on Hydrological Extremes along Rivers and Urban Drainage Systems in Belgium, CCI- HYDR Summary Report (KU Leuven), 2010.

Bijlage 1 - Adviesvoorstel aan de Wetenschappelijke Raad

Onderstaande tekst is een voorstel van FANC en Bel V, aan de Wetenschappelijke Raad, van advies betreffende het dossier.

Voorlopig voorafgaand advies van de Wetenschappelijke Raad voor Ioniserende Straling betreffende de vergunningsaanvraag, ingediend door de Nationale instelling voor radioactief afval en verrijkte splijtstoffen (NIRAS) op 31 januari 2013

Oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval in Dessel

Gelet op het koninklijk besluit van 20 juli 2001 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende stralingen, inzonderheid op artikel 6.3;

Gelet op de vergunningsaanvraag ingediend door de Nationale instelling voor radioactief afval en verrijkte splijtstoffen op 31 januari 2013, betreffende de oprichting en exploitatie van een oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval in Dessel;

Gelet op de aanvullingen bij de vergunningsaanvraag, overgemaakt door de Nationale instelling voor radioactief afval en verrijkte splijtstoffen op 31 januari 2019, op 28 februari 2019 en op 30 juli 2019;

Gelet op de volledigverklaring door het FANC van 30/08/2019, conform artikel 6.3.1 van het koninklijk besluit van 20 juli 2001 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende stralingen;

Overwegend dat de vergunningsaanvraag beantwoordt aan de vereisten van artikel 6.2 van het koninklijk besluit van 20 juli 2001 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende stralingen;

Overwegende dat conform artikel 6.3 van het koninklijk besluit van 20 juli 2001 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende stralingen, aan de Wetenschappelijke Raad gevraagd wordt een voorlopig voorafgaand advies uit te brengen over de vergunningsaanvraag, ingediend op 31 januari 2013 door de Nationale instelling voor radioactief afval en verrijkte splijtstoffen;

Overwegende dat tijdens de zitting van de Wetenschappelijke Raad van 3 oktober 2019 verslag werd uitgebracht betreffende deze aanvraag door het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, FANC, en haar filiaal Bel V (Nota 2019-03-25-JME-5-4-1-NL, *Verslag aan de Wetenschappelijke Raad voor Ioniserende Stralingen betreffende de vergunningsaanvraag voor een Oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval in Dessel, bevattende de resultaten van de veiligheidsanalyse van het aanvraagdossier door FANC en Bel V.*, van 30 augustus 2019).

Besluit:

De Wetenschappelijke Raad brengt een **gunstig voorlopig voorafgaand advies** uit betreffende de vergunningsaanvraag voor de oprichting en exploitatie van een oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval in Dessel.

De Wetenschappelijke Raad heeft geen opmerkingen op het in het dossier aanwezige 'Ontwerp project-MER'.

Het dossier, inclusief dit advies en het verslag van het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) en haar filiaal Bel V, kan naar de betrokken gemeenten en de betrokken provincie doorgezonden worden, conform de artikelen 6.4 en 6.5 van het Koninklijk Besluit van 20 juli 2001 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende stralingen.

Conform artikel 6.3.2 van het Koninklijk Besluit van 20 juli 2001 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende stralingen, oordeelt de Wetenschappelijke Raad, op basis van voorliggende vergunningsaanvraag, dat de geplande inrichting geen aanzienlijke milieueffecten kan hebben voor een andere Staat die partij is bij de overeenkomst betreffende de Europese Economische Ruimte.

In de periode voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad aangaande deze vergunningsaanvraag (ter opmaak van een gemotiveerd voorlopig advies), vraagt de Wetenschappelijke Raad aan NIRAS om de nodige plannen, procedures en documenten op te stellen alsook de nodige studies en evaluaties uit te voeren. Het betreft de plannen, procedures, documenten, studies en evaluaties die door het FANC en haar filiaal Bel V worden gevraagd in het verslag aan de Wetenschappelijke Raad van 30 augustus 2019. Alle plannen, procedures, documenten, studies en evaluaties worden geëvalueerd door het FANC of door haar filiaal Bel V. De resultaten van deze evaluaties worden in de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad aangaande dit project voorgelegd.

Bijlage 2 Evaluatie per hoofdstuk van het voorlopig veiligheidsverslag

In deze bijlage wordt er per hoofdstuk een beoordeling gegeven door FANC en Bel V van de inhoud van het desbetreffende hoofdstuk. De beoordeling is gebaseerd op de interne evaluatiebasissen die FANC en Bel V hebben opgesteld teneinde het dossier van NIRAS op een gepaste manier, in lijn met de reglementaire verwachtingen, te kunnen evalueren.

In de tekst wordt een kleurcode gebruikt, waarbij groen staat voor een positieve beoordeling, oranje een opmerking aangeeft (echter zonder specifieke vereiste actie), en rood een opmerking aangeeft dewelke een actie van NIRAS in de toekomst zal vereisen. Dit kan zijn tegen een tweede Wetenschappelijke Raad, het bevestigingsbesluit of later.

Deze bijlage is per hoofdstuk georganiseerd en vertrekt van de context van het desbetreffende hoofdstuk. Nadien wordt ingegaan op de verwachtingen en hun invulling door NIRAS. Het betreft enerzijds de inhoudelijke verwachting ten aanzien van het hoofdstuk, anderzijds wat FANC en Bel V à minima verwachten dat aanwezig is om het dossier te kunnen voorleggen aan de Wetenschappelijke Raad. Tenslotte wordt per hoofdstuk een conclusie gegeven en worden de elementen opgelijst die FANC en Bel V nodig achten tegen een tweede Wetenschappelijke Raad.

Inhoudstafel

1. Organisatie van het dossier en algemene informatie 141
   1.1. Context 141
   1.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk 141
      1.2.1. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling 141
      1.2.2. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad 142
   1.3. Conclusies FANC en Bel V 142
2. Veiligheidsbeleid, veiligheidsstrategie en veiligheidsconcept 144
   2.1. Context 144
   2.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk 144
      2.2.1. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling 144
      2.2.2. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad 149
   2.3. Conclusies FANC en Bel V 150
3. Beheersysteem 152
   3.1. Context 152
   3.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk 152
      3.2.1. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling 152
      3.2.2. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad 154
   3.3. Conclusies FANC en Bel V 154
4. Karakteristieken van de site en haar omgeving 156
   4.1. Context 156
   4.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk 156
      4.2.1. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling 156
      4.2.2. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad 159
   4.3. Conclusies FANC en Bel V 160
5. Kennis van de fenomenologie van de kunstmatige barrières in hun omgeving 161
   5.1. Context 161
   5.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk 161
      5.2.1. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling 161
      5.2.2. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad 172
   5.3. Conclusies FANC en Bel V 173
6. Afval 175
   6.1. Context 175
   6.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk 175
      6.2.1. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling 175
      6.2.2. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad 177
   6.3. Conclusies FANC en Bel V 178
7. Ontwerp en constructie van de bergingscolli 179
   7.1. Context 179
   7.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk 179
      7.2.1. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling 179
      7.2.2. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad 181

7.3. Conclusies FANC en Bel V 182
8. Ontwerp en constructie van de berging 183
8.1. Context 183
8.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk 183
8.2.1. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling 183
8.2.2. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad 188
8.3. Conclusies FANC en Bel V 188
9. Uitbating 190
9.1. Context 190
9.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk 190
9.2.1. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling 190
9.2.2. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad 192
9.3. Conclusies FANC en Bel V 193
10. Sluiting van de berging 194
10.1. Context 194
10.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk 194
10.2.1. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling 194
10.2.2. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad 195
10.3. Conclusies FANC en Bel V 195
11. Maatregelen na sluiting (controlefase) 196
11.1. Context 196
11.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk 196
11.2.1. Manier waarop de antwoorden op de vragen van FANC en Bel V in rekening worden gebracht in het vergunningsaanvraagdossier 196
11.2.2. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling 196
11.2.3. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad 198
11.3. Conclusies FANC en Bel V 198
12. Stralingsbescherming 199
12.1. Context 199
12.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk 199
12.2.1. Manier waarop de antwoorden op de vragen van FANC en Bel V in rekening worden gebracht in het vergunningsaanvraagdossier 199
12.2.2. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling 199
12.2.3. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad 202
12.3. Conclusies FANC en Bel V 202
13. Veiligheidsevaluatie – operationele veiligheid 203
13.1. Context 203
13.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk 203
13.2.1. Manier waarop de antwoorden op de vragen van FANC en Bel V in rekening worden gebracht in het vergunningsaanvraagdossier 203
13.2.2. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling 203
13.2.3. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad 207
13.3. Conclusies FANC en Bel V 207
14. Veiligheidsevaluatie – veiligheid op lange termijn 209
14.1. Context 209

14.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk 209
14.2.1. Manier waarop de antwoorden op de vragen van FANC en Bel V in rekening worden gebracht in het vergunningsaanvraagdossier 209
14.2.2. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling 209
14.2.3. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad 229
14.3. Conclusies FANC en Bel V 231
15. Conformiteitscriteria voor bergingscolli 233
15.1. Context 233
15.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk 233
15.2.1. Manier waarop de antwoorden op de vragen van FANC en Bel V in rekening worden gebracht in het vergunningsaanvraagdossier 233
15.2.2. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling 233
15.2.3. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad 235
15.3. Conclusies FANC en Bel V 236
16. Monitoring 237
16.1. Context 237
16.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk 237
16.2.1. Manier waarop de antwoorden op de vragen van FANC en Bel V in rekening worden gebracht in het vergunningsaanvraagdossier 237
16.2.2. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling 237
16.2.3. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad 238
16.3. Conclusies FANC en Bel V 239
17. Technische specificaties 240
17.1. Context 240
17.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk 240
17.2.1. Manier waarop het antwoord op de vraag van FANC en Bel V in rekening worden gebracht in het vergunningsaanvraagdossier 240
17.2.2. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling 240
17.2.3. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad 240
17.3. Conclusies FANC en Bel V 241
18. Referenties van Bijlage 2 242

1. Organisatie van het dossier en algemene informatie

1.1. Context

Dit hoofdstuk beschrijft de doelstellingen en globale organisatie van het veiligheidsdossier. Het geeft een overzicht van de globale doelstellingen van de berging en van zijn justificatie. Het hoofdstuk bevat eveneens een overzicht van het reglementair kader en de reglementaire context. Er is tenslotte ook een korte beschrijving van het afval.

1.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk

In deze paragraaf worden kort de verwachtingen van FANC en Bel V aangaande dit hoofdstuk weergegeven, alsook de invulling die er door NIRAS aan gegeven werd. In §1.2.1 wordt per paragraaf van het hoofdstuk een oplijsting gemaakt van welke aspecten beschreven zouden moeten zijn in dit hoofdstuk, en in kleur de beoordeling van deze aspecten in het hoofdstuk door FANC en Bel V. Vervolgens wordt in §1.2.2 een opsomming gemaakt van de vereisten die voor FANC en Bel V minimaal in te vullen zijn voorafgaand aan de eerste zitting van de Wetenschappelijke Raad, alsook in kleur de beoordeling door FANC en Bel V van de invulling ervan door NIRAS.

1.2.1. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling

- §1.1 Inleiding en doelstellingen van het veiligheidsdossier en het veiligheidsrapport
    - Kadert het veiligheidsrapport en veiligheidsdossier binnen de vergunningsaanvraag en de latere vergunning
      Beoordeling FANC en Bel V: Er wordt duidelijk uitgelegd wat het veiligheidsrapport en –dossier is, samen met het verschil tussen beide en hun plaats binnen het vergunningstraject en nadat een vergunning zou zijn verleend. Het is ook in lijn met de van toepassing zijnde reglementering.
    - Bevat de verschillende engagementen en verantwoordelijkheden van de exploitant met betrekking tot de berging
      Beoordeling FANC en Bel V: De engagementen en verantwoordelijkheden zijn duidelijk, m.u.v. het feit dat NIRAS de twijfel rond het al dan niet prioritair belang van veiligheid in haar beleidsverklaring dient op te heffen.
- §1.2 Algemeen overzicht van het oppervlaktebergingsproject
    - Beschrijft het project in algemene termen, beschrijft de verschillende bekeken opties, de elementen die aan de basis lagen van de keuze voor deze berging en justificeert deze keuze. Het hoofdstuk beschrijft de algemene aanpak en veiligheidsstrategie van de berging en beschrijft het type afval dat geborgen zal worden.
      Beoordeling FANC en Bel V: De historiek wordt kort uitgelegd en er wordt ook duidelijk aangegeven dat het een regeringsbeslissing betreft. Ook de algemene aanpak van de berging wordt toegelicht. De veiligheidsstrategie wordt meer in detail behandeld in §1.5.
- §1.3 Regelgevend kader en fasering
    - Overzicht van het reglementair kader dat van toepassing is en toegepast wordt op de berging, tijdens de verschillende fases en perioden.
      Beoordeling FANC en Bel V: Dit overzicht is aanwezig.
- §1.4 Institutioneel kader
    - Beschrijving van de exploitant en de verschillende stakeholders.
      Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS, in haar rol als afvalbeheerder en in haar rol als

exploitant, alsook de overige betrokken partijen (zoals BP) worden beschreven in deze paragraaf.

- §1.5 Algemene informatie over de bergingsinrichting en de site
  - Algemene beschrijving van de bergingsinrichting in zijn verschillende configuraties
    Beoordeling FANC en Bel V: Deze beschrijving is aanwezig.
  - Beschrijving van de doelstellingen van de bergingsinstallatie
    Beoordeling FANC en Bel V: Het doel is "*al het huidige en op dit moment voorziene categorie A-afval in België op een veilige manier te bergen.*" Dit is aanvaardbaar, al is het momenteel wel niet duidelijk of al het voorziene categorie A-afval finaal zal kunnen geborgen worden (omwille van het risico dat de radiologische capaciteit van de westelijke tumulus kleiner zal zijn dan voorzien, en omwille van het feit dat een deel van het reeds geproduceerde afval momenteel niet beantwoordt aan de door NIRAS voorgestelde conformiteitscriteria voor berging).
- §1.6 Structuur en leesgids van het veiligheidsdossier en het veiligheidsrapport niveau 2
  - Beschrijft de organisatie van het veiligheidsdossier
    Beoordeling FANC en Bel V: Dit is gebeurd en bijkomend wordt er ook een overzicht gegeven van de verschillende ondersteunende documenten.

1.2.2. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad

Minimaal dient voor de eerste zitting van de wetenschappelijke raad aan volgende voldaan te zijn:

- De doelstellingen van de berging dienen duidelijk omschreven en aanvaardbaar te zijn.
  Beoordeling FANC en Bel V: De doelstelling is om al het huidige en op dit moment voorziene categorie A-afval op een veilige manier te bergen. Omdat er een risico bestaat dat de radiologische capaciteit van de westelijke tumulus kleiner is dan deze van de oostelijke tumulus, is het momenteel niet duidelijk of al het voorziene categorie A-afval finaal zal kunnen geborgen worden.
- De exploitant dient zijn engagement en verantwoordelijkheden duidelijk en in lijn met nationale en internationale regels te verklaren.
  Beoordeling FANC en Bel V: De engagementen en verantwoordelijkheden zijn duidelijk, m.u.v. het feit dat NIRAS de twijfel rond het al dan niet prioritair belang van veiligheid in haar beleidsverklaring dient op te heffen.

1.3. Conclusies FANC en Bel V

De gegeven informatie aangaande het overzicht van het dossier en de algemene gegevens betreffende de berging is voor FANC en Bel V volledig en kan dus worden voorgelegd aan de Wetenschappelijke Raad.
Het overzicht van het dossier en de algemene gegevens betreffende de berging voldoen aan de reglementaire vereisten en de verwachtingen van FANC en Bel V. De veiligheidsautoriteit heeft geen bemerkingen.

In functie van hun analyse concluderen FANC en Bel V dat de vereisten waaraan voldaan moest worden voor de eerste wetenschappelijke raad, positief zijn ingevuld.
Op basis van deze elementen oordelen FANC en Bel V dat het voorgestelde overzicht van het dossier en de algemene gegevens betreffende de berging als aanvaardbaar kunnen beschouwd worden.

Echter wordt door FANC en Bel V, in navolging van de gegeven bemerkingen, aan de Wetenschappelijke Raad geadviseerd om de volgende elementen te vragen voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad:

2. De opheffing van de twijfel rond het al dan niet prioritair belang dat aan veiligheid zal worden gegeven.
3. Een eerste inschatting van de operationele limieten van de westelijke tumulus aangezien er een risico is dat de radiologische capaciteit van de westelijke tumulus kleiner is dan deze van de oostelijke tumulus.

2. Veiligheidsbeleid, veiligheidsstrategie en veiligheidsconcept

2.1. Context

Zoals vermeld in art. 3 van het Koninklijk Besluit (KB) houdende veiligheidsvoorschriften voor de kerninstallaties (VVKI) [1]: "*Het beleid inzake nucleaire veiligheid moet door de exploitant op schrift worden gesteld … Het veiligheidsbeleid impliceert de opstelling van duidelijk geformuleerde doelstellingen en mikpunten waardoor de vorderingen kunnen worden opgevolgd. Het veiligheidsbeleid vereist dat er maatregelen worden genomen voor de uitvoering ervan en voor het toezicht op het niveau van de nucleaire veiligheid*."
Het veiligheidsbeleid omvat o.a. de basisprincipes, de veiligheidsprincipes, de veiligheidsstrategie die de mechanismen en methodes beschrijft die bijdragen tot het bereiken van de veiligheidsdoelstellingen en die haar toepassing kunnen beïnvloeden, en het veiligheidsconcept waarin de componenten van het bergingssysteem worden geïdentificeerd die de veiligheid verzekeren met de beschrijving van hun veiligheidsfuncties en verwachte performantie, en dit voor de verschillende periodes en fases in het leven van de inrichting. In het veiligheidsconcept wordt ook beschreven hoe de combinatie van deze componenten ervoor zorgt dat het principe van gelaagde bescherming toegepast wordt.

Het beveiligingsbeleid wordt niet in dit hoofdstuk behandeld.

2.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk

In deze paragraaf worden kort de verwachtingen van FANC en Bel V aangaande dit hoofdstuk weergegeven, alsook de invulling die er door NIRAS aan gegeven werd. In §2.2.1 wordt per paragraaf van het hoofdstuk een oplijsting gemaakt van welke aspecten beschreven zouden moeten zijn in dit hoofdstuk, en in kleur de beoordeling van deze aspecten in het hoofdstuk door FANC en Bel V. Vervolgens wordt in §2.2.2 een opsomming gemaakt van de vereisten die voor FANC en Bel V minimaal in te vullen zijn voorafgaand aan de eerste zitting van de Wetenschappelijke Raad, alsook in kleur de beoordeling door FANC en Bel V van de invulling ervan door NIRAS.

2.2.1. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling

- §2.2 Veiligheidsbeleid en veiligheidsstrategie
    - Beschrijving en rechtvaardiging van het algemene veiligheidsbeleid en de veiligheidsstrategie bij het ontwerp, de bouw, de uitbating, de sluiting en het toezicht van de inrichting voor eindberging.
      Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS dient de twijfel rond het al dan niet prioritair belang van veiligheid in haar beleidsverklaring op te heffen. Verder wordt in deze paragraaf ook de veiligheidsbenadering van NIRAS besproken aan de hand van een figuur. De benadering is aanvaardbaar voor FANC en Bel V. De link tussen de figuur en de bijhorende tekst is echter niet altijd duidelijk.
- §2.3 Bestaande gegevenheden
    - Beschrijving van de bestaande gegevenheden die de reglementaire vereisten, de gevolgde (nationale en internationale) aanbevelingen en de overige gegevenheden zoals socio-economische factoren … bevatten.
      Beoordeling FANC en Bel V: er wordt een volledige oplijsting gemaakt van de verschillende bestaande gegevenheden. In eerste instantie komen de reglementaire vereisten en nationale en internationale aanbevelingen aan bod. Hierbij wordt echter de gebruikte versie niet vermeld, ook niet in de

referentielijst. Er dient uitgeklaard welke versie werd gebruikt bij de opmaak van het veiligheidsrapport, ook al omdat het anders moeilijk zal zijn om in een later stadium bij periodieke revisies na te kunnen gaan of bepaalde veranderingen in reglementering consequenties kunnen hebben op de inrichting. Dit dient ten laatste tegen de oplevering te worden toegevoegd. Vervolgens komen de overige bestaande gegevenheden aan bod, waarbij ook de voorwaarden van STOLA-Dessel m.b.t. de veiligheidsstrategie en het ontwerp van de bergingsinrichting worden opgelijst.

- §2.4 Veiligheidsdoelstelling en strategische veiligheidsoriëntaties
    - Beschrijving van de veiligheidsdoelstellingen, de rechtvaardiging van de strategische veiligheidsoriëntaties, aangeven op welke manier de overige bestaande gegevenheden zich verhouden tot de genomen veiligheidsoriëntaties, alsook het aantonen dat de strategische veiligheidsoriëntaties voldoen aan de reglementaire vereisten en de engagementen die de exploitant neemt.
      Beoordeling FANC en Bel V: In §2.4.3 onderzoekt NIRAS de conformiteit tussen de strategische veiligheidsoriëntaties en de bestaande gegevenheden die geïntroduceerd worden in §2.3. FANC en Bel V kunnen hiermee akkoord gaan.
      NIRAS beschouwt in dit kader de volgende principes:
        - Basisprincipes (bescherming van toekomstige generaties, lasten voor de toekomstige generaties, effecten op de volksgezondheid en het leefmilieu over de landsgrenzen, verzekering van de veiligheid na de opheffing van de oprichtings- en exploitatievergunning);
        - Stralingsbeschermingsprincipes (rechtvaardiging van de praktijk, optimalisatie van de bescherming, principe van de toepassing van dosislimieten);
        - Veiligheidsprincipes (Gelaagde bescherming en aantoonbaarheid).
    - Beschrijving van de basisprincipes en veiligheid- en stralingsbeschermingsprincipes
      Beoordeling FANC en Bel V: Zoals hierboven vermeld, worden al de noodzakelijke basisprincipes, stralingsbeschermingsprincipes en veiligheidsprincipes behandeld door NIRAS.
      FANC en Bel V kunnen akkoord gaan met de uitwerking van NIRAS van de basisprincipes, veiligheidsprincipes en stralingsbeschermingsprincipes.
      Voor gelaagde bescherming zie verder in §2.8. FANC en Bel V zijn wel van mening dat het voor bepaalde deelparagrafen van §2.4 moeilijk is om de belangrijke elementen of punten te ontdekken, aangezien deze verdrinken in een massa aan tekst. Een typische paragraaf in dit kader is §2.4.2.3.2 “Afzonderen en insluiten” die trouwens geen beschrijving van deze principes geeft maar de toepassing ervan (i.e. de veiligheidsstrategie) bediscussieert.

- §2.5 Beheerstrategie
    - Beschrijving en rechtvaardiging van de beheerstrategie die toelaat om de reglementaire bepalingen na te leven en de fundamentele veiligheids- en stralingsbeschermingsprincipes toe te passen, in het bijzonder het principe van de optimalisatie van de bescherming
      Beoordeling FANC en Bel V: Aangaande de optimalisatie van de bescherming beschrijft NIRAS de uitgevoerde optimaliseringsoefening alsook de manier waarop de optimalisering zal voortgezet worden tijdens de volledige levensduur van de bergingsinrichting. FANC en Bel kunnen hiermee akkoord gaan. Hoewel het ontwerp in zijn geheel niet beschouwd werd bij de optimaliseringsoefening,

werd er volgens FANC en Bel V wel voldoende garantie gegeven dat er geen voor de hand liggende redelijke ontwerpkeuzes die een aanzienlijk hogere bescherming zouden bieden genegeerd werden.
NIRAS heeft een systeem ontwikkeld waarmee toezicht wordt gehouden op de prestatie van nucleaire veiligheid (a.d.h.v. sleutelparameters, doelstellingen en mikpunten). FANC/ Bel V kunnen hiermee akkoord gaan.
Verder voorziet NIRAS i.h.k.v. de beheerstrategie de volgende activiteiten: periodieke veiligheidsherzieningen, programma voor het beheer van wijzigingen, kwalificatieprogramma, verouderingsbeheerprogramma, beheer van ervaringsfeedback, programma voor onderhoud, testen, controles en inspecties, monitoring- en toezichtprogramma, opleiding en kwalificatie van personeel en het beschikken over een intern noodplan. Verder zal de Dienst voor Fysische Controle toezicht houden op het niveau van nucleaire veiligheid. FANC en Bel V kunnen akkoord gaan met de door NIRAS voorziene activiteiten i.h.k.v. de beheerstrategie.

- §2.6 Veiligheidsevaluatiestrategie
    - Beschrijving en rechtvaardiging van de veiligheidsevaluatiestrategie die de benadering vastlegt die toelaat om de veiligheid te evalueren en het vertrouwen in de toegepaste methodes aan te tonen
      Beoordeling FANC en Bel V: In eerste instantie worden de doelstellingen van de veiligheidsevaluatiestrategie beschreven, gevolgd door een uitgebreide en duidelijke beschrijving van de gehanteerde methodologie voor de veiligheidsevaluatie. FANC en Bel V zijn van mening dat NIRAS in de lange termijn veiligheidsevaluatie de nodige scenario's beschouwt, maar stellen wel dat de veiligheidsevaluatiestrategie nog niet volledig is uitgewerkt aangezien de performantieanalyses voor de lange termijn, en hun rol in de strategie, niet beschreven worden. Bovendien moeten deze analyses nog worden uitgevoerd. Dit is voor FANC en Bel V voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad noodzakelijk.
- §2.7 Ontwerpstrategie
    - Beschrijving en rechtvaardiging van de ontwerp- en realisatiestrategie die de benadering vastlegt om toe te laten een veilig, performant en robuust bergingssysteem te ontwerpen en te realiseren.
      Beoordeling FANC en Bel V: Het ontwerpproces van NIRAS, dat bestaat uit 3 stappen (bepalen van (1) ontwerpinputs, (2) ontwerpvereisten en (3) conformiteitscriteria), wordt op een duidelijke en zelfdragende manier beschreven in deze paragraaf.
      Het ontwerpproces werd door NIRAS a posteriori van hun vergunningsaanvraag van 2013 ontwikkeld op vraag van FANC en Bel V en dit heeft geleid tot enkele aanpassingen, zoals bijvoorbeeld de belangrijke rol qua lange termijn veiligheid voor de afschermplaten. FANC en Bel V gaan akkoord met de in het veiligheidsdossier toegepaste ontwerp- en realisatiestrategie, met uitzondering van onderstaande opmerking:
        - Een van de bronnen voor het bepalen van de ontwerpinputs is het veiligheidsconcept. FANC en Bel V zijn akkoord dat dit een belangrijke bron is, maar stellen vast dat momenteel enkel rekening gehouden wordt met het lange termijn veiligheidsconcept. De integratie van het operationele veiligheidsconcept in de ontwerpstrategie is voor FANC en Bel V niet op een traceerbare manier in rekening gebracht. Dit zal volgens FANC en Bel V geen ontwerpgevolgen met zich meebrengen en daarom

wordt gevraagd om deze integratie te voorzien voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad.

In §2.7.4 worden de veiligheidsfuncties reeds geïntroduceerd vooraleer het veiligheidsconcept in detail aan bod komt in §2.8. Voor FANC en Bel V heeft deze paragraaf geen toegevoegde waarde en is deze paragraaf onvoldoende zelfdragend zonder kennis van §2.8.

- §2.8 Veiligheidsconcept
  - Beschrijving en rechtvaardiging van het veiligheidsconcept dat door de exploitant voorgesteld wordt.
    Beoordeling FANC en Bel V: Er kan akkoord gegaan worden met het door NIRAS voorgestelde operationele veiligheidsconcept (§2.8.6), dat steunt op de volgende veiligheidsfuncties: insluiten, afschermen en afzonderen.
    Voor wat betreft het lange termijn veiligheidsconcept zijn FANC en Bel V van mening dat dit goed gefundeerd is op basis van de juiste principes en in lijn met de fenomenologisch verwachte evolutie. In dit kader heeft NIRAS vijf veiligheidsfuncties gedefinieerd (vier in het kader van insluiting en één in het kader van afzondering). NIRAS heeft geen veiligheidsfunctie "beschermen van andere veiligheidskritische SSC's" gedefinieerd, waardoor bescherming van andere kunstmatige barrières niet rechtstreeks is opgenomen in het veiligheidsconcept. Dit is echter wel meegenomen in de ontwerpstrategie (zie §2.7). FANC en Bel V vragen om het lange termijn veiligheidsconcept voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad te herzien door de volgende veiligheidsfunctie te integreren: "beschermen van andere veiligheidskritische SSC's".
    Voor FANC en Bel V is het voor het lange termijn veiligheidsconcept ook aangewezen om een samenvatting toe te voegen m.b.t. dit concept met daarin een korte beschrijving van de principes waarop de lange termijn veiligheid steunt (zie ook §2.10).
  - Beschrijving van de toepassing van de gelaagde bescherming en de link met het veiligheidsconcept.
    Beoordeling FANC en Bel V: In §2.8.8 wordt de toepassing van de gelaagde bescherming besproken. NIRAS beschouwt hierbij de volgende lagen:
    1. Vermijden dat bedreigingen optreden of tot aan de SSC's geraken;
    2. Voorzien in robuuste barrières en componenten die een veiligheidsfunctie vervullen;
    3. Het voorzien op systeemniveau van complementaire en onafhankelijke barrières en/of veiligheidsfuncties, zodat één of meerdere complementaire barrières en/of veiligheidsfuncties beschikbaar zijn één barrière en/of veiligheidsfunctie faalt;
    4. Het voorzien van controlemaatregelen binnen de bergingsinrichting om afwijkingen van normale exploitatie, defecten of beschadigingen op te sporen en corrigerende maatregelen te nemen.
    5. Maatregelen voor ongevalsbeheer

    FANC en Bel V gaan akkoord met de manier waarop NIRAS de gelaagde bescherming heeft aangetoond, dit zowel voor de operationele periode als voor de lange termijn. Voor FANC en Bel V is de uitwerking van de gelaagde bescherming ook in lijn met het veiligheidsconcept. In het kader van de uitwerking van de derde laag voor de lange termijn (aantonen van de complementariteit van de barrières en/of veiligheidsfuncties) dient de evaluatie gedeeltelijk nog uitgevoerd te worden m.b.v. de performantieanalyse. Voor FANC

en Bel V dient dit te gebeuren voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad. Voor de controlemaatregelen (vierde laag) dienen de technische specificaties, beschreven in hoofdstuk 17 van het veiligheidsrapport, verder uitgewerkt te worden voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad.

- §2.9 Risicoanalyse
    - Evaluatie van de risico's die verbonden zijn aan mogelijke wijzigingen van bestaande gegevenheden. Deze analyse moet de gevoeligheid van de veiligheid van het bergingssysteem aan wijzigingen van bestaande gegevenheden aantonen.
      Beoordeling FANC en Bel V: FANC en Bel V kunnen akkoord gaan met de uitgevoerde risicoanalyse (zowel qua methodologie, beschrijving ervan in het veiligheidsrapport, als resultaten). FANC en Bel V zien de geïdentificeerde maatregelen als belangrijke aandachtspunten tijdens de toekomstige implementatie van het bergingssysteem.
- §2.10 Synthese van argumenten die het vertrouwen in de veiligheid ondersteunen - conclusies
    - De sectie over de synthese van veiligheidsargumenten en conclusies moet een overzicht geven van de belangrijkste bevindingen inzake de veiligheidsevaluatie; het belangrijkste bewijs, de analyse en argumenten benadrukken die de bewering kwantificeren en ondersteunen dat de berging veilig is; aantonen dat de gegevens en de informatie relevant voor de veiligheid in aanmerking werden genomen; dat het ontwerp, de veiligheidsevaluaties en doenbaarheidsstudies het gevolg zijn van de uitvoering van de veiligheidsstrategie; dat de modellen een proces van kwalificatie, verificatie en validatie hebben gevolgd; een evaluatie geven van onzekerheden en onopgeloste problemen en de geplande stappen om ze op te lossen, bespreken; bijkomend bewijs voor de veiligheid beschrijven, bijvoorbeeld bewijs voor de veiligheid voorbij het tijdskader waarvoor een kwantitatieve evaluatie werd uitgevoerd; een vertrouwensverklaring voorzien die rekening houdt met bijkomend bewijs en argumenten die de bevindingen van de veiligheidsevaluatie aanvullen; conclusies geven over de aanvaardbaarheid van het bereikte veiligheidsniveau.
      Beoordeling FANC en Bel V: §2.10 is voor FANC en Bel V een goed geschreven, zelfdragende en duidelijke paragraaf die beantwoordt aan al de gevraagde aspecten van deze sectie. Deze paragraaf is duidelijker geschreven dan al het voorgaande. Bijvoorbeeld m.b.t. het lange termijn veiligheidsconcept, is er in §2.10.1.2.2 voor het eerst in het hoofdstuk een duidelijke samenvatting te vinden van de basisprincipes waarop de lange termijn veiligheid steunt.
      In paragraaf 2.10 wordt ook een overzicht gegeven van het toekomstig programma dat NIRAS voorziet qua onderzoek, ontwikkeling en demonstratie. Dit programma heeft de volgende doelstellingen:
        1. De bergbaarheid van bepaalde afvalfamilies aantonen/verifiëren en nagaan of er bijkomende beheersmaatregelen nodig zijn;
        2. De geldigheid nagaan van onderstellingen en parameters gebruikt in de veiligheidsevaluaties[56];
        3. De performantie en/of robuustheid van het bergingssysteem verhogen;

[56] Waarmee NIRAS het gedeelte bergingsinstallatie bedoelt, verschillend van het deel hydrogeologie en biosfeer uit punt 5.

4. Internationale ontwikkelingen en beste praktijken opvolgen en ervaringsbeheer toepassen;
5. De geldigheid nagaan van onderstellingen en parameters met betrekking tot de hydrogeologie en biosfeer.

FANC en Bel V kunnen akkoord gaan met de doelstellingen die NIRAS beschouwt voor het toekomstig programma. Het is cruciaal dat dit programma nu ook in de praktijk uitgewerkt wordt. Daarom zullen FANC en Bel V hierop toe zien.
In het kader van punt 1 werd een werkgroep FANC en Bel V en NIRAS opgericht ten einde de opvolging van de bergbaarheid van het afval en de controle hierop door FANC en Bel V te organiseren.
In het kader van punten 2 t.e.m. 4 wensen FANC en Bel V dat NIRAS voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad een overzicht geeft van de evoluties van de RD&D.
Punt 5 bevat opmerkingen van FANC en Bel V, op te lossen voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad (zie hoofdstuk 14).

2.2.2. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad

Minimaal dient voor de eerste zitting van de wetenschappelijke raad aan volgende voldaan te zijn:

- Correcte formulering van de veiligheidsdoelstelling (§2.4). Beoordeling FANC en Bel V: De veiligheidsdoelstelling van NIRAS stelt: "*Mens en milieu beschermen, nu en in de toekomst, tegen de gevaren van ioniserende straling, zonder daarbij toekomstige generaties onnodig te belasten. Mens en milieu beschermen door ongevallen te voorkomen en, indien een ongeval zich voordoet, de gevolgen van dat ongeval beperken en vroegtijdige of massale radioactieve lozingen vermijden.*" FANC en Bel V kunnen akkoord gaan met de formulering van deze veiligheidsdoelstelling.
- In rekening brengen van alle wetten en Koninklijke Besluiten die van toepassing zijn op het moment van de vergunningsaanvraag (§2.3). Beoordeling FANC en Bel V: In bijlage 2-1, waarnaar verwezen wordt in §2.3, kan de overeenstemming tussen de veiligheidsoriëntaties en de nationale reglementaire vereisten, leidraden en nota's van het FANC worden gevonden. FANC en Bel V kunnen hiermee akkoord gaan. Wel dient de gebruikte versie te worden toegevoegd bij de update van het dossier bij het bevestigingsbesluit.
- Volledigheid van het veiligheidsbeleid en de conformiteit ervan met de wettelijke bepalingen. Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS dient de twijfel rond het al dan niet prioritair belang van veiligheid in haar beleidsverklaring op te heffen.
- In rekening brengen en correct interpreteren van alle basis-, veiligheids- en stralingsbeschermingsprincipes (§2.4). Beoordeling FANC en Bel V: De basis-, veiligheids- en stralingsbeschermingsprincipes worden op een correcte manier geïnterpreteerd en ook op een correcte manier toegepast door NIRAS. Op vraag van FANC en Bel V werd door NIRAS in dit kader onder andere a posteriori een optimaliseringsoefening uitgevoerd die geleid heeft tot enkele ontwerpaanpassingen.
- Conformiteit van de ontwerpbasis met de wettelijke bepaling (§2.2, §2.4, §2.7). Beoordeling FANC en Bel V: Uit het ontwerpproces van NIRAS blijkt dat de ontwerpinputs o.a. gebaseerd zijn op het Belgisch regelgevend kader, de FANC-leidraden en nota's. In tabel 2-8 wordt ook aangegeven welke ontwerpinputs gebaseerd zijn op het reglementair kader. In combinatie met bijlage 2-1 geeft dit voor FANC en Bel V voldoende garantie op de conformiteit van de ontwerpbasis met de wettelijke bepalingen.
- Veiligheidsstrategie dient toe te laten de basis-, veiligheids- en stralingsbeschermingsprincipes toe te passen en dient de verschillende elementen van de ontwerpbasis mee in rekening te brengen. (§2.2, §2.5, §2.6, §2.7)

Beoordeling FANC en Bel V: De basis-, veiligheids- en stralingsbeschermingsprincipes worden op een correcte manier geïnterpreteerd en ook op een correcte manier toegepast door NIRAS.

- Een duidelijke omschrijving en justificatie van het veiligheidsconcept, dat de verschillende elementen van de ontwerpbasis in rekening brengt en uitvoer geeft aan de basis-, veiligheids- en stralingsbeschermingsprincipes. Het veiligheidsconcept dient alle fasen uit het leven van de berging in rekening te brengen. (§2.8). Beoordeling FANC en Bel V: In het veiligheidsrapport wordt zowel het veiligheidsconcept voor de operationele fase als voor de lange termijn uitgewerkt. De uitwerking van de gelaagde bescherming in lijn met dit veiligheidsconcept. Voor FANC en Bel V is het voor het lange termijn veiligheidsconcept aangewezen om een samenvatting toe te voegen m.b.t dit concept met daarin een korte beschrijving van de principes waarop de lange termijn veiligheid steunt. De veiligheidsfunctie “Bescherming van andere veiligheidskritische SSC’s” dient ook toegevoegd te worden.
- De synthese van de argumenten dient de verschillende doelstellingen van de veiligheidsevaluatie te beschouwen, een geloofwaardige argumentatie naar voor te brengen en positieve, overtuigende conclusies te trekken aangaande het veiligheidsniveau dat de berging zal bieden (§2.10).
  Beoordeling FANC en Bel V: Dit is voor FANC en Bel V een goed geschreven paragraaf die de lezer de noodzakelijke argumenten geeft om het veiligheidsniveau dat de berging zal bieden duidelijk te maken. In deze synthese werd ook een toekomstig RD&D-programma opgesteld door NIRAS. Dit programma zal verder opgevolgd worden door FANC en Bel V.

2.3. Conclusies FANC en Bel V

De gegeven informatie aangaande het veiligheidsbeleid, de veiligheidsstrategie en het veiligheidsconcept is voor FANC en Bel V volledig en kan dus worden voorgelegd aan de Wetenschappelijke Raad.
Het veiligheidsbeleid, de strategie en het uitgewerkte veiligheidsconcept, voldoen aan de reglementaire vereisten en de verwachtingen van FANC en Bel V. De veiligheidsautoriteit heeft wel de volgende bemerkingen:

4. Er is onvoldoende duidelijkheid in het engagement van NIRAS over het prioritair belang dat aan veiligheid zal worden gegeven.
5. Het huidige hoofdstuk 2 “Veiligheidsbeleid, veiligheidsstrategie en veiligheidsconcept” is complex en moeilijk geschreven waardoor dit hoofdstuk niet kan gebruikt worden om de elementen van het veiligheidsbeleid evenals de vereisten en verwachtingen van de exploitant terzake duidelijk mee te delen zodat het ganse personeel belast met belangrijke taken op het vlak van de nucleaire veiligheid ze kunnen begrijpen en uitvoeren (zoals vereist door artikel 3 van het Koninklijk Besluit houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties te voldoen (VVKI) [1]).

In functie van hun analyse concluderen FANC en Bel V dat de vereisten waaraan voldaan moest worden voor de eerste wetenschappelijke raad, positief zijn ingevuld.
Op basis van deze elementen oordelen FANC en Bel V dat het voorgestelde veiligheidsbeleid, de veiligheidsstrategie, het veiligheidsconceptstralingsbescherming als aanvaardbaar kan beschouwd worden.
Echter wordt door FANC en Bel V, in navolging van de gegeven bemerkingen, aan de Wetenschappelijke Raad geadviseerd om de volgende elementen te vragen voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad:

6. Duidelijkheid scheppen over het prioritair belang dat aan veiligheid dient gegeven te worden;
7. Opstellen van een nieuw ontwerp hoofdstuk 2 “Veiligheidsbeleid, veiligheidsstrategie en veiligheidsconcept”, waarbij deze versie voorafgaand aan de tweede Wetenschappelijke Raad goedgekeurd moet zijn door FANC en Bel V.
   In dit ontwerp hoofdstuk dienen de elementen van het veiligheidsbeleid, evenals de vereisten en verwachtingen van de exploitant ter zake en de richtlijnen voor de uitvoering ervan

duidelijker meegedeeld worden. Enkele specifieke aspecten die hierbij in rekening moeten gebracht worden, zijn:
    - Een optimaliseringsoefening van de duur van de Nucleaire Reglementaire Controlefase;
    - De integratie van het operationele veiligheidsconcept in de ontwerpstrategie;
    - De integratie van de veiligheidsfunctie “beschermen van andere veiligheidskritische SSC’s” in het lange termijn veiligheidsconcept;
8. Opstellen van een nota met daarin de kernboodschappen van het veiligheidsbeleid op basis van het nieuw ontwerp hoofdstuk 2. Deze nota moet het mogelijk maken dat het ganse personeel, belast met belangrijke taken op het vlak van nucleaire veiligheid, het veiligheidsbeleid en de toepassing ervan kan begrijpen en uitvoeren (cf. artikel 3 van KB houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties);
9. Een overzicht geven van de ontwikkelingen i.h.k.v. het onderzoek, ontwikkeling en demonstratie met de volgende doelstellingen:
    - De geldigheid nagaan van onderstellingen en parameters gebruikt in de veiligheidsevaluaties;
    - De performantie en/of robuustheid van het bergingssysteem verhogen;
    - Internationale ontwikkelingen en beste praktijken opvolgen en ervaringsbeheer toepassen.

3. Beheersysteem

3.1. Context

Een managementsysteem of beheersysteem wordt in het KB veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties [1] gedefinieerd als het geheel van onderling afhankelijke of interactieve elementen dat dient om het beleid en de doelstellingen op te stellen en dat toelaat om deze doelstellingen op efficiënte en doeltreffende wijze te bereiken

Er moet een geïntegreerd managementsysteem, dat de vereiste prioriteit geeft aan de nucleaire veiligheid, worden opgesteld, geïmplementeerd, geëvalueerd en voortdurend verbeterd.

Het beheersysteem omvat hoofdzakelijk:

- het geheel van bepalingen met betrekking tot de organisatie, de verantwoordelijkheden, de middelen, de processen en de kwaliteitsborging.
- alle activiteiten en processen die een invloed kunnen hebben op de nucleaire veiligheid

Het beheersysteem omvat de activiteiten en processen gedurende alle perioden en fasen uit het leven van de bergingsinrichting en dit onder alle mogelijk te voorziene situaties, en dit tot aan het terugtrekken van de nucleaire reglementaire controle.

De voornaamste doelstelling van het hoofdstuk is het beschrijven van het geïntegreerd beheersysteem en het aantonen dat dit in lijn is met het reglementair kader.

3.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk

In deze paragraaf worden kort de verwachtingen van FANC en Bel V aangaande dit hoofdstuk weergegeven, alsook de invulling die er door NIRAS aan gegeven werd. In §3.2.1 wordt per paragraaf van het hoofdstuk een oplijsting gemaakt van welke aspecten beschreven zouden moeten zijn in dit hoofdstuk, en in kleur de beoordeling van deze aspecten in het hoofdstuk door FANC en Bel V. Vervolgens wordt in §3.2.2 een opsomming gemaakt van de vereisten die voor FANC en Bel V minimaal in te vullen zijn voorafgaand aan de eerste zitting van de Wetenschappelijke Raad, alsook in kleur de beoordeling door FANC en Bel V van de invulling ervan door NIRAS.

3.2.1. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling

- §3.2 Geïntegreerd beheersysteem van NIRAS
    - Toelichten van de doelstellingen van het beheersysteem en beschrijving van het beheersysteem in zijn globaliteit en uitgesplitst in zijn specifieke componenten, zoals gevraagd in het KB VVKI [1]. Aantonen dat het beheersysteem beantwoordt aan de reglementaire vereisten en bijdraagt tot het versterken van de veiligheid van de inrichting. Beschrijving van de componenten veiligheidsbeheer, kwaliteitsbeheer, middelenbeheer, het systeem van metingen – evaluatie – verbeteringen.
      Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS stelt het geïntegreerd beheersysteem (Integrated Management Systeem of IMS) voor. NIRAS is bezig met de ontwikkeling van dit beheersysteem en stelt dat dit systeem momenteel vooral de bouw en inbedrijfstelling behelst en zegt dat het operationeel zal zijn tegen het bevestigingsbesluit. FANC en Bel V besluiten dat het gedeelte bouw en inbedrijfstelling van het IMS effectief operationeel dient te zijn tegen de start van de bouw, en dat het aanvaardbaar is dat het overige deel operationeel is bij het

bevestigingsbesluit. FANC en Bel V vragen wel dat NIRAS tegen de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad een beschrijving levert van hoe het IMS m.b.t. de bouw zal functioneren. Het in voege zijn van dit gedeelte van het IMS zal mee deel uitmaken van het holdpoint 'klaar voor constructie' en FANC en Bel V zullen dit verder opvolgen. NIRAS bespreekt het veiligheidsbeheer en geeft in deze sectie vooral een aantal bevestigingen rond dit veiligheidsbeleid, onder meer dat het rekening houdt met de wettelijke bepalingen en internationale richtlijnen en dat het uitgewerkte beleid leidt tot een stevige veiligheidscultuur. FANC en Bel V hebben echter vastgesteld dat de uitwerking van het veiligheidsbeleid op het terrein onvoldoende is en dat een gedegen veiligheidscultuur momenteel ontbreekt bij het cAt-project en NIRAS als toekomstig exploitant (zie onder meer [2]) van het verslag van FANC en Bel V). Het zal nodig zijn de veiligheidscultuur uit te bouwen alvorens NIRAS kan overgaan tot de exploitatie van een bergingsinrichting. NIRAS bespreekt ook het kwaliteitsbeheer als belangrijk onderdeel van het IMS, en stelt dat het een belangrijke steunpilaar is voor de veiligheid, onder meer bij de bouw. FANC en Bel V hebben tijdens de lopende vergunningsaanvraag de vaststelling gedaan (zie opnieuw [2]) dat momenteel de nodige kwaliteitszin in onvoldoende mate aanwezig is, en dus verder dient ontwikkeld te worden binnen het kwaliteitsbeheer alvorens de bouw kan aanvatten. NIRAS geeft tenslotte ook aan dat de nodige middelen (menselijke, financiële en technische) bezorgd worden aan de oppervlaktebergingsinrichting. FANC en Bel V stellen echter opnieuw tijdens de lopende vergunningsaanvraag vast dat in bepaalde domeinen de competentie ontbreekt of nog onvoldoende is ontwikkeld ([2]). Specifiek gaat het over competentie op het vlak van de nucleaire veiligheid, stralingsbescherming en een veiligheidsrapport opstellen en beheren. Daarom zal het nodig zijn op dit gebied de nodige bijsturingen en competentie-ontwikkeling te doen.

Voor dit alles zullen FANC en Bel V een plan vragen ter ontwikkeling van de nodige competentie en zin voor kwaliteit en ter verbetering van de veiligheidscultuur.

- §3.3 Organisatiestructuur
    - Beschrijving en rechtvaardiging van de organisatiestructuur, met inbegrip van de verantwoordelijkheden. Verklaring hoe de structuur van nucleair exploitant zich integreert met de structuur van NIRAS-afvalbeheerder. Beschrijving van de interacties tussen personen en processen en de organisaties die tussenkomen bij de inrichting. Aantonen dat deze elementen conform zijn met het regelgevend kader. Voor elke periode/fase uit het leven van de berging: beschrijving van de organisatiestructuur en precisering van de rollen en verantwoordelijkheden van iedereen binnen de organisatie.

      Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS beschrijft de organisatiestructuur en heeft daarbij een scheiding gemaakt tussen NIRAS als afvalbeheerder en NIRAS-site Dessel als exploitant (NISD). Deze scheiding loopt door tot het niveau van de directeur-generaal. De dienst voor Fysische controle is een orgaan dat rechtstreeks valt onder de directeur-generaal en als dusdanig in staat zal zijn om tot op het niveau van de directeur-generaal onafhankelijk toezicht te houden op de exploitatie door NISD. FANC en Bel V nemen akte van de keuze van NIRAS om zelf de rol van exploitant op zich te nemen, en hebben als dusdanig geen probleem met de voorgestelde organisatiestructuur en de scheiding tussen NIRAS als exploitant en NIRAS als afvalbeheerder. NIRAS zal eveneens een aantal comités in het leven roepen die elk een specifieke rol te spelen hebben in de

organisatie: het leveren van veiligheidsadviezen, arbitrage, conformiteitsverificaties… (SAC, RCC, PORC, OSG, TQM). FANC en Bel V gaan akkoord met het bestaan van deze comités, maar benadrukken wel dat deze comités de opdrachten van de Dienst voor Fysische Controle, zoals beschreven in artikel 23 van het ARBIS [3], niet mogen beknotten of dilueren.

- §3.4 Processtructuur van NIRAS
  - Identificeren en beschrijven van de processen zoals gedefinieerd in artikel 5.5 van het KB VVKI [1] en beschrijven op welke manier deze processen beheerd worden. Aantonen dat dit beantwoordt aan het regelgevend kader.
    Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS beschrijft uitgebreid de processen die ze voorziet. Voor een aantal belangrijke processen geeft NIRAS ook een overzicht van de rollen en verantwoordelijkheden van de verschillende actoren. In dit stadium is nog veel in ontwikkeling bij NIRAS.

3.2.2. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad

Minimaal dient voor de eerste zitting van de wetenschappelijke raad aan volgende voldaan te zijn:

- Het beheersysteem, de organisatie en de rollen en verantwoordelijkheden dienen op een duidelijke manier gedefinieerd te zijn.
  Beoordeling FANC en Bel V: FANC en Bel V oordelen dat het beheersysteem, de rollen en verantwoordelijkheden duidelijk zijn en op voldoende wijze zijn beschreven om naar een eerste Wetenschappelijke raad te kunnen gaan. Er zullen wel nog een heel aantal ontwikkelingen nodig zijn op gebied van organisatie en beheersysteem tegen de start van de bouw.

3.3. Conclusies FANC en Bel V

De gegeven informatie aangaande het beheersysteem is voor FANC en Bel V volledig en kan dus worden voorgelegd aan de Wetenschappelijke Raad.
Het beheersysteem voldoet aan de reglementaire vereisten en de verwachtingen van FANC en Bel V.
De veiligheidsautoriteit heeft wel de volgende bemerkingen:

10. Het geïntegreerd beheersysteem (IMS) is nog in volle ontwikkeling bij NIRAS, de verdere ontwikkeling en implementatie zullen de nodige inspanningen van NIRAS vereisen;
11. De veiligheidsautoriteit heeft vaststellingen gedaan op het vlak van het beheer van veiligheidscultuur, kwaliteitsbeheer en competentiebeheer die maken dat bijsturingen en verdere ontwikkelingen hierrond nodig zijn;
12. FANC en Bel V gaan akkoord met het bestaan van een aantal comités binnen de organisatie van NIRAS, maar benadrukken wel dat deze comités de opdrachten van de Dienst voor Fysische Controle, zoals beschreven in artikel 23 van het ARBIS [3], niet mogen beknotten of dilueren.

In functie van hun analyse concluderen FANC en Bel V dat de vereisten waaraan voldaan moest worden voor de eerste wetenschappelijke raad, positief zijn ingevuld.
Op basis van deze elementen oordelen FANC en Bel V dat het voorgestelde beheersysteem als aanvaardbaar kan beschouwd worden.
Echter wordt door FANC en Bel V, in navolging van de gegeven bemerkingen, aan de Wetenschappelijke Raad geadviseerd om de volgende elementen te vragen voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad:

13. Een plan ter ontwikkeling van de nodige competentie inzake nucleaire veiligheid, stralingsbescherming en de redactie van veiligheidsrapporten, en ter ontwikkeling van een gepaste veiligheidscultuur en zin voor kwaliteit. Het plan dient te voorzien in een met

bewijsstukken gestaafde implementatie die doorlopen dient te worden alvorens de bouw van de inrichting kan aanvatten;

14. Een beschrijving van hoe het Integrated Management System (IMS) m.b.t. de bouw zal functioneren;

4. Karakteristieken van de site en haar omgeving

4.1. Context

Dit hoofdstuk beschrijft de kennis inzake de karakteristieken en processen (en hun ruimtelijke variabiliteit en onzekerheden) van de site en zijn omgeving.

Het bevat alle informatie die vereist is om:

- de berging te plaatsten in haar omgevingscontext;
- de in aanmerking genomen keuzes, gegevens, modellen en scenario's voor de evaluatie van het prestatievermogen van het bergingssysteem en de radiologische impact ervan te rechtvaardigen;
- de mogelijke evolutie van het bergingssysteem en van de radiologische consequenties te evalueren;
- de installatie te ontwerpen en de designcriteria te rechtvaardigen door de behandeling van de belastingen;
- het monitoringprogramma te ontwikkelen en de referentiewaarden te identificeren.

4.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk

In deze paragraaf worden kort de verwachtingen van FANC en Bel V aangaande dit hoofdstuk weergegeven, alsook de invulling die er door NIRAS aan gegeven werd. In §4.2.1 wordt per paragraaf van het hoofdstuk een oplijsting gemaakt van welke aspecten beschreven zouden moeten zijn in dit hoofdstuk, en in kleur de beoordeling van deze aspecten in het hoofdstuk door FANC en Bel V. Vervolgens wordt in §4.2.2 een opsomming gemaakt van de vereisten die voor FANC en Bel V minimaal in te vullen zijn voorafgaand aan de eerste zitting van de Wetenschappelijke Raad, alsook in kleur de beoordeling door FANC en Bel V van de invulling ervan door NIRAS.

4.2.1. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling

- §4.2 Inplanting van de site en installaties
    - Bevat de plannen van de site, van de inplanting van installaties en gebouwen, van het kadaster, de ruimtelijke ordening,…
      Beoordeling FANC en Bel V: De plannen van de site werden geleverd en zijn in orde (zit bij de vergunningsaanvraag, niet specifiek bij Hoofdstuk 04); de inplanting van de installaties is duidelijk en coherent aangegeven op de plannen. Er zijn plannen van het kadaster en de topografie met aanduiding van een straal van 500m rond de installaties, alsook een stafkaart met aanduiding van een 5km radius rond de installaties. De inplanting is duidelijk uit tekst en figuren van sectie 4.2 uit te maken. De gemeenten waarvan delen zich binnen een straal van 5km rond de installaties bevinden zijn Dessel, Mol, Retie, Kasterlee en Geel.
- §4.3 Geografie, demografie en huidige en voorziene menselijke activiteiten
    - Fysische geografie: Bevat de algemene topografie, geomorfologie, paleogeografie van de site, en specifieke processen of voorvallen gerelateerd aan de fysische geografie
      Beoordeling FANC en Bel V: De paragraaf bevat voldoende en erg uitgebreide informatie met betrekking tot de fysische geografie.
    - Menselijke geografie: Beschrijving van de infrastructuren en menselijke activiteiten in de omgeving, wegen en verkeer, landgebruik, demografische

karakteristieken, levensgewoonten en voedingsgewoonten van de bevolking, samen met de verwachte evolutie van deze karakteristieken op lange termijn
Beoordeling FANC en Bel V: De paragraaf bevat uitgebreide en volledige informatie met betrekking tot de fysische geografie. Het lijkt voor NIRAS wel niet altijd duidelijk welke informatie er in het veiligheidsrapport thuishoort, en dus ook waarom bepaalde informatie belangrijk/relevant is en andere minder of niet. Zo is er bijvoorbeeld de vermelding van het verwerkingsproces bij Sibelco en de problematiek van fijnstof voor de transporteurs van het zand, wat op geen enkele wijze gelinkt is aan de oppervlaktebergingsinrichting.

- §4.4 Meteorologie en klimatologie
  - Beschrijving van de regionale en lokale klimatologische omstandigheden, de lokale meteorologische omstandigheden en de specifieke processen of voorvallen gerelateerd aan de meteorologie en klimatologie, samen met de verwachte evolutie van deze aspecten
    Beoordeling FANC en Bel V: De meteorologie en klimatologie worden uitgebreid beschreven. Het hoofdstuk is wat betreft extreme klimaatomstandigheden niet goed afgestemd op de andere hoofdstukken (en vice versa). Zo gebruikt hoofdstuk 8 de neerslaghoeveelheid gedurende 3 dagen, voor een terugkeerperiode van 100 jaar te Ukkel, terwijl tabel 4-27 uit hoofdstuk 4 datzelfde cijfer geeft voor Dessel. Het is dit tweede dat eigenlijk gebruikt moet worden voor de bepaling van de neerslagintensiteiten. Dit is niet blokkerend aangezien de hoeveelheid neerslag in Ukkel hoger ligt dan in Dessel en de waarde dus conservatief is.
    Voor sneeuw, tornado's en extreme temperaturen is er zeer karige informatie in het hoofdstuk 4 en is er nadien ook geen link tussen deze informatie en hun impact op de parameters die bij het ontwerp genomen wordt (deze laatste zijn gebaseerd op de Eurocode).
    Er wordt voldoende informatie gegeven met betrekking tot de klimaatevolutie en wat in de komende eeuwen aan klimaatomstandigheden voor de site van Dessel kan worden verwacht.
- §4.5 Geologie en seismologie
  - Beschrijving van de geologische historiek en regionale context, van de geologische karakteristieken van de site met inbegrip van lithostratigrafie, lithologie en structurele geologie
    Beoordeling FANC en Bel V: De beschrijving is zeer uitgebreid en meer dan voldoende.
  - Beschrijving van de regionale tektonische activiteit, de historische aardbevingscatalogus en de gedetailleerde informatie omtrent de referentieaardbeving
    Beoordeling FANC en Bel V: De beschrijving is zeer uitgebreid en meer dan voldoende. De referentieaardbevingen worden duidelijk afgeleid.
- §4.6 Hydrologie en hydrogeologie
  - Hydrologie: Beschrijving van de regionale en lokale hydrologie met identificatie van de oppervlaktewaterlichamen en subbekkens. Identificatie van processen of voorvallen gerelateerd aan de hydrologie. De inschatting van de verwachte evolutie van al deze aspecten op lange termijn.
    Beoordeling FANC en Bel V: De hydrologie wordt uitgebreid beschreven. Er wordt aangetoond dat het overstromingsrisico op de site nagenoeg onbestaande is. Er dient wel opgemerkt te worden dat extrapolaties van overstromingsstudies tot een terugkeerperiode van 10^7 jaar weinig waarde hebben, gegeven de extreme

vorm van extrapolatie en het gebrek aan kennis aangaande de staart van de statistische verdeling. De extrapolaties geven echter wel heel extreme waterstanden waarbij werd aangetoond dat er zelfs voor deze extremen geen overstromingsrisico is op de site. Daar komt nog bij dat de modules zich op de zand-cementophoging bevinden, waardoor ze zich zeker buiten bereik van elke overstroming bevinden. Bij de simulaties die werden gemaakt werd ook rekening gehouden met de klimaatevolutie.

  - Hydrogeologie: Identificatie, afbakening en beschrijving van de karakteristieken van de relevante hydrogeologische eenheden. Evaluatie van de stromingen. Identificatie van processen of voorvallen gerelateerd aan de hydrogeologie. De inschatting van de verwachte evolutie van al deze aspecten op lange termijn.
    Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS stelt resultaten voor van uitgebreide hydrogeologische studies. Deze studies houden onder meer rekening met toekomstige klimaatveranderingen of menselijke veranderingen aan de waterhuishouding. Een lokaal grondwatermodel wordt gebruikt voor de afleiding van de geotransferfactor, dewelke gebruikt wordt in de lange termijn veiligheidsevaluaties. Dit lokale model werd voldoende gevalideerd met terreinmetingen om eruit te kunnen concluderen dat de geotransferfactor van de oostelijke tumulus niet significant wordt onderschat. Het lokale model is echter onvoldoende gevalideerd ter hoogte van de westelijke tumulus, wat maakt dat de geotransferfactor voor deze tumulus niet kan bevestigd worden. Ook werd het onvoldoende representatief bevonden om de geotransferfactor voor de kwelgebieden te bepalen.

- §4.7 Geotechnische karakteristieken
  - Bevat de geotechnische karakteristieken (parameters) relevant voor de stabiliteit van de installaties.
    Beoordeling FANC en Bel V: De sectie bevat uitgebreide en voldoende informatie aangaande de geotechnische karakteristieken, en de variatie ervan doorheen de site. Ze bevat ook informatie betreffende de proeven die NIRAS in de afgelopen jaren heeft gedaan om de geotechnische eigenschappen te karakteriseren. De relevante parameters voor het ontwerp werden bepaald. De berekening van de stabiliteit van de ondergrond gebeurt in het hoofdstuk 8.
- §4.8 Geochemische karakteristieken
  - Bevat de geochemische karakteristieken van de site, zoals daar zijn de fysisch-chemische condities pCO2, pH en Eh of de aanwezigheid van elementen die het transport kunnen beïnvloeden (speciatie, complexatie,…)
    Beoordeling FANC en Bel V: Paragraaf 4.8 bevat voldoende informatie over de geochemische karakteristieken van de site. Betreffende de elementen die het transport van nucliden in de ondergrond kunnen beïnvloeden wordt opgemerkt dat NIRAS in de veiligheidsevaluatie geen rekening houdt met sorptie in de ondergrond. Mogelijk komt er in realiteit echter wel sorptie voor van bepaalde nucliden op specifieke mineralen zoals glauconiet. FANC en Bel V kunnen akkoord gaan met deze aanname.
- §4.9 Natuurlijke rijkdommen
  - Identificeert, beschrijft en lokaliseert de natuurlijke rijkdommen op (/onder) de site of in zijn nabije omgeving
    Beoordeling FANC en Bel V: De natuurlijke rijkdommen worden beschreven. Vooral de geothermie valt hier aan te stippen, gezien deze mogelijk een invloed heeft op de inrichting als gevolg van geïnduceerde seismiciteit. De relevantie van de natuurlijke rijkdommen ten aanzien van de site wordt niet altijd aangegeven,

specifiek voor bijvoorbeeld turf of bruinkool. Uit de gegevens en boringen op de site is echter duidelijk geworden dat deze zich niet onder de inrichting zullen bevinden. Ook voor bouwzand wordt geen informatie gegeven betreffende de aanwezigheid op de site.

- §4.10 Algemene beschrijving van de biosfeer
  - Beschrijving van de ecosystemen (fauna, flora) met specifiek aandacht voor zeldzame of bedreigde soorten. Identificatie van de specifieke processen en voorvallen gerelateerd aan de ecosystemen. Inschatting van de evolutie van de ecosystemen.
    Beoordeling FANC en Bel V: De beschrijving van de biosfeer is voldoende uitgebreid.
- §4.11 Transportprocessen in geosfeer en biosfeer
  - Transport in de geosfeer: Identificatie en beschrijving van de transportprocessen en van de mogelijke transportwegen die de migratie van radionucliden in de geosfeer rond de berging kunnen bepalen. Bepalen van de link met de biosfeerreceptoren.
    Beoordeling FANC en Bel V: De transportprocessen in de geosfeer worden omstandig omschreven. Het is voldoende voor dit hoofdstuk daar meer gedetailleerde beschrijvingen zijn gebeurd in het kader van de opmaak van de geosfeermodellen in hoofdstuk 14 en onderliggende documenten.
  - Transport in de biosfeer: Identificatie en beschrijving van de transfertprocessen (transfertwegen en blootstellingswegen) in de biosfeer die de radiologische contaminatie van mens en milieu bepalen.
    Beoordeling FANC en Bel V: De transportprocessen in de biosfeer worden omstandig omschreven. Het is voldoende voor dit hoofdstuk daar meer gedetailleerde beschrijvingen zijn gebeurd in het kader van de opmaak van de biosfeermodellen in hoofdstuk 14 en onderliggende documenten.
- Beschrijving van de referentietoestanden van de site en haar omgeving
  - Beschrijving van de radiologische en niet-radiologische referentietoestand voor het begin van de constructiefase en de daaropvolgende fasen. Identificatie van de mogelijke impact van reeds aanwezige industriële bedrijvigheid op de referentietoestand.
    Beoordeling FANC en Bel V: Voor de referentietoestanden wordt doorverwezen naar andere secties van hoofdstuk 4 en naar het hoofdstuk 16 (Monitoring). Dit is voldoende.

4.2.2. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad

Minimaal dient voor de eerste zitting van de wetenschappelijke raad aan volgende voldaan te zijn:

- Aanwezigheid van alle elementen die relevant zijn voor:
  - de beoordeling van de adequaatheid van de site;
  - het bepalen van de externe gebeurtenissen en het bepalen van de potentiële impact van de installatie op mens en milieu, in normale en accidentele toestand, tijdens de operationele periode;
  - het bepalen van de externe gebeurtenissen en alle relevante processen met betrekking tot de lange termijn veiligheidsevaluatie en dus relevant voor de bepaling van de potentiële impact op mens en milieu (near-field, geosfeer en biosfeer);
  - het bepalen van de referentietoestand van de site.

Beoordeling FANC en Bel V: De elementen nodig voor de beoordeling van de adequaatheid van de site zitten allemaal vervat in het hoofdstuk. Het dossier op zich bevat wel geen expliciete beoordeling van de site. De elementen om deze beoordeling te kunnen doen zijn aanwezig, maar bevinden zich verspreid over het dossier.
De elementen die nodig zijn voor de bepaling van de externe gebeurtenissen tijdens de operationele periode zitten in het hoofdstuk. Voor een aantal extreme weersomstandigheden is de uitwerking in dit hoofdstuk minimaal, en is het hoofdstuk niet goed afgestemd op de beschouwing van deze gebeurtenissen in het ontwerp. FANC en Bel V zijn echter wel akkoord met de gekozen ontwerpgebeurtenissen, gegeven ook dat hun rechtvaardiging kan steunen op de minieme impact die de gebeurtenissen zouden kunnen veroorzaken.
Voor wat betreft de gebeurtenissen en processen relevant voor de lange termijn veiligheid geeft het hoofdstuk de voornaamste processen in geosfeer en biosfeer, en geeft het ook een uitgebreide analyse van de hydrogeologie van de site.
De bepaling van de referentietoestand van de site gebeurt in dit hoofdstuk en in het hoofdstuk 16 (Monitoring).

4.3. Conclusies FANC en Bel V

De gegeven informatie aangaande de site en haar omgeving is voor FANC en Bel V volledig en kan dus worden voorgelegd aan de Wetenschappelijke Raad.
De beschrijvingen van de site en haar omgeving voldoet aan de reglementaire vereisten en de verwachtingen van FANC en Bel V. De veiligheidsautoriteit heeft wel de volgende bemerkingen:

15. Het lokale hydrogeologische model is onvoldoende gevalideerd ter hoogte van de westelijke tumulus, wat maakt dat de geotransferfactor voor deze tumulus niet kan bevestigd worden. Ook werd het onvoldoende representatief bevonden om de geotransferfactor voor de kwelgebieden te bepalen.
16. Het lijkt voor NIRAS niet altijd duidelijk welke informatie er in het veiligheidsrapport thuishoort, en dus ook waarom bepaalde informatie belangrijk/relevant is en andere minder of niet. Dit illustreert dat NIRAS momenteel nog onvoldoende competentie heeft in het domein.
17. Voor een aantal extreme weersomstandigheden is de uitwerking in dit hoofdstuk minimaal, en is het hoofdstuk niet goed afgestemd op de beschouwing van deze gebeurtenissen in het ontwerp. FANC en Bel V zijn echter wel akkoord met de gekozen ontwerpgebeurtenissen, gegeven ook dat hun rechtvaardiging kan steunen op de minieme impact die de gebeurtenissen zouden kunnen veroorzaken.
18. De relevantie van de natuurlijke rijkdommen ten aanzien van de site wordt niet altijd aangegeven.
19. Extrapolaties van overstromingsstudies tot een terugkeerperiode van 10^7 jaar hebben weinig waarde, gegeven de extreme vorm van extrapolatie en het gebrek aan kennis aangaande de staart van de statistische verdeling.

In functie van hun analyse concluderen FANC en Bel V dat de vereisten waaraan voldaan moest worden voor de eerste wetenschappelijke raad, positief zijn ingevuld.
Op basis van deze elementen oordelen FANC en Bel V dat de voorgestelde beschrijving van de site en haar omgeving als aanvaardbaar kan beschouwd worden.
Echter wordt door FANC en Bel V, in navolging van de gegeven bemerkingen, aan de Wetenschappelijke Raad geadviseerd om de volgende elementen te vragen voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad:

- Een update van het hydrogeologisch model op basis van terreinmetingen.

5. Kennis van de fenomenologie van de kunstmatige barrières in hun omgeving

5.1. Context

Met betrekking tot de kunstmatige barrières dienen de fenomenen die er in optreden en dewelke van belang kunnen zijn voor de veiligheidsanalyse of bij het ontwerp van de berging geïdentificeerd te worden. Het betreft fysicochemische en mechanische fenomenen waarop de veiligheidsfuncties van de installatie berusten, alsook deze fenomenen die de veiligheidsfuncties op termijn kunnen aantasten. In dit hoofdstuk dient eveneens het geheel van fenomenen die de verwachte evolutie van de bergingsinstallatie in haar omgeving zullen bepalen, geïdentificeerd en geanalyseerd te worden. De analyse van deze fenomenologie dient te gebeuren voor de globale installatie en voor elk van zijn componenten. Het hoofdstuk dient eveneens een idee te geven van de verschillende tijdschalen die geassocieerd zijn aan de specifieke fenomenen, teneinde op basis daarvan een inschatting van de levensduur van de verschillende componenten te kunnen maken.

5.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk

In deze paragraaf worden kort de verwachtingen van FANC en Bel V aangaande dit hoofdstuk weergegeven, alsook de invulling die er door NIRAS aan gegeven werd. In §5.2.1 wordt per paragraaf van het hoofdstuk een oplijsting gemaakt van welke aspecten beschreven zouden moeten zijn in dit hoofdstuk, en in kleur de beoordeling van deze aspecten in het hoofdstuk door FANC en Bel V. Vervolgens wordt in §5.2.2 een opsomming gemaakt van de vereisten die voor FANC en Bel V minimaal in te vullen zijn voorafgaand aan de eerste zitting van de Wetenschappelijke Raad, alsook in kleur de beoordeling door FANC en Bel V van de invulling ervan door NIRAS.

5.2.1. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling

- Voorafgaande opmerking van FANC en Bel V: Alvorens in te gaan op de verschillende componenten, concluderen FANC en Bel V op basis van de analyse van dit hoofdstuk dat NIRAS een meer voorzichtige houding zou dienen aan te nemen ten aanzien van de argumentatie rond degradatie en degradatiemechanismen van de verschillende SSC's en in het bijzonder van de betoncomponenten en aardafdekking. De erkenning van de onzekerheid die heerst op de evolutie van deze componenten op zeer lange termijn zou een prominentere plaats dienen te krijgen in het hoofdstuk en een genuanceerd (à charge en à décharge) en voorzichtig oordeel over de degradatieprocessen zou in deze gepast zijn. Temeer omdat het samenspel van allerlei mechanismen en ook erg trage en voor de klassieke betonstructuren weinig relevante processen, significant zouden kunnen worden op zeer lange termijn. Dit zou bij een volgende update van het hoofdstuk aangepast dienen te worden. Dit neemt niet weg dat FANC en Bel V wel akkoord kunnen gaan met de hypothesen uit de verwachte evolutie, die voor hen voldoende werden gestaafd en steunen op de actuele kennis in het domein.
- §5.2 De aarden afdekking:
    - Beschrijving van de fenomenologie waarop de veiligheidsfuncties berusten, en de evolutie ervan in de tijd (degradatie, veroudering) en beschrijving van de link met de veiligheidsevaluatie via de onderstaande elementen:
        - Rol, eigenschappen en verwacht gedrag: Uitleggen en verantwoorden waarom elk materiaal werd gekozen in functie van de karakteristieken ervan, de omgevingstoestand, externe en interne bedreigingen en de interacties met andere materialen en componenten; beschrijving van de eigenschappen en de processen waarop de veiligheidsfuncties berusten.
          Beoordeling FANC en Bel V: de beschrijving van de verschillende lagen van de aarden

afdekking en hun respectievelijke rol in verband met hun veiligheidsfuncties voor de insluiting en de afzondering van het radioactief afval is gegeven.

- Degradatie en veroudering: oorzaken en processen; compatibiliteit en levensduur: Beschrijving van de oorzaken van veroudering en degradatie dewelke een impact kunnen hebben op de veiligheid. Link maken met het in hoofdstuk 8 beschreven ontwerp en de uitvoeringstechnieken. Beschrijving van de compatibiliteit met de andere materialen. Bepalen van de te voorziene levensduur.
  Beoordeling FANC en Bel V: Het belangrijkste degradatiemechanisme is erosie. Indien erosie de ingegraven omstandigheden teniet doet, zal het onderliggende beton sneller gaan degraderen. Een belangrijk aandachtspunt is de mogelijke degradatie van de onderliggende ondoorlatende betonnen topplaat als gevolg van mogelijke externe sulfaataantasting door het vrijkomen van sulfaten uit de kleilaag in de aardafdekking. NIRAS stelt, om dit effect zo veel mogelijk te vermijden, te zullen werken met sulfaatarme kleien (met criterium < 1.2 m% totale sulfaten). FANC en Bel V stellen dat, gegeven de mogelijk beperkte beschikbaarheid van zulke kleien in de verre toekomst[57], en gegeven het feit dat voor de ondoorlatende topplaat een levensduur van 1000 jaar wordt verondersteld, een voorzichtigheid geboden is bij het ontwerp van de betonstructuren die verder gaat dan wat de Belgische betonnormen voorschrijven. Zo is de minimale vereiste dat het beton van de ondoorlatende topplaat aan het criterium van XA3 zal dienen te voldoen. Verder merken FANC en Bel V nog op dat een klei die te veel zwellende smectieten bevat, een hoger risico op barsten zal vertonen indien het zou uitdrogen. Daarom zou het smectietgehalte eveneens een belangrijke parameter dienen te zijn bij de uiteindelijke keuze van de klei.
- Resterende onzekerheden: Identificeren van de beperkingen in kennis ten aanzien van de materialen en bepalen van de onzekerheden op hun levensduur en evolutie. Beschrijven van de R&D en opvolging van de technologie teneinde de onzekerheden te reduceren.
  Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS heeft de onzekerheden geïdentificeerd die ze via een proefafdekking verder zal reduceren. FANC en Bel V zijn akkoord met de in §5.2.3 opgelijste onzekerheden, maar identificeren de beschikbaarheid van sulfaatarme kleien als bijkomende onzekerheid. Ook de onzekerheid rond de klimaatverandering (dewelke in belangrijke mate de vegetatie en erosie als gevolg van weerfenomenen zal bepalen) is voor FANC en Bel V van belang.
- Performantie-indicatoren: Voorstellen van performantie-indicatoren, met betrekking tot de performantie na constructie, maar ook m.b.t. veroudering en levensduur.
  Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS identificeert 'Waterinsijpeling' en 'Fysische duurzaamheid van de aarden afdekking' als performantie-indicatoren. FANC en Bel V zijn akkoord met deze indicatoren, maar de uitleg van NIRAS voor deze laatste performantie-indicator, waarbij verwezen wordt naar archeologische analogen doet echter niet ter zake.

- §5.3 Klassiek gewapend beton:
  - Beschrijving van de fenomenologie waarop de veiligheidsfuncties berusten, en de evolutie ervan in de tijd (degradatie, veroudering) en beschrijving van de link met de veiligheidsevaluatie via de onderstaande elementen:
- Rol, eigenschappen en verwacht gedrag: Uitleggen en verantwoorden waarom elk materiaal werd gekozen in functie van de karakteristieken ervan, de omgevingstoestand, externe en interne bedreigingen en de interacties met andere materialen en componenten; beschrijving van de eigenschappen en de processen waarop de veiligheidsfuncties berusten.

[57] Boomklei of Ieperklei is wegens te hoog sulfaatgehalte niet geschikt. Quartaire Kempense klei is een beter alternatief, maar de beschikbaarheid op langere termijn lijkt niet gegarandeerd.

Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS beschrijft de rol, eigenschappen en verwacht gedrag van het door hen gekozen gewapend beton met betonklasse C40/50 en op basis van een CEM I cementtype. Het beton werd in de eerste plaats gekozen omwille van zijn resistentie tegen carbonatatie. Nadeel is dat dit cementtype minder ideaal is voor de weerstand tegen externe sulfaataantasting (ESA) en delayed ettringite formation (DEF), wat een aandachtspunt blijft voor FANC en Bel V. De beschrijving van de processen waarop de veiligheidsfuncties berusten is duidelijk en aanvaardbaar voor FANC en Bel V. FANC en Bel V stellen tenslotte vast dat de gekozen water/cement verhouding 0,47 bedraagt. Dit is in lijn met de keuze voor een XA2 resistentie volgens de Belgische betonnorm NBN EN 206:2013 [4][58]. Om de resistentie van het beton tegen sulfaataantasting te verhogen tot XA3 zou een water/cement-ratio nodig zijn van 0,45 of minder. NIRAS kiest er echter voor om de ratio niet te verminderen om de verwerkbaarheid van het beton te kunnen blijven garanderen.

- Degradatie en veroudering: oorzaken en processen; compatibiliteit en levensduur: Beschrijving van de oorzaken van veroudering en degradatie dewelke een impact kunnen hebben op de veiligheid. Link maken met het in hoofdstuk 8 beschreven ontwerp en de uitvoeringstechnieken. Beschrijving van de compatibiliteit met de andere materialen. Bepalen van de te voorziene levensduur.
  Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS identificeert voor FANC en Bel V correct alle mogelijke degradatiemechanismen. Het gaat om carbonatatie, sulfaataantasting (ESA en DEF), chlorideaantasting, calciumuitloging, alkali-silica-reactie (ASR), biologische degradatie, vries-dooi-cycli, kruip, en scheurvorming. Met betrekking tot sulfaataantasting wordt verwezen naar de voorkeur die bij de keuze van het cementtype werd gegeven aan bescherming tegen carbonatatie eerder dan sulfaataantasting (zie hierboven). Zolang droge omstandigheden worden gegarandeerd door de ondoorlatende topplaat is sulfaataantasting geen drijvend mechanisme voor de degradatie, daar zijn FANC en Bel V mee akkoord. Echter nadat water begint in te sijpelen in de installaties wordt het door FANC en Bel V wel verwacht dat dit mechanisme mee zou kunnen bijdragen aan de algehele degradatie van de inrichting, afhankelijk van de sulfaathoeveelheid die uiteindelijk aanwezig zal zijn in de afdekking en het afval en ondanks de sulfaatresistentie van het gekozen cement. In verband met DEF is de temperatuur een aandachtspunt voor FANC en Bel V tijdens de constructie (zie in dit verband ook het hoofdstuk 8). Het minimaliseren van scheuren is eveneens een belangrijk aandachtspunt voor FANC en Bel V, en komt ook terug in de conformiteitscriteria in het hoofdstuk 8.
- Resterende onzekerheden: Identificeren van de beperkingen in kennis ten aanzien van de materialen en bepalen van de onzekerheden op hun levensduur en evolutie. Beschrijven van de R&D en opvolging van de technologie teneinde de onzekerheden te reduceren.
  Beoordeling FANC en Bel V: Naast de door NIRAS geïdentificeerde onzekerheden met betrekking tot scheurvorming en de precieze evolutie van de betoncomponenten op zeer lange termijn, zijn er ook nog onzekerheden betreffende bepaalde betonchemische zaken zoals de anionische uitwisselingscapaciteit indien meerdere anionen in competitie kunnen gaan zoals sulfaat, boraat, chloride, fosfaat en nitraat. De sulfaataantasting zou kunnen verergerd worden in aanwezigheid van andere anionen die in het afval aanwezig zouden kunnen zijn in hoge concentraties (zoals bv. boraten en chloriden) en er zou ook een negatieve impact kunnen zijn op de sorptie/retentie van anionische nucliden. Dit domein is nog in vol onderzoek en het illustreert dat voorzichtigheid geboden is in

[58] NBN EN 206:2013+A1:2016 Beton – Specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit. Vervangt NBN EN 206-1 (2001), NBN EN 206-1/A1 (2004), NBN EN 206-1/A2 (2006) en NBN EN 206-9 (2010).

verband met bv. de gehanteerde betonnormen (gemaakt voor levensduren van 50 à 100j) waarbij deze normen te zien zijn als een minimumeis.

- Performantie-indicatoren: Voorstellen van performantie-indicatoren, met betrekking tot de performantie na constructie, maar ook m.b.t. veroudering en levensduur.
  Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS identificeert drie performantie-indicatoren, zijnde de beperkte opwarming van de structuur tijdens plaatsing, een correcte plaatsing met goede verdichting en omhulling van de wapeningsstaven, en de sorptiecapaciteit. De eerste twee werden omgezet in conformiteitscriteria die met een gedegen QA/QC zullen moeten worden geverifieerd. De laatste indicator, sorptiecapaciteit, is slechts onrechtstreeks te verifiëren en NIRAS heeft een conformiteitscriterium bepaald met betrekking tot de hoeveelheid uitgeharde cementpasta die aanwezig dient te zijn.

- §5.4 Vulmortel:
  - Beschrijving van de fenomenologie waarop de veiligheidsfuncties berusten, de evolutie ervan in de tijd (degradatie, veroudering) en de beschrijving van de link met de veiligheidsevaluatie via de onderstaande elementen:
    - Rol, eigenschappen en verwacht gedrag: Uitleggen en verantwoorden waarom elk materiaal werd gekozen in functie van de karakteristieken ervan, de omgevingstoestand, externe en interne bedreigingen en de interacties met andere materialen en componenten; beschrijving van de eigenschappen en de processen waarop de veiligheidsfuncties berusten.
      Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS beschrijft de rol, het verwacht gedrag en de eigenschappen van de opvulmortel op een voor FANC en Bel V aanvaardbare manier.
    - Degradatie en veroudering: oorzaken en processen; compatibiliteit en levensduur: Beschrijving van de oorzaken van veroudering en degradatie dewelke een impact kunnen hebben op de veiligheid. Link maken met het in hoofdstuk 8 beschreven ontwerp en de uitvoeringstechnieken. Beschrijving van de compatibiliteit met de andere materialen. Bepalen van de te voorziene levensduur
      Beoordeling FANC en Bel V: De beschrijving van de degradatie en veroudering is voor FANC en Bel V aanvaardbaar.
    - Resterende onzekerheden: Identificeren van de beperkingen in kennis ten aanzien van de materialen en bepalen van de onzekerheden op hun levensduur en evolutie. Beschrijven van de R&D en opvolging van de technologie teneinde de onzekerheden te reduceren.
      Beoordeling FANC en Bel V: Onder de resterende onzekerheden merken FANC en Bel V twee belangrijke elementen op: De meest kritische parameter voor de eigenschappen van de vulmortel is de water/cement-verhouding. De doseerinstallatie bij IPM voor water en materialen is dus een belangrijk QA/QC-aandachtspunt voor FANC en Bel V. Daarnaast meldt NIRAS dat de beschikbaarheid van een CEM III/C mogelijk in de toekomst gehypothekeerd kan zijn. NIRAS kan een overgang naar CEM III/B overwegen op dat moment. FANC en Bel V wijzen erop dat een overschakeling zal dienen te gebeuren via een wijziging en een veiligheidsstudie die zal moeten aantonen dat de performantie van de vulmortel niet negatief beïnvloed zal worden door deze omschakeling. Tenslotte is er ook de mogelijke vervanging van het kalksteenzand door gerold kwartszand dat omwille van reologische eigenschappen overwogen kan worden. Hierbij willen FANC en Bel V wijzen op de zeer rigoureuze selectie en kwaliteitscontrole die op dat moment zal dienen te gebeuren teneinde het risico op ASR te kunnen vermijden. Ook hier zal de omschakeling dienen te gebeuren via een wijzigingsdossier.
    - Performantie-indicatoren: Voorstellen van performantie-indicatoren, met betrekking tot de performantie na constructie, maar ook m.b.t. veroudering en levensduur.
      Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS identificeert twee indicatoren, zijnde de sorptiecapaciteit en de behaalde opvulgraad. Beiden werden omgezet in

conformiteitscriteria. Hier geldt eveneens de opmerking van FANC en Bel V dat de sorptiecapaciteit slechts indirect na te gaan is (NIRAS identificeert een vereiste minimale uitgeharde cementpasta). Voor de opvulgraad stelt NIRAS het verpompte volume voor of een andere equivalente meting, doch dit is niet makkelijk te gebruiken als indicator indien het type III monolieten met bulkafval betreft.

- §5.5 Staalvezelbeton:
    - Beschrijving van de fenomenologie waarop de veiligheidsfuncties berusten, de evolutie ervan in de tijd (degradatie, veroudering) en beschrijving van de link met de veiligheidsevaluatie via de onderstaande elementen:
    - Rol, eigenschappen en verwacht gedrag: Uitleggen en verantwoorden waarom elk materiaal werd gekozen in functie van de karakteristieken ervan, de omgevingstoestand, externe en interne bedreigingen en de interacties met andere materialen en componenten; beschrijving van de eigenschappen en de processen waarop de veiligheidsfuncties berusten.
      Beoordeling FANC en Bel V: De rol, eigenschappen en het verwachte gedrag worden op een voor FANC en Bel V aanvaardbare manier geschreven. FANC en Bel V zijn akkoord dat voor de ondoorlatende topplaat de sulfaatresistentie van groot belang is, en zijn daarom niet akkoord met het feit dat voor NIRAS mogelijk niet aan alle vereisten van een XA3 voldaan zou moeten worden. Voor FANC en Bel V zijn deze eisen een minimum. FANC en Bel V achten het mogelijk om de water/cement-ratio te verminderen tot onder de 0.45 voor deze plaat. Dit zal verder te bekijken zijn bij de ontwikkeling van deze component. FANC en Bel V treden NIRAS wel bij in het beogen van de selectie van een gepast cement zoals een CEM III voor deze topplaat.
    - Degradatie en veroudering: oorzaken en processen; compatibiliteit en levensduur: Beschrijving van de oorzaken van veroudering en degradatie dewelke een impact kunnen hebben op de veiligheid. Link maken met het in hoofdstuk 8 beschreven ontwerp en de uitvoeringstechnieken. Beschrijving van de compatibiliteit met de andere materialen. Bepalen van de te voorziene levensduur
      Beoordeling FANC en Bel V: De degradatieprocessen worden op afdoende wijze beschreven door NIRAS.
    - Resterende onzekerheden: Identificeren van de beperkingen in kennis ten aanzien van de materialen en bepalen van de onzekerheden op hun levensduur en evolutie. Beschrijven van de R&D en opvolging van de technologie teneinde de onzekerheden te reduceren.
      Beoordeling FANC en Bel V: De resterende onzekerheden, zijnde het effect van corrosie in agressieve omgevingen, mogelijk relevant voor de caisson, en de betonsamenstellingen die nog dienen bepaald te worden (R&D-programma zal worden voorzien) zijn resterende onzekerheden. Dit is aanvaardbaar voor FANC en Bel V.
    - Performantie-indicatoren: Voorstellen van performantie-indicatoren, met betrekking tot de performantie na constructie maar ook m.b.t. veroudering en levensduur.
      Beoordeling FANC en Bel V: De door NIRAS geïdentificeerde performantie-indicatoren zijn aanvaardbaar voor FANC en Bel V, al is hier ook de opmerking dat bv. voor sorptie de performantie slechts heel onrechtstreeks kan worden bepaald.
- §5.6 Ruimte tussen de monolieten:
    - Beschrijving van de fenomenologie waarop de veiligheidsfuncties berusten, en de evolutie ervan in de tijd (degradatie, veroudering) en beschrijving van de link met de veiligheidsevaluatie via de onderstaande elementen:
    - Rol, eigenschappen en verwacht gedrag: Uitleggen en verantwoorden waarom elk materiaal werd gekozen in functie van de karakteristieken ervan, de omgevingstoestand, externe en interne bedreigingen en de interacties met andere materialen en componenten; beschrijving van de eigenschappen en de processen waarop de

veiligheidsfuncties berusten.
Beoordeling FANC en Bel V: FANC en Bel V zijn akkoord met de beschrijving van de rol, eigenschappen en verwacht gedrag.

- Degradatie en veroudering: oorzaken en processen; compatibiliteit en levensduur: Beschrijving van de oorzaken van veroudering en degradatie dewelke een impact kunnen hebben op de veiligheid. Link maken met het in hoofdstuk 8 beschreven ontwerp en de uitvoeringstechnieken. Beschrijving van de compatibiliteit met de andere materialen. Bepalen van de te voorziene levensduur
  Beoordeling FANC en Bel V: Hier stelt NIRAS dat er geen processen geïdentificeerd werden die de performantie van het systeem zouden kunnen beïnvloeden. Bij de performantie-indicatoren staat dat de hoeveelheid fijn materiaal beperkt zal dienen te worden teneinde te vermijden dat dit materiaal uit het grind loogt en voor clogging van het drainagesysteem zou zorgen. Deze elementen staan bij de performantie-indicatoren vermeld, maar uitloging van fijn materiaal dient bij de degradatie en veroudering te staan.
- Resterende onzekerheden: Identificeren van de beperkingen in kennis ten aanzien van de materialen en bepalen van de onzekerheden op hun levensduur en evolutie. Beschrijven van de R&D en opvolging van de technologie teneinde de onzekerheden te reduceren.
  Beoordeling FANC en Bel V: Hoewel NIRAS stelt geen resterende onzekerheden te hebben is uit de tekst wel niet duidelijk welk soort granulaten zullen gebruikt worden. Afgezien van hun classificatie is de aard van het materiaal niet gekend (gebroken kalksteengrind, gerold riviergrind?). Tenzij NIRAS reeds een selectie heeft gedaan is dit een resterende onzekerheid.
- Performantie-indicatoren: Voorstellen van performantie-indicatoren, met betrekking tot de performantie na constructie, maar ook m.b.t. veroudering en levensduur.
  Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS identificeert de afwezigheid van fijne materialen en de vulgraad als performantie-indicator, wat aanvaardbaar is voor FANC en Bel V. De belangrijkste indicator ontbreekt, zijnde de hydraulische geleidbaarheid van het grind, dewelke voldoende hoog dient te zijn. Coherentie met het hoofdstuk 8 is in deze te verzekeren bij een volgende update van het hoofdstuk 5.

- §5.7 Opvulmateriaal van de inspectiegalerij:
  - Het opvulmateriaal bestaat uit zand-cement, waardoor NIRAS in deze sectie doorverwijst naar §5.10.
- §5.8 Opvulmateriaal van de inspectieruimten
    - Beschrijving van de fenomenologie waarop de veiligheidsfuncties berusten, en de evolutie ervan in de tijd (degradatie, veroudering) en beschrijving van de link met de veiligheidsevaluatie via de onderstaande elementen:
  - Rol, eigenschappen en verwacht gedrag: Uitleggen en verantwoorden waarom elk materiaal werd gekozen in functie van de karakteristieken ervan, de omgevingstoestand, externe en interne bedreigingen en de interacties met andere materialen en componenten; beschrijving van de eigenschappen en de processen waarop de veiligheidsfuncties berusten.
    Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS beschrijft de rol, eigenschappen en verwacht gedrag op een voor FANC en Bel V aanvaardbare manier.
  - Degradatie en veroudering: oorzaken en processen; compatibiliteit en levensduur: Beschrijving van de oorzaken van veroudering en degradatie dewelke een impact kunnen hebben op de veiligheid. Link maken met het in hoofdstuk 8 beschreven ontwerp en de uitvoeringstechnieken. Beschrijving van de compatibiliteit met de andere materialen. Bepalen van de te voorziene levensduur
    Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS identificeert carbonatatie als voornaamste

degradatiemechanisme. Dit klopt volgens FANC en Bel V, maar er zou ook vermeld dienen te worden dat het probleem niet is dat er wapeningscorrosie zou optreden aangezien de grout niet gewapend zal zijn, maar dat de sorptie-eigenschappen van een groot deel van de nucliden verminderen als gevolg van de carbonatatie.

- Resterende onzekerheden: Identificeren van de beperkingen in kennis ten aanzien van de materialen en bepalen van de onzekerheden op hun levensduur en evolutie. Beschrijven van de R&D en opvolging van de technologie teneinde de onzekerheden te reduceren.
  Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS identificeert de onzekerheid met betrekking tot de samenstelling. Deze samenstelling ligt nog niet vast. Voor FANC en Bel V zal het een uitdaging zijn om een groutsamenstelling te maken met een zulke hoge permeabiliteit die toch verwerkbaar is en een 19 m% uitgeharde cementpasta bevat. NIRAS heeft echter nog vele tientallen jaren om deze samenstelling op punt te zetten.
- Performantie-indicatoren: Voorstellen van performantie-indicatoren, met betrekking tot de performantie na constructie, maar ook m.b.t. veroudering en levensduur.
  Beoordeling FANC en Bel V: De performantie-indicatoren zijn de porositeit, de hydraulische geleidbaarheid, de sorptiecapaciteit en de behaalde opvulgraad. Ook hier is de opmerking dat bv. voor sorptie de performantie slechts heel onrechtstreeks kan worden bepaald. Indien uiteindelijk andere materialen dan cementgebaseerde materialen zouden worden gebruikt voor de opvulling dient de sorptiecapaciteit ervan te worden onderzocht.

- §5.9 Opvulmateriaal van het drainagesysteem
  - Daar er geen opvulmateriaal is van het drainagesysteem diende NIRAS hier geen paragraaf voor te voorzien.
- §5.10 Zand-cement
    - Beschrijving van de fenomenologie waarop de veiligheidsfuncties berusten, en de evolutie ervan in de tijd (degradatie, veroudering) en beschrijving van de link met de veiligheidsevaluatie via de onderstaande elementen:
  - Rol, eigenschappen en verwacht gedrag: Uitleggen en verantwoorden waarom elk materiaal werd gekozen in functie van de karakteristieken ervan, de omgevingstoestand, externe en interne bedreigingen en de interacties met andere materialen en componenten; beschrijving van de eigenschappen en de processen waarop de veiligheidsfuncties berusten.
    Beoordeling FANC en Bel V: De rol, eigenschappen en verwacht gedrag worden voor FANC en Bel V op een aanvaardbare manier beschreven.
  - Degradatie en veroudering: oorzaken en processen; compatibiliteit en levensduur: Beschrijving van de oorzaken van veroudering en degradatie dewelke een impact kunnen hebben op de veiligheid. Link maken met het in hoofdstuk 8 beschreven ontwerp en de uitvoeringstechnieken. Beschrijving van de compatibiliteit met de andere materialen. Bepalen van de te voorziene levensduur
    Beoordeling FANC en Bel V: Het belangrijkste degradatiemechanisme is carbonatatie. Dit met als gevolg verminderde sorptie-eigenschappen.
  - Resterende onzekerheden: Identificeren van de beperkingen in kennis ten aanzien van de materialen en bepalen van de onzekerheden op hun levensduur en evolutie. Beschrijven van de R&D en opvolging van de technologie teneinde de onzekerheden te reduceren.
    Beoordeling FANC en Bel V: De precieze snelheid van carbonatatie is een onzekerheid, al verwacht NIRAS een zeer trage carbonatatie, gegeven de begraven omstandigheden. FANC en Bel V wijzen erop dat het effect van carbonatatie op de sorptie voor het grootste deel van de nucliden, zij het niet allemaal dus, negatief is.
  - Performantie-indicatoren: Voorstellen van performantie-indicatoren, met betrekking tot de performantie na constructie, maar ook m.b.t. veroudering en levensduur.

Beoordeling FANC en Bel V: De performantie-indicatoren zijn hydraulische geleidbaarheid, het cementgehalte en de draagkracht. Deze zijn aanvaardbaar voor FANC en Bel V.

- §5.11 Voegen
    - Beschrijving van de fenomenologie waarop de veiligheidsfuncties berusten, en de evolutie ervan in de tijd (degradatie, veroudering) en beschrijving van de link met de veiligheidsevaluatie via de onderstaande elementen:
    - Rol, eigenschappen en verwacht gedrag: Uitleggen en verantwoorden waarom elk materiaal werd gekozen in functie van de karakteristieken ervan, de omgevingstoestand, externe en interne bedreigingen en de interacties met andere materialen en componenten; beschrijving van de eigenschappen en de processen waarop de veiligheidsfuncties berusten.
      Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS beschrijft correct de rol, eigenschappen en het verwachte gedrag van de voegen. Het is op te merken dat deze voegen geen echte functie hebben op de lange termijn, in die zin dat waterondoorlatendheid geen beoogde eigenschap is in het licht van het vermijden van een badkuipeffect (waarvoor een specifiek antibadkuipsysteem werd voorzien – zie verder).
    - Degradatie en veroudering: oorzaken en processen; compatibiliteit en levensduur: Beschrijving van de oorzaken van veroudering en degradatie dewelke een impact kunnen hebben op de veiligheid. Link maken met het in hoofdstuk 8 beschreven ontwerp en de uitvoeringstechnieken. Beschrijving van de compatibiliteit met de andere materialen. Bepalen van de te voorziene levensduur
      Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS identificeert de corrosie als degradatiemechanisme. FANC en Bel V zijn hiermee akkoord en verwachten ook geen degradatie de eerste tientallen jaren wanneer de voeg zijn functie zal dienen te vervullen.
    - Resterende onzekerheden: Identificeren van de beperkingen in kennis ten aanzien van de materialen en bepalen van de onzekerheden op hun levensduur en evolutie. Beschrijven van de R&D en opvolging van de technologie teneinde de onzekerheden te reduceren.
      Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS identificeert als onzekerheid de materiaalkeuze voor de strip die nog niet is gebeurd. Als bijkomende onzekerheid zien FANC en Bel V de doenbaarheid van de plaatsing van deze voeg. Het correct plaatsen in de bekisting, correct uitplooien…zal in de praktijk niet eenvoudig zijn.
    - Performantie-indicatoren: Voorstellen van performantie-indicatoren, met betrekking tot de performantie na constructie, maar ook m.b.t. veroudering en levensduur.
      Beoordeling FANC en Bel V: De performantie-indicator is de waterdichtheid, wat aanvaardbaar is voor FANC en Bel V.
- §5.12 Drainagesysteem
    - Beschrijving van de fenomenologie waarop de veiligheidsfuncties berusten, en de evolutie ervan in de tijd (degradatie, veroudering) en beschrijving van de link met de veiligheidsevaluatie via de onderstaande elementen:
    - Rol, eigenschappen en verwacht gedrag: Uitleggen en verantwoorden waarom elk materiaal werd gekozen in functie van de karakteristieken ervan, de omgevingstoestand, externe en interne bedreigingen en de interacties met andere materialen en componenten; beschrijving van de eigenschappen en de processen waarop de veiligheidsfuncties berusten.
      Beoordeling FANC en Bel V: De rol, eigenschappen en het verwachte gedrag worden voor FANC en Bel V correct en goed beschreven.
    - Degradatie en veroudering: oorzaken en processen; compatibiliteit en levensduur: Beschrijving van de oorzaken van veroudering en degradatie dewelke een impact kunnen hebben op de veiligheid. Link maken met het in hoofdstuk 8 beschreven ontwerp en de

uitvoeringstechnieken. Beschrijving van de compatibiliteit met de andere materialen. Bepalen van de te voorziene levensduur
Beoordeling FANC en Bel V: De degradatie en veroudering van het drainagesysteem werd voor FANC en Bel V correct beschreven.

- Resterende onzekerheden: Identificeren van de beperkingen in kennis ten aanzien van de materialen en bepalen van de onzekerheden op hun levensduur en evolutie. Beschrijven van de R&D en opvolging van de technologie teneinde de onzekerheden te reduceren.
  Beoordeling FANC en Bel V: Er zijn niet meteen onzekerheden geïdentificeerd. wat aanvaardbaar is voor FANC en Bel V.
- Performantie-indicatoren: Voorstellen van performantie-indicatoren, met betrekking tot de performantie na constructie, maar ook m.b.t. veroudering en levensduur.
  Beoordeling FANC en Bel V: De lekdichtheid en helling zijn performantie-indicatoren. Dit is aanvaardbaar voor FANC en Bel V.

- §5.13 Geosynthetische materialen
  - Beschrijving van de fenomenologie waarop de veiligheidsfuncties berusten, en de evolutie ervan in de tijd (degradatie, veroudering) en beschrijving van de link met de veiligheidsevaluatie via de onderstaande elementen:
- Rol, eigenschappen en verwacht gedrag: Uitleggen en verantwoorden waarom elk materiaal werd gekozen in functie van de karakteristieken ervan, de omgevingstoestand, externe en interne bedreigingen en de interacties met andere materialen en componenten; beschrijving van de eigenschappen en de processen waarop de veiligheidsfuncties berusten.
  Beoordeling FANC en Bel V: De rol, eigenschappen en het verwachte gedrag van de geosynthetische materialen worden voor FANC en Bel V correct beschreven.
- Degradatie en veroudering: oorzaken en processen; compatibiliteit en levensduur: Beschrijving van de oorzaken van veroudering en degradatie dewelke een impact kunnen hebben op de veiligheid. Link maken met het in hoofdstuk 8 beschreven ontwerp en de uitvoeringstechnieken. Beschrijving van de compatibiliteit met de andere materialen. Bepalen van de te voorziene levensduur
  Beoordeling FANC en Bel V: De degradatie en veroudering wordt op een aanvaardbare manier door NIRAS beschreven in de sectie. FANC en Bel V merken wel op dat het sulfaatgehalte aanwezig in de bentoniet van de Geosynthetische kleilaag (GCL) ook een aandachtspunt zal dienen te zijn bij de selectie van de GCL, teneinde de hoeveelheid sulfaten die het beton zou kunnen aantasten zo laag als mogelijk te houden.
- Resterende onzekerheden: Identificeren van de beperkingen in kennis ten aanzien van de materialen en bepalen van de onzekerheden op hun levensduur en evolutie. Beschrijven van de R&D en opvolging van de technologie teneinde de onzekerheden te reduceren.
  Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS identificeert geen resterende onzekerheden. Dit is aanvaardbaar voor FANC en Bel V.
- Performantie-indicatoren: Voorstellen van performantie-indicatoren, met betrekking tot de performantie na constructie, maar ook m.b.t. veroudering en levensduur.
  Beoordeling FANC en Bel V: De performantie-indicatoren zijn de treksterkte en de correcte plaatsing. Dit is aanvaardbaar voor FANC en Bel V.

- §5.14 Vast stalen dak
  - Beschrijving van de fenomenologie waarop de veiligheidsfuncties berusten, en de evolutie ervan in de tijd (degradatie, veroudering) en beschrijving van de link met de veiligheidsevaluatie via de onderstaande elementen:
- Rol, eigenschappen en verwacht gedrag: Uitleggen en verantwoorden waarom elk materiaal werd gekozen in functie van de karakteristieken ervan, de omgevingstoestand, externe en interne bedreigingen en de interacties met andere materialen en

componenten; beschrijving van de eigenschappen en de processen waarop de veiligheidsfuncties berusten.
Beoordeling FANC en Bel V: De rol, eigenschappen en het verwachte gedrag van het vast stalen dak worden voor FANC en Bel V correct beschreven.

- Degradatie en veroudering: oorzaken en processen; compatibiliteit en levensduur: Beschrijving van de oorzaken van veroudering en degradatie dewelke een impact kunnen hebben op de veiligheid. Link maken met het in hoofdstuk 8 beschreven ontwerp en de uitvoeringstechnieken. Beschrijving van de compatibiliteit met de andere materialen. Bepalen van de te voorziene levensduur
  Beoordeling FANC en Bel V: De degradatie en veroudering wordt op een aanvaardbare manier door NIRAS beschreven in de sectie.
- Resterende onzekerheden: Identificeren van de beperkingen in kennis ten aanzien van de materialen en bepalen van de onzekerheden op hun levensduur en evolutie. Beschrijven van de R&D en opvolging van de technologie teneinde de onzekerheden te reduceren.
  Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS identificeert geen resterende onzekerheden. Dit is aanvaardbaar voor FANC en Bel V.
- Performantie-indicatoren: Voorstellen van performantie-indicatoren, met betrekking tot de performantie na constructie, maar ook m.b.t. veroudering en levensduur.
  Beoordeling FANC en Bel V: De performantie-indicatoren zijn de afwezigheid van waterinsijpeling en de thermische isolatiewaarde (R-waarde). Dit is aanvaardbaar voor FANC en Bel V.

- §5.15 Anti-badkuipsysteem (ABS)
  - Beschrijving van de fenomenologie waarop de veiligheidsfuncties berusten, en de evolutie ervan in de tijd (degradatie, veroudering) en beschrijving van de link met de veiligheidsevaluatie via de onderstaande elementen:
- Rol, eigenschappen en verwacht gedrag: Uitleggen en verantwoorden waarom elk materiaal werd gekozen in functie van de karakteristieken ervan, de omgevingstoestand, externe en interne bedreigingen en de interacties met andere materialen en componenten; beschrijving van de eigenschappen en de processen waarop de veiligheidsfuncties berusten.
  Beoordeling FANC en Bel V: De rol, eigenschappen en het verwachte gedrag van het anti-badkuip systeem worden voor FANC en Bel V correct beschreven.
- Degradatie en veroudering: oorzaken en processen; compatibiliteit en levensduur: Beschrijving van de oorzaken van veroudering en degradatie dewelke een impact kunnen hebben op de veiligheid. Link maken met het in hoofdstuk 8 beschreven ontwerp en de uitvoeringstechnieken. Beschrijving van de compatibiliteit met de andere materialen. Bepalen van de te voorziene levensduur
  Beoordeling FANC en Bel V: Voor de degradatie en veroudering wordt doorverwezen naar deze van het drainagesysteem (aangezien dit systeem gedeeltelijk zal gerecupereerd worden voor het anti-badkuipsysteem). Dit is aanvaardbaar dus voor FANC en Bel V.
- Resterende onzekerheden: Identificeren van de beperkingen in kennis ten aanzien van de materialen en bepalen van de onzekerheden op hun levensduur en evolutie. Beschrijven van de R&D en opvolging van de technologie teneinde de onzekerheden te reduceren.
  Beoordeling FANC en Bel V: Ook voor de resterende onzekerheden wordt doorverwezen naar het drainagesysteem. Er worden in deze sectie echter geen onzekerheden besproken die betrekking hebben op het moment dat het ABS in voege is. Desalniettemin zien FANC en Bel V geen verdere onzekerheden. Dit is aanvaardbaar voor FANC en Bel V.
- Performantie-indicatoren: Voorstellen van performantie-indicatoren, met betrekking tot de performantie na constructie, maar ook m.b.t. veroudering en levensduur.
  Beoordeling FANC en Bel V: Als performantie-indicator wordt het vermogen om water af

te voeren gegeven, alsook de afwezigheid of gedane doorboring van de voegband tussen module en inspectiegalerij. Dit is aanvaardbaar voor FANC en Bel V.

- §5.16 Met bentoniet verrijkte grond
    - Beschrijving van de fenomenologie waarop de veiligheidsfuncties berusten, en de evolutie ervan in de tijd (degradatie, veroudering) en beschrijving van de link met de veiligheidsevaluatie via de onderstaande elementen:
    - Rol, eigenschappen en verwacht gedrag: Uitleggen en verantwoorden waarom elk materiaal werd gekozen in functie van de karakteristieken ervan, de omgevingstoestand, externe en interne bedreigingen en de interacties met andere materialen en componenten; beschrijving van de eigenschappen en de processen waarop de veiligheidsfuncties berusten.
      Beoordeling FANC en Bel V: De rol, eigenschappen en het verwachte gedrag van de met bentoniet verrijkte grond worden voor FANC en Bel V correct beschreven.
    - Degradatie en veroudering: oorzaken en processen; compatibiliteit en levensduur: Beschrijving van de oorzaken van veroudering en degradatie dewelke een impact kunnen hebben op de veiligheid. Link maken met het in hoofdstuk 8 beschreven ontwerp en de uitvoeringstechnieken. Beschrijving van de compatibiliteit met de andere materialen. Bepalen van de te voorziene levensduur
      Beoordeling FANC en Bel V: De degradatie en veroudering wordt op een aanvaardbare manier door NIRAS beschreven in de sectie.
    - Resterende onzekerheden: Identificeren van de beperkingen in kennis ten aanzien van de materialen en bepalen van de onzekerheden op hun levensduur en evolutie. Beschrijven van de R&D en opvolging van de technologie teneinde de onzekerheden te reduceren.
      Beoordeling FANC en Bel V: Er rest nog onzekerheid op de sorptiecapaciteit en de evolutie van deze capaciteit met de tijd, alsook de evolutie van de doorlatendheid met de tijd. NIRAS rekent echter niet op deze component in zijn veiligheidsevaluatie, waardoor de bepaling van de precieze parameterwaarden voor sorptie niet nodig is in dit stadium. FANC en Bel V identificeren als resterende onzekerheid wel nog de homogeniteit van de mechanische eigenschappen als gevolg van het inwerken van dit bentoniet. Testen, te gebeuren alvorens de zand-cementlaag wordt aangebracht, zullen uit moeten wijzen of de verdeling en hercompactie uniform genoeg is gebeurd.
    - Performantie-indicatoren: Voorstellen van performantie-indicatoren, met betrekking tot de performantie na constructie, maar ook m.b.t. veroudering en levensduur.
      Beoordeling FANC en Bel V: Als performantie-indicatoren worden de hydraulische geleidbaarheid en de draagkracht geïdentificeerd, alsook het homogeniseren van de menging. Dit is aanvaardbaar voor FANC en Bel V.
- §5.17 Spleten, openingen en holtes
    - Beschrijving van de fenomenologie waarop de veiligheidsfuncties berusten, en de evolutie ervan in de tijd (degradatie, veroudering) en beschrijving van de link met de veiligheidsevaluatie via de onderstaande elementen:
    - Rol, eigenschappen en verwacht gedrag: Uitleggen en verantwoorden waarom elk materiaal werd gekozen in functie van de karakteristieken ervan, de omgevingstoestand, externe en interne bedreigingen en de interacties met andere materialen en componenten; beschrijving van de eigenschappen en de processen waarop de veiligheidsfuncties berusten.
      Beoordeling FANC en Bel V: Er zijn op verschillende plaatsen in de installatie openingen, holtes of spleten. Er wordt getracht deze zo veel mogelijk te beperken. Dit is aanvaardbaar voor FANC en Bel V.
    - Degradatie en veroudering: oorzaken en processen; compatibiliteit en levensduur: Beschrijving van de oorzaken van veroudering en degradatie dewelke een impact kunnen

hebben op de veiligheid. Link maken met het in hoofdstuk 8 beschreven ontwerp en de uitvoeringstechnieken. Beschrijving van de compatibiliteit met de andere materialen. Bepalen van de te voorziene levensduur
Beoordeling FANC en Bel V: Bij de degradatie wordt vooral gekeken naar de mogelijkheid dat deze holten en spleten verzakkingen zouden kunnen veroorzaken. Dit is heel beperkt. Dit is aanvaardbaar voor FANC en Bel V.

- Resterende onzekerheden: Identificeren van de beperkingen in kennis ten aanzien van de materialen en bepalen van de onzekerheden op hun levensduur en evolutie. Beschrijven van de R&D en opvolging van de technologie teneinde de onzekerheden te reduceren.
  Beoordeling FANC en Bel V: De exacte evolutie van openingen en spleten kan niet goed worden voorspeld.
- Performantie-indicatoren: Voorstellen van performantie-indicatoren, met betrekking tot de performantie na constructie, maar ook m.b.t. veroudering en levensduur.
  Beoordeling FANC en Bel V: De vulgraad van deze spleten is een performantie-indicator. Het is niet echt nodig voor FANC en Bel V om hieromtrent performantie-indicatoren te gaan bepalen.

5.2.2. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad

Minimaal dient voor de eerste zitting van de wetenschappelijke raad aan volgende voldaan te zijn:

- Volledig zijn met betrekking tot huidige stand van de kennis: er mag geen pertinent en bekend proces ontbreken, noch ten onrechte uitgesloten. Het uitsluiten van processen dient voldoende gerechtvaardigd te worden.
  Beoordeling FANC en Bel V: alle bekende processen werden door NIRAS goed geïdentificeerd. De externe sulfaataantasting (ESA) is geïdentificeerd en de door de betonnormen opgelegde nodige maatregelen werden genomen om dit fenomeen te vermijden onder gemiddelde agressieve chemische omstandigheden (XA2 klasse). NIRAS beschouwt deze maatregelen als voldoende om ESA op lange termijn helemaal te kunnen uitsluiten. FANC en Bel V zijn akkoord dat ESA niet verwacht wordt op te treden zolang contact met water wordt vermeden, maar wijzen erop dat van zodra water in de installatie kan binnendringen de sulfaataantasting mogelijk een mechanisme is dat ook mee zal bijdragen tot de verdere degradatie van de betonnen componenten. In die zin zou het voldoen aan de vereisten van XA3 een nog robuustere installatie hebben opgeleverd.
- Bij de beoordeling van het belang van processen dienen alle facetten à charge en à décharge te worden beschouwd en telkens in de juiste context geplaatst.
  Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS beschouwt niet systematisch alle facetten à charge en à décharge. Er wordt een systematisch voordeel aan de “à décharge” gegeven, wat soms leidt tot een overdreven optimisme en een te hoog vertrouwen in bepaalde resultaten, wat schadelijk kan zijn voor de geloofwaardigheid van bepaalde argumenten of redeneringen. Dit zou aangepast dienen te worden bij een volgende update van het hoofdstuk 5. Dit neemt niet weg dat FANC en Bel V wel akkoord kunnen gaan met de hypothesen uit de verwachte evolutie, die voor hen voldoende werden gestaafd en steunen op de actuele kennis in het domein.
- Onzekerheden en lacunes in de kennis dienen duidelijk geïdentificeerd te zijn en de manier waarop ze worden behandeld, uitgelegd.
  Beoordeling FANC en Bel V: de onzekerheden en lacunes in de kennis werden op een aanvaardbaar manier geïdentificeerd.
- Het begrip van de fenomenologie van de barrières dient de veiligheidsevaluatie en de ontwerpbasis te ondersteunen.
  Beoordeling FANC en Bel V: de fenomenologie van de barrières is voldoende begrepen en ondersteunt de veiligheidsevaluatie en de ontwerpbasis. De veiligheidsevaluatie gaat uit van het

feit dat in de installatie gedurende een 1000-tal jaren geen water naar binnen zal sijpelen. FANC en Bel V zijn hiermee akkoord, maar stellen wel dat dit een belangrijke voorwaarde is. Wanneer infiltratie in de berging niet meer uitgesloten is, menen FANC en Bel V dat een samengaan van verscheidene degradatiefenomenen zou kunnen optreden, inclusief chloor of sulfaataantasting in de buurt van afval dat sulfaten of chloor bevat. In deze wensen ze NIRAS erop te wijzen dat een voorzichtige houding dient te worden aangenomen, in die zin dat betonnormen en laboratoriumexperimenten niet noodzakelijkerwijze de eventuele trage processen, en synergie die er kan zijn tussen verschillende processen, zal bloot kunnen leggen, en dus met zekerheid garant zullen kunnen staan voor de afwezigheid van bepaalde degradatiemechanismen. NIRAS heeft in zijn veiligheidsevaluatie ook rekening gehouden met het vroeger dan 1000 jaar degraderen van een deel van de inrichting, wat voor FANC en Bel V, gegeven bovenstaande bemerking, een noodzaak is.

5.3. Conclusies FANC en Bel V

De gegeven informatie aangaande de fenomenologie van de kunstmatige barrières is voor FANC en Bel V volledig en kan dus worden voorgelegd aan de Wetenschappelijke Raad.
De beschrijvingen van de fenomenologie voldoet aan de reglementaire vereisten en de verwachtingen van FANC en Bel V. De veiligheidsautoriteit heeft wel de volgende bemerkingen:

20. Het beton is een complex materiaal dat vandaag nog niet volledig bekend en begrepen is, inclusief al zijn ingewikkelde degradatiemechanismen en mogelijke koppelingen tussen deze mechanismen. Sommige degradatiemechanismen zijn slechts sinds en paar decennia bekend. Het is daarom voor FANC en Bel V noodzakelijk om een voorzichtige houding aan te nemen ten aanzien van de mogelijke degradatiemechanismen en degradatie van betonnen componenten. Het feit dat de installaties gedurende 1000 jaar gevrijwaard zullen zijn van waterinfiltratie is een belangrijke voorwaarde om bepaalde degradatieprocessen te kunnen uitsluiten. Wanneer infiltratie in de berging niet meer uitgesloten is, menen FANC en Bel V dat er een samengaan van degradatiefenomenen zou kunnen optreden, inclusief chloor of sulfaataantasting in de buurt van afval dat sulfaten of chloor bevat. In deze wensen ze NIRAS erop te wijzen dat een voorzichtige houding dient te worden aangenomen, in die zin dat betonnormen (ontworpen voorlevensduren van 50-100j) en laboratoriumexperimenten niet noodzakelijkerwijze de eventuele trage processen, en synergie die er kan zijn tussen verschillende processen, zal bloot kunnen leggen, en dus met zekerheid garant zullen kunnen staan voor de afwezigheid van bepaalde degradatiemechanismen. Dit is een voorzichtigheid die NIRAS nog onvoldoende aan de dag legt. In dit licht is het voor FANC en Bel V opportuun om tegen het bevestigingsbesluit een update van dit hoofdstuk in deze zin te voorzien. Dit neemt niet weg dat FANC en Bel V wel akkoord kunnen gaan met de hypothesen uit de verwachte evolutie, die voor hen voldoende werden gestaafd en steunen op de actuele kennis in het domein.
21. Een belangrijk aandachtspunt is de mogelijke degradatie van de ondoorlatende betonnen topplaat als gevolg van mogelijke externe sulfaataantasting door het vrijkomen van sulfaten uit de kleilaag in de aardafdekking. Zo is het voor FANC en Bel V een minimale vereiste dat het beton van de ondoorlatende topplaat aan het criterium van XA3 zal dienen te voldoen. Verder merken FANC en Bel V nog op dat een klei die te veel zwellende smectieten bevat een hoog risico op barsten zal vertonen indien het zou uitdrogen. Daarom zou het smectietgehalte eveneens een belangrijke parameter dienen te zijn bij de uiteindelijke keuze van de klei, naast de sulfaathoeveelheid die laag dient te zijn en waarvoor NIRAS een voor FANC en Bel V aanvaardbare limiet heeft voorgesteld.

22. Betreffende de vulmortel stelt NIRAS dat de beschikbaarheid van een CEM III/C mogelijk in de toekomst gehypothekeerd kan zijn en dat NIRAS een overgang naar CEM III/B kan overwegen. FANC en Bel V wijzen erop dat een overschakeling zal dienen te gebeuren via een wijziging en een veiligheidsstudie die zal moeten aantonen dat de performantie van de vulmortel niet zal kunnen aangetast worden door deze omschakeling.
23. Een bijkomend aandachtspunt dat FANC en Bel V aanstippen voor de vulmortel is de water/cement verhouding. De dosering om deze te garanderen heeft een kleinere dan normale tolerantie en vereist een industriële doseeropstelling met een voldoende nauwkeurigheid.
24. De onzekerheid rond de klimaatverandering is een ander aandachtspunt van FANC en Bel V. Deze bepaalt in belangrijke mate de toekomstige vegetatie op de afdekking en de mogelijke erosie als gevolg van weerfenomenen. NIRAS heeft voorzien om dit op te volgen.

In functie van hun analyse concluderen FANC en Bel V dat de vereisten waaraan voldaan moest worden voor de eerste wetenschappelijke raad, positief zijn ingevuld.
Op basis van deze elementen oordelen FANC en Bel V dat de voorgestelde beschrijving van de fenomenologie als aanvaardbaar kan beschouwd worden.

6. Afval

6.1. Context

In dit hoofdstuk bevindt zich de beschrijving van het afval dat bestemd is voor de oppervlakteberging. Hun fysische, chemische en radiologische eigenschappen vormen het vertrekpunt van de ontwikkeling van de berging.

In dit hoofdstuk dient ook de classificatie van het beschouwde afval te worden besproken. Eveneens dient zich hier de identificatie van de voornaamste afvalfamilies te gebeuren, waarvan de karakteristieken voldoen aan de conformiteitsvereisten voor oppervlakteberging. Het hoofdstuk dient alle relevante informatie te bevatten met betrekking tot de voorlopige inventaris van het te bergen afval.

Tenslotte zal NIRAS naar een operationeel systeem evolueren waarin de integratie van hun afvalacceptatiesysteem zal gebeuren met de oppervlakteberging, wat ook hier wordt beschreven.

6.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk

In deze paragraaf worden kort de verwachtingen van FANC en Bel V aangaande dit hoofdstuk weergegeven, alsook de invulling die er door NIRAS aan gegeven werd. In §6.2.1 wordt per paragraaf van het hoofdstuk een opgesomd welke aspecten beschreven zouden moeten zijn in dit hoofdstuk, en in kleur de beoordeling van deze aspecten in het hoofdstuk door FANC en Bel V. Vervolgens wordt in §6.2.2 een opsomming gemaakt van de vereisten die voor FANC en Bel V minimaal in te vullen zijn voorafgaand aan de eerste zitting van de Wetenschappelijke Raad, alsook in kleur de beoordeling door FANC en Bel V van de invulling ervan door NIRAS.

6.2.1. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling

- §6.2 Classificatie van het afval
    - Verklaren wat de basis is van de NIRAS-classificatie en wat de basis is voor de indeling in categorieën, klassen, fluxen, families
      Beoordeling FANC en Bel V:
      De NIRAS-classificatie en gebruikte terminologie wordt afdoende beschreven.
    - Volledige beschrijving van het afval en zijn categorisatie in functie van de finale eindbestemming van het afval
      Beoordeling FANC en Bel V:
      De gehanteerde classificatie voor ongeconditioneerd of geconditioneerd afval maakt geen onderscheid in eindbestemming. De gehanteerde classificatie voor het bergingsafval beschrijft de herkomst, de afvalvorm alsook het type monoliet. Dit is voldoende.
    - Rechtvaardiging van de classificatie vanuit het oogpunt van een oppervlakteberging
      Beoordeling FANC en Bel V:
      De gehanteerde classificatie voor het bergingsafval is afgestemd op, en relevant voor, een goed beheer van de oppervlakteberging in de toekomst.
- §6.3 Beschrijving van het afval-acceptatiesysteem van NIRAS
    - Beschrijving van de algemene aanvaardingsvoorwaarden, het erkenningssysteem, afvalacceptatiesysteem en de lijst van ACRIA's toepasbaar op afval bestemd voor

de oppervlakteberging
Beoordeling FANC en Bel V:
Het afval-acceptatiesysteem van NIRAS wordt volledig beschreven alsook de rol die de oppervlakteberging erin zal spelen. Zoals in de vergunningsaanvraag omschreven, zullen door NIRAS voor de oppervlakteberging bergingsACRIA's ontwikkeld worden. De berging zal dus in het acceptatiesysteem van NIRAS geïntegreerd worden. De figuren en sommige stukken tekst in §6.3 zijn niet altijd even duidelijk.

- §6.4 Beschrijving van de afvalfamilies bestemd voor oppervlakteberging en voorlopige inventaris van het afval
    - Afvalfamilies bestemd voor oppervlakteberging:
        - Identificatie van de producenten en voor elke producent of groep producenten: Aard en karakteristieken van de verschillende geproduceerde families of afvaltypes.
          Beschrijving afvalfamilies met de hoofdkarakteristieken, afvalfluxen, type verpakking, volume/aantal, activiteit, voornaamste isotopen, karakteriseringsmethode, conditioneringsproces, matrix, fysicochemische eigenschappen.
          Beoordeling FANC en Bel V:
          De aard en karakteristieken van de verschillende geproduceerde families en afvaltypes worden voldoende beschreven. Sommige 'huidige' conditioneringsprocessen op p.6-23 zijn in een aantal gevallen historisch. Op het moment van deze evaluatie hebben niet alle fluxen een erkend conditioneringsproces. De methodes voor radiologische karakterisering op p.6-25 zijn verwarrend omschreven. Zoals §6.4.3 meldt, worden de onzekerheden niet in dit veiligheidsrapport behandeld. Deze dienen behandeld te worden in het kader van het opstellen van de conformiteitsdossiers.
    - Overzicht van de inventaris van het afval: bezorgen van een overzicht van de provisionele inventaris met onderscheid tussen de al eerder aanvaarde fluxen, de nog niet aanvaarde geproduceerde fluxen en toekomstige fluxen
      Beoordeling FANC en Bel V:
      De beschrijving van de inventaris is niet overal even kwalitatief. Enkele voorbeelden:
        - Tabel 6-10 bevat activiteiten voor Be-10 en Np-326, geen voor Mo-93 maar meldt "*De activiteiten voor Be-10, Np-236 en Mo-93 zijn vandaag nog voor geen enkel collo gedeclareerd."* Dit is inconsistent of minstens verwarrend geschreven.
        - Tabel 6-12 is niet bruikbaar omdat de dominerende familie, RESIN-CNT-MEDIUM-T400 in haar geheel uit de uiteindelijke bronterm verwijderd wordt. Bovendien bevat deze familie geen enkel geproduceerd collo en is de radiologische inhoud van deze familie gebaseerd op schattingen die overduidelijk aan de hoge kant liggen, waardoor deze familie ten onrechte prominent aanwezig is in tabel 6-12. Buiten deze familie zijn er andere verschillen tussen de inventaris en de bronterm. Bijgevolg had men tabel 6-12 moeten baseren op de uiteindelijke bronterm.
        - De opmerking p.6-41: "*De berekende waarden voor U-232 en U-236 zijn niet behouden voor de familie ASHES-CILVA-400 omdat U-232 en U-236 geen isotopen zijn van natuurlijk uranium en omdat het afval in deze familie voornamelijk niet-bestraald afval betreft",* is schijnbaar

tegenstrijdig met tabel 6-12 waarin staat dat ASHES-CILVA-400 sterk bijdraagt tot de activiteiten van Th-229, Th-232, Np-236 en Np-237. Deze nucliden duiden erop dat het afval in de familie wel degelijk 'bestraald' afval betreft. Sterker nog, in tegenstelling tot U-232 en U-236 wordt U-233 wel weerhouden, hetgeen ook geen isotoop is van natuurlijk uranium. Bovendien is het gebruik van de term 'niet-bestraald' onduidelijk. Het kan hier niet-geactiveerd, niet-gecontamineerd, niet-bestraald met neutronen of niet-bestraald in haar geheel betekenen. Geen enkele van deze mogelijke betekenissen verklaart de keuze van de wel weerhouden nucliden.

- In tabel 6-20 is de maximale concentratie voor U-238, die volgens §6.4.5.4. p. 6-57 gebaseerd is op de bronterm 2013 V2, groter dan de toegelaten concentratielimiet die in dezelfde sectie bepaald wordt. Dit impliceert dat er colli in de bronterm opgenomen zijn, die niet in de berging mogen en dus uit de bronterm verwijderd (hadden) moeten worden.

Wat betreft toekomstig afval, wordt een onzekerheidsfactor in rekening gebracht. De onzekerheden op de bestaande inventaris worden echter niet vermeld. Bovendien is ongeveer de helft van de reeds geproduceerde colli met afval nog niet geaccepteerd door NIRAS en zijn er ook colli met geconditioneerd afval, waarvan het afval onder niet-geconditioneerde vorm tot nog toe niet werd geaccepteerd. Bovendien zijn er veel colli, die wel geaccepteerd werden, maar momenteel niet aan de bergingscriteria voldoen (het is bv. ongeweten of de zgn. 'gelvaten' ooit in de oppervlakteberging zullen kunnen terechtkomen; momenteel zijn ze uitgesloten van berging hoewel de berging radiologisch gezien erop 'begroot' is).

Ondanks voorgaande opmerkingen is de beschrijving van de inventaris voldoende om de bergingslimieten af te leiden. Bovendien is de inventaris a priori compatibel met een oppervlakteberging in die zin dat het wel degelijk laag- en middelactief kortlevend afval betreft. De bronterm bevat desondanks een niet verwaarloosbare hoeveelheid langlevende nucliden. Hiervoor is insluiting nodig, zelfs na de opheffing van de nucleaire reglementaire controle.

6.2.2. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad

Minimaal dient voor de eerste zitting van de wetenschappelijke raad aan volgende voldaan te zijn:

- Aanwezigheid van de basis van de classificatie van het afval voorbestemd voor opname in een oppervlakteberging;
  Beoordeling FANC en Bel V:
  De classificatie van het radioactief afval a priori bestemd voor oppervlakteberging is aanwezig en afdoende gefundeerd. Het is duidelijk welk radioactief afval wel en welk afval niet bestemd is voor oppervlakteberging.
- Aanwezigheid beschrijving afvalacceptatie en erkenningssysteem en de link met de oppervlakteberging
  Beoordeling FANC en Bel V:
  Het NIRAS-systeem van acceptatiecriteria, erkenningen en acceptaties en haar link met de oppervlakteberging is voldoende beschreven.
- Aanwezigheid van voldoende informatie over de provisionele bronterm die in de berging zal geborgen worden en zijn fysische, chemische en radiologische karakteristieken.

Beoordeling FANC en Bel V:
Er is voldoende informatie betreffende de voorziene bronterm voor de oppervlakteberging alsook betreffende haar fysische, chemische en radiologische karakteristieken. De mogelijke impact van onzekerheden van deze karakteristieken op de geschiktheid van de bronterm zal op het niveau van het afval zelf in rekening gebracht worden, via de conformiteitsdossiers.

- Inschatting van de potentiële onzekerheden in de volumina, fysicochemische en radiologische kenmerken
  Beoordeling FANC en Bel V:
  De onzekerheden betreffende de volumes en kenmerken zijn voor het nog te produceren afval in rekening gebracht. Voor het reeds bestaande afval wordt dit niet gedaan op het niveau van het veiligheidsrapport. Dit betekent dat bepaald afval, dat momenteel voldoet aan alle criteria, mogelijk niet bergbaar is wanneer de onzekerheidsmarge toegevoegd wordt. Dit zal in de conformiteitsdossiers behandeld worden. Dit betekent ook dat er nog geen zekerheid bestaat over de volumes te bergen bestaand afval.

6.3. Conclusies FANC en Bel V

De gegeven informatie aangaande het afval is voor FANC en Bel V volledig en kan dus worden voorgelegd aan de Wetenschappelijke Raad.
De beschrijvingen van het afval voldoet aan de reglementaire vereisten en de verwachtingen van FANC en Bel V. De veiligheidsautoriteit heeft wel de volgende bemerkingen:

25. De hoeveelheid van sommige langlevende nucliden in de bronterm vereist dat een bepaald niveau van insluiting in de berging beschikbaar blijft ook na de opheffing van de nucleaire reglementaire controle.
26. NIRAS zal een inhaalbeweging dienen te maken teneinde de nog niet geaccepteerde vaten te kunnen accepteren (ongeveer de helft van de tot nog toe geproduceerde vaten).
27. Er is momenteel afval in de voorziene bronterm V2 waarvan de compatibiliteit met de berging niet is aangetoond (momenteel niet beantwoordend aan de conformiteitscriteria). Onder andere de vaten met een ASR-probleem (alkali-silica-reactie met als gevolg gelvorming) maken hier deel van uit. NIRAS zal een specifieke aanpak dienen te ontwikkelen om dit soort afval bergingsgeschikt te krijgen, of zal dit afval dienen te verwijderen uit de voorziene, radiologische bronterm.

In functie van hun analyse concluderen FANC en Bel V dat de vereisten waaraan voldaan moest worden voor de eerste wetenschappelijke raad, positief zijn ingevuld.
Op basis van deze elementen oordelen FANC en Bel V dat de voorgestelde beschrijving van het afval als aanvaardbaar kan beschouwd worden.

7. Ontwerp en constructie van de bergingscolli

7.1. Context

De berging zal opgevuld worden met gestandaardiseerde bergingscolli (of monolieten). In dit hoofdstuk bevindt zich de beschrijving van de ontwerpbasis, de technische kenmerken en constructietechnieken van de bergingscolli.

7.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk

In deze paragraaf worden kort de verwachtingen van FANC en Bel V aangaande dit hoofdstuk weergegeven, alsook de invulling die er door NIRAS aan gegeven werd. In §7.2.1 wordt per paragraaf van het hoofdstuk een oplijsting gemaakt van welke aspecten beschreven zouden moeten zijn in dit hoofdstuk, en in kleur de beoordeling van deze aspecten in het hoofdstuk door FANC en Bel V. Vervolgens wordt in §7.2.2 een opsomming gemaakt van de vereisten die voor FANC en Bel V minimaal in te vullen zijn voorafgaand aan de eerste zitting van de Wetenschappelijke Raad, alsook in kleur de beoordeling door FANC en Bel V van de invulling ervan door NIRAS.

7.2.1. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling

- §7.2 Veiligheidsfuncties en andere functies
    - Omschrijving van de veiligheidsfuncties van de bergingscolli, alsook zijn eventuele andere functies die hij moet vervullen
      Beoordeling FANC en Bel V: De veiligheidsfuncties worden correct omschreven in lijn met het veiligheidsconcept. Verder wordt een overzicht gegeven van de ontwerpvereisten, zij het niet zelfdragend. Het is nodig hiervoor ook hoofdstuk 2 te consulteren teneinde de betekenis van de genummerde vereisten te achterhalen.
- §7.3 Beschrijving van de bergingscolli
    - Gedetailleerde technische beschrijving van de componenten van de verschillende soorten monolieten en hun voorziene aantal in de berging.
      Beoordeling FANC en Bel V: De beschrijving is zeer summier en algemeen. Hier wordt een meer uitgebreide beschrijving verwacht door FANC en Bel V. Het anti-opdrijfsysteem om het deksel op de caisson te houden bij het gieten van de opvulmortel wordt nergens in detail beschreven, ook niet in de ondersteunende documenten. Het is enkel op de plannen te zien, doch daaruit is niet het gehele aanhechtingsmechanisme te achterhalen. Er wordt gevraagd om het ontwerp van de monolieten tegen de tweede Wetenschappelijke Raad te verduidelijken.
- §7.4 Ontwerp
    - Ontwerp en constructieregels: gebruikte codes, normen en standaarden voor de bergingscolli; argumentatie van de keuze van de normen.
      Beoordeling FANC en Bel V: De ontwerp- en constructieregels worden duidelijk opgesomd in de paragraaf 7.4.1. FANC en Bel V stellen echter vast dat niet de meest recente versies van de Belgische en Europese betonnormen EN 206 (v2001) en NBN B 15-001 (v.2004) worden aangewend. Daarom vragen FANC en Bel V om tegen de tweede Wetenschappelijke Raad na te gaan wat de mogelijke invloed is van de delta tussen de oude en nieuwe normen op het ontwerp en de constructie van de betononderdelen. Verder wordt nog opgemerkt dat er geen

argumentatie werd gegeven voor de keuze van de normen, doch FANC en Bel V beoordelen de gemaakte keuzes als voor de hand liggend.

- Ontwerpbasis: design inputs en design requirements (link Hoofdstuk 15) voor elk type bergingscollo, zowel voor het collo in zijn geheel als de samenstellende delen. Vertaling van de requirements in technische vereisten.
  Beoordeling FANC en Bel V: Alle ontwerpvereisten zijn opgelijst en per vereiste wordt de manier waarop er aan voldaan is uitgewerkt, samen met de conformiteitscriteria die zullen aantonen of aan de vereiste zal zijn voldaan of niet. Dit is in voldoende detail uitgewerkt. Er wordt ook nog opgemerkt dat NIRAS meldt dat ze het gebruik van wapeningsvezels bestudeert voor de caissons. Dit is het gevolg van het feit dat het gebruik van vezelversterkt beton in de optimalisatie-oefening een hogere score heeft bekomen dan klassiek gewapende caissons, en dus mogelijk optimaler is, vooral dan met betrekking tot de duurzaamheid op lange termijn. De techniek wordt overigens ook gebruikt in Frankrijk. Er werd voor de studie van deze mogelijke aanpassing echter geen timing naar voor geschoven door NIRAS. FANC en Bel V zullen dit verder opvolgen.
  Voor de belastinggevallen werden een aantal belastingen a posteriori gecontroleerd. Betreffende de dynamische belastingen wordt de val van een monoliet in de reglementering betreffende IP2 verpakking vermeld. FANC en Bel V merken op dat het voor NIRAS uiteindelijk niet de bedoeling is om de monoliet als IP2 verpakking te laten erkennen.
  Betreffende het ontwerp van monolieten wijzen FANC en Bel V er tenslotte nog op dat het feit dat de colli rechtstreeks op de bodem van de caissons worden geplaatst de degradatie van de monoliet mogelijk kan versnellen indien zich waterinsijpeling voordoet in de monoliet. Er is geen mortelbuffer onder het vat, waardoor agressieve chemische elementen (chloride, sulfaten, boraten, silicaten, …) uit afval de bodem van de caisson direct zouden kunnen aantasten, zonder dispersie in de opvulmortel. NIRAS heeft de optie om opvulmortel onder de monoliet te voorzien bekeken in de optimalisatie-oefening maar niet weerhouden wegens onder meer de grotere onzekerheid op de positionering van de vaten in de monoliet.

- § 7.5 Productie van de bergingscolli
  - Beschrijving fabricage/productietechnieken en overeenstemming van de fabricage/productietechnieken met de vereisten
    Beoordeling FANC en Bel V: De fabricage en productietechnieken worden in voldoende detail beschreven in deze paragraaf. FANC en Bel V noteren als aandachtspunt dat tolerantie op de waterdosering van de vulmortel een strengere eis nodig is dan deze van NBN EN 206 en zullen dit punt bij de fabricage verder opvolgen.
  - Kwaliteitsborging en kwaliteitscontrole:
    - Beschrijving van de gevolgde regels en normen voor kwaliteitsborging en beschrijving van het systeem
    - Beschrijving van de kwaliteitscontrole die zal gebeuren
      Beoordeling FANC en Bel V: Voor de kwaliteitsborging wordt verwezen naar de conformiteitscriteria, en wordt ook vermeld dat de activiteiten belangrijk voor de kwaliteit zullen worden beschreven in functioneringsgidsen, procedures en/of instructies en wordt vermeld dat dit in een later stadium zal gebeuren. Er worden geen normen vermeld die zullen worden gevolgd. Dit is, gegeven het belang voor de veiligheid

van een kwalitatieve productie van monolieten, zeer summier en het is onduidelijk hoe het kwaliteitsborgingsysteem in elkaar zal zitten. Het dient opgemerkt te worden dat verschillende onderdelen van de monoliet in verschillende productie-eenheden (caissonfabriek en IPM) zullen worden vervaardigd en dat er dus een systeem van zelfcontrole en onafhankelijke controle opgezet moet worden. FANC en Bel V willen dan ook dat NIRAS tegen de tweede Wetenschappelijke Raad een QA/QC-programma voorlegt, zowel betreffende de technische aspecten van de controle als de organisatorische aspecten.

- Afwijkingen en correctieve acties:
  - Identificatie en beschrijving van mogelijke afwijkingen die kunnen voorkomen en de correctieve acties.
    Beoordeling FANC en Bel V: Voor de manier waarop niet-conformiteiten zullen behandeld worden, wordt doorverwezen naar het hoofdstuk 8. Daar is echter enkel een summiere aanpak van de behandeling van niet-conformiteiten beschreven. Er zal gevraagd worden om tegen de tweede Wetenschappelijke Raad meer informatie te leveren over behandeling van niet-conformiteiten in het algemeen (zie beoordeling van § 8.6.9) en voor de monolieten in het bijzonder. De behandeling voor monolieten kan niet zomaar dezelfde zijn als de behandeling voor de bergingsmodules, daar het in de eerste plaats al andere uitbaters betreft die verschillen zullen kennen in organisatie en processen. De gevolgen van afwijkingen die niet opgemerkt kunnen worden, worden wel voldoende uitgebreid beschreven en verder ook behandeld in de lange termijn veiligheidsevaluatie.

7.2.2. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad

Minimaal dient voor de eerste zitting van de Wetenschappelijke Raad aan volgende voldaan te zijn:

- De ontwerp-inputs dienen de nodige basiselementen te bevatten en duidelijk te zijn (veiligheidsprincipes...).
  Beoordeling FANC en Bel V: De ontwerpinputs worden ontwikkeld in het hoofdstuk 2. Ze zijn duidelijk (zie beoordeling hoofdstuk 2).
- De ontwerpvereisten dienen duidelijk te zijn, aanvaardbaar en in overeenstemming met de ontwerp-inputs.
  Beoordeling FANC en Bel V: De ontwerpvereisten zijn duidelijk en aanvaardbaar. De manier waarop ze afgeleid werden maakt dat ze in overeenstemming zijn met de ontwerp-inputs.
- De ontwerpongevallen en incidenten dienen gekend te zijn, zowel operationeel als lange termijn.
  Beoordeling FANC en Bel V: De ontwerpongevallen en incidenten bevinden zich in het hoofdstuk maar dienen, in tegenstelling tot hoofdstuk 8, in hoofdstuk 7 bij elkaar gesprokkeld te worden doorheen de ontwerpvereisten. Ze zijn wel voldoende voor FANC en Bel V.
- De lay-out van de bergingscolli dient vast te liggen. Hun classificatie en ontwerpbasis moet gekend zijn.
  Beoordeling FANC en Bel V: De lay-out ligt vast, alsook de classificatie en ontwerpbasis. Wel is de beschrijving ervan te summier en wordt er gevraagd om een meer gedetailleerde beschrijving te geven tegen de tweede Wetenschappelijke Raad.
- De doenbaarheid van de bouw van de bergingscolli dient te zijn aangetoond met speciaal aandacht voor nieuwe of moeilijke technieken.
  Beoordeling FANC en Bel V: De doenbaarheid van de bouw werd door NIRAS aangetoond aan de

hand van verscheidene demonstratietesten, die ook op destructieve wijze werden gecontroleerd. NIRAS lijkt de technieken te beheersen.

- De conformiteitscriteria voor de bergingscolli dienen vast te liggen en in overeenstemming te zijn met de ontwerpvereisten. De manier waarop geverifieerd zal worden dat men eraan voldoet en de doenbaarheid ervan moet duidelijk zijn. De basis voor de behandeling van niet-conformiteiten moet duidelijk zijn.
  Beoordeling FANC en Bel V: De vereisten en criteria worden in het hoofdstuk 7, 8 en 15 ontwikkeld. De criteria liggen vast en zijn in lijn met de ontwerpvereisten. De verificatiewijze is duidelijk. De basis voor de behandeling van de niet-conformiteiten is beschreven in hoofdstuk 8. Deze basis is verder uit te werken tegen de tweede Wetenschappelijke Raad.
- De principes/technieken van de kwaliteitsborging en kwaliteitscontrole bij de selectie van materialen en de bouw dient gekend te zijn.
  Beoordeling FANC en Bel V: De grote lijnen van de kwaliteitsborging en kwaliteitscontrole worden gegeven, maar echter heel summier. Dit is verder uit te werken tegen de tweede Wetenschappelijke Raad.

7.3. Conclusies FANC en Bel V

De gegeven informatie aangaande het ontwerp en de constructie van de bergingscolli is voor FANC en Bel V volledig en kan dus worden voorgelegd aan de Wetenschappelijke Raad.
De beschrijvingen van het ontwerp en de constructie van de colli voldoet aan de reglementaire vereisten en de verwachtingen van FANC en Bel V. De veiligheidsautoriteit heeft wel de volgende bemerkingen:

28. Het systeem van de aanhechting van het deksel aan de monoliet wordt nergens in detail beschreven, ook niet in de ondersteunende documenten. Het is enkel op de plannen te zien, doch daaruit is niet het gehele aanhechtingsmechanisme te achterhalen.
29. FANC en Bel V stellen vast dat niet de meest recente versies van de Belgische en Europese betonnormen EN 206 (v2001) en NBN B 15-001 (v.2004) worden aangewend.
30. De beschrijving van het toekomstige kwaliteitsborgingsysteem is te summier momenteel.
31. De beschrijving van de behandeling van niet-conformiteiten is te summier momenteel.

FANC en Bel V zullen de aspecten van de waterdosering van de opvulmortel, en de ontwikkeling van vezelversterkte caissons verder opvolgen.

In functie van hun analyse concluderen FANC en Bel V dat de vereisten waaraan voldaan moest worden voor de eerste wetenschappelijke raad, positief zijn ingevuld.
Op basis van deze elementen oordelen FANC en Bel V dat de voorgestelde beschrijving van het ontwerp en de constructie van de bergingscolli als aanvaardbaar kan beschouwd worden.
Echter wordt door FANC en Bel V, in navolging van de gegeven bemerkingen, aan de Wetenschappelijke Raad geadviseerd om de volgende elementen te vragen voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad:

32. Een meer gedetailleerde beschrijving van het ontwerp van de monoliet (en specifiek bv. het aanhechtingsmechanisme voor het deksel);
33. De mogelijke invloed nagaan van de delta tussen de oudere, door NIRAS aangewende, normen en de huidige normen op het ontwerp en de constructie van de betononderdelen;
34. Een QA/QC-programma dat zal doorlopen worden tijdens de fabricage van de monolieten, met daarin zowel de technische als de organisatorische aspecten, samen met een rechtvaardiging dat dit programma afdoende de conformiteitscriteria voor monolieten afdekt;
35. Een verdere ontwikkeling van de behandeling van de niet-conformiteiten bij monolieten (procedures).

8. Ontwerp en constructie van de berging

8.1. Context

In dit hoofdstuk bevindt zich de beschrijving van de ontwerpbasis en de technische kenmerken en constructietechnieken van de verschillende SSC's van de bergingsinrichting. Een aantal van deze SSC's zijn barrières die belangrijk zijn voor de lange termijn veiligheid. Ook een beschrijving van de kwaliteitsborging en kwaliteitscontroles van deze SSC's wordt in dit hoofdstuk opgenomen, samen met een beschrijving van de wijze waarop niet-conformiteiten zullen worden behandeld. Tenslotte worden ook in dit hoofdstuk nog de conformiteitscriteria opgelijst waaraan de installatie zal moeten voldoen om aan te tonen dat hij de hem toegedichte veiligheidsfuncties reëel zal kunnen vervullen.

8.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk

In deze paragraaf worden kort de verwachtingen van FANC en Bel V aangaande dit hoofdstuk weergegeven, alsook de invulling die er door NIRAS aan gegeven werd. In §8.2.1 wordt per paragraaf van het hoofdstuk een oplijsting gemaakt van welke aspecten beschreven zouden moeten zijn in dit hoofdstuk, en in kleur de beoordeling van deze aspecten in het hoofdstuk door FANC en Bel V. Vervolgens wordt in §8.2.2 een opsomming gemaakt van de vereisten die voor FANC en Bel V minimaal in te vullen zijn voorafgaand aan de eerste zitting van de Wetenschappelijke Raad, alsook in kleur de beoordeling door FANC en Bel V van de invulling ervan door NIRAS.

8.2.1. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling

- §8.2 Algemene beschrijving
    - Beschrijving van de installaties en hun inplanting op de site, beschrijving van de SSC aanwezig tijdens verschillende fases en perioden.
      Beoordeling FANC en Bel V: De beschrijving van de installaties en hun inplanting op de site is summier gegeven. De inplanting is niet duidelijk op te maken uit de figuren, doch figuur 4-6 uit hoofdstuk 4 compenseert dit daar op deze figuur duidelijk staat aangegeven welke gebouwen/infrastructuren zich waar op de site bevinden. Het dossier is hier dus volledig, al kon ook hoofdstuk 8 op dit vlak duidelijkere informatie hebben gegeven.
- §8.3 Input voor ontwerp en de ontwerpvereisten
    - Oplijsten en bespreken van de ontwerpinputs die de vereisten zullen bepalen waaraan de componenten van de berging zullen moeten voldoen.
      Beoordeling FANC en Bel V: De ontwerpinputs en ontwerpvereisten worden in het hoofdstuk 2 besproken en afgeleid en niet meer als dusdanig herhaald in het hoofdstuk 8.
    - Beschrijving van de ontwerpvereisten, samen met een argumentatie ervan.
      Beoordeling FANC en Bel V: De ontwerpinputs en ontwerpvereisten worden in het hoofdstuk 2 besproken en afgeleid en niet meer als dusdanig herhaald in het hoofdstuk 8. De ontwerpvereisten worden duidelijk ontwikkeld in de tekst van paragraaf 8.5 (zie verder). In §8.5 worden in de overzichtstabellen per component de vereisten genummerd, echter zonder legende; de betekenis van de nummers dient verder in de tekst te worden gevonden bij de bespreking van de verschillende vereisten zelf.
      De ontwerpbasisvoorvallen worden voorgesteld en hun weerhouden terugkeerperiodes wordt geargumenteerd in de bijlage 3 aan het hoofdstuk. De

voorvallen zijn aanvaardbaar voor FANC en Bel V, al wordt gewezen op de incoherentie met het hoofdstuk 4 (Karakteristieken van de site en haar omgeving) betreffende een aantal gegevens van extreme weerfenomenen – zie de § 4.2.1 van de evaluatie van dit hoofdstuk 4 voor verdere details.
In deze sectie bevindt zich ook een gedeelte aangaande zettingen, waarin NIRAS aantoont dat de draagkracht van de ondergrond voldoende is en dat de zettingen die verwacht kunnen worden aanvaardbaar zijn. Dit is eveneens aanvaardbaar voor FANC en Bel V.

- §8.4 Algemene ontwerp- en constructieregels
    - Geeft een overzicht van de ontwerp- en constructieregels die gebruikt werden of zullen worden voor de verschillende SSC en een argumentatie voor de keuze
      Beoordeling FANC en Bel V: De ontwerp- en constructieregels worden opgesomd in de paragraaf 8.4.1, doch er wordt niet aangegeven over welke versie van deze codes het gaat. FANC en Bel V merken op dat het niet gaat om de laatste of soms zelfs voorlaatste versies van de codes. Daarom vragen FANC en Bel V om tegen de tweede Wetenschappelijke Raad na te gaan wat de mogelijke invloed is van de delta tussen de oude en nieuwe normen op het ontwerp en de constructie van de betononderdelen. Er wordt een voor FANC en Bel V aanvaardbare argumentatie gegeven voor het gebruik van de Eurocodes bij het ontwerp. Andere gekozen normen worden niet expliciet geargumenteerd doch zijn aanvaardbaar voor FANC en Bel V en worden door hen als voor de hand liggend beschouwd.
- §8.5 Ontwerp en beschrijving van de berging
    - Ontwerp van SSC: gedetailleerd en up to date overzicht van op het ontwerp van de verschillende componenten. Per SSC wordt hun classificatie gegeven, de ontwerpvereisten, toegepaste normen en regels, gekozen materialen, technische vereisten en een gedetailleerde technische beschrijving.
      Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS ontwikkelt in deze paragraaf een uitgebreid en systematisch zicht op het ontwerp, vertrekkende per SCC van de ontwerpvereisten en de ontwikkeling per vereiste van de manier waarop de component er aan beantwoordt, alsook het conformiteitscriterium dat zal nagegaan worden om aan te tonen dat aan de vereiste voldaan is. NIRAS heeft ook een voor FANC en Bel V gepast classificatiesysteem ontwikkeld voor de verschillende componenten. Globaal zijn FANC en Bel V akkoord met het voorgestelde ontwerp, al hebben ze wel volgende aandachtspunten:
        - De FANC-leidraad aardbevingen [5] werd niet gevolgd voor het ontwerp van de afdekking. Deze leidraad stelt dat de afdekking ook zou moeten weerstaan aan aardbevingen geassocieerd met de lange termijn veiligheid (in casu de “DBE350” met terugkeerperiode 8575 jaar). De afdekking weerstaat echter slechts aan een aardbeving met terugkeerperiode van 1225 jaar (of de “DBE50”, de aardbeving geassocieerd met de operationele periode). NIRAS heeft echter het effect van een aardbeving groter dan de Design Basis Earthquake meegenomen in zijn veiligheidsanalyse en aangetoond dat het risico aanvaardbaar is. FANC en Bel V kunnen deze derogatie aanvaarden.
        - De sulfaatresistentie van de ondoorlatende topplaat is een aandachtspunt voor FANC en Bel V. Hoewel er specifieke criteria zullen zijn die een laag gehalte aan sulfaten in de afdekking opleggen, dient voor FANC en Bel V te worden uitgesloten dat sulfaten mogelijks het beton aantasten van de ondoorlatende topplaat, die een levensduur van ~1000 jaar dient te hebben. FANC en Bel V hebben namelijk ook twijfels

over de beschikbaarheid van een sulfaatarme klei tegen het moment dat de afdekking geplaatst zal dienen te worden (zie beoordeling van hoofdstuk 5). De topplaat dient voor FANC en Bel V dan ook als minimaal nodige voorwaarde te worden ontworpen in lijn met de vereisten van milieuklasse XA3 (sterk chemisch agressieve omgeving) volgens NBN B 15-001:2018 [6].

- De hellingen van de buizen van het drainagesysteem zijn zeer klein, om reden van het vermijden van een te groot hoogteverschil tussen de modules en de Water Collection Building. Dit is een aandachtspunt voor FANC en Bel V aangezien een vlotte afwatering in het gedrang kan komen door kleine variaties in de helling als gevolg van bv. relatief kleine differentiële zettingen. Dit is verder op te volgen.
- FANC en Bel V stellen vast dat er geen zettingsvoegen zijn in de inspectiegalerij, wat niet evident is aangezien differentiële zettingen zich zullen voordoen die ook de inspectiegalerij zullen treffen. Dit is een aandachtspunt dat FANC en Bel V zullen opvolgen.
- NIRAS zal gebruik maken van semi-doorgaande bekistingstrekkers; het is een aandachtspunt dat de gemaakte holtes nadien goed zullen worden opgevuld opdat ze geen zwakke plek vormen in de muren van de module.

- Nucleaire uitrustingen en infrastructuren: beschrijving van de uitrustingen en infrastructuren die tijdens de operationele periode zullen worden gebruikt om de installatie te kunnen uitbaten, sluiten, controleren…Voor deze componenten wordt een beschrijving gevraagd van de ontwerpbasis, technische beschrijving, werking/aansturing, kwaliteitsborging en kwaliteitscontrole, te ontmantelen structuren en hun verwijderingsmethode.
  Beoordeling FANC en Bel V: De uitrustingen en infrastructuren worden afdoende beschreven in het hoofdstuk 8.
- Nucleaire bijgebouwen: beschrijving van de nucleaire bijgebouwen, met hun ontwerpbasis, constructie, algemeen plan en fasering van ontmanteling.
  Beoordeling FANC en Bel V: De nucleaire bijgebouwen worden op afdoende wijze beschreven.
- Nutsvoorzieningen: Beschrijving van het ontwerp van de nutsvoorzieningen zoals elektrische circuits (+ keuring), watervoorzieningen en de manier waarop beschikbaarheid is gegarandeerd bij bv. brand, Instrumentation & Control, communicatienetwerken,…
  Beoordeling FANC en Bel V: FANC en Bel V oordelen dat de informatie aangaande de instrumentatie, sturing en regeling van de inrichting (Instrumentation & Control – I&C), en de kwalificatie ervan, in het dossier zeer gering, zelfs zo goed als onbestaande is. Er wordt doorverwezen naar het hoofdstuk 16, dat echter enkel de monitoringaspecten aangaat, en niet de sturing van de berging. Aangezien de berging vanop afstand zal bestuurd worden, is de I&C zeer belangrijk voor de veiligheid. In dit opzicht vragen FANC en Bel V dat NIRAS tegen de tweede Wetenschappelijke Raad de voorziene instrumentatie, sturing en regeling uitwerkt, alsook de manier waarop deze gekwalificeerd zal worden.
  De andere nutsvoorzieningen worden op afdoende wijze beschreven. Het is ook duidelijk welke voorzieningen beschikbaar dienen te zijn bij verlies van de gewone elektrische voeding en op welke manier dit zal gebeuren. Veel zaken zijn echter nog in ontwikkeling en zullen moeten gefinaliseerd worden tegen de oplevering.

- Niet-nucleaire gebouwen: Korte beschrijving van de niet-nucleaire gebouwen op de site en hun functie en inplanting.
  Beoordeling FANC en Bel V: De niet-nucleaire gebouwen worden op afdoende wijze beschreven.

- § 8.6 Constructie van de berging
  - Beschrijven van de constructie van de berging, op het vlak van organisatie, gevolgde regels en normen, compatibiliteit van de constructietechniek met de technische vereisten van de SSC, beheer van niet-conformiteiten.
    Per SSC wordt een beschrijving verwacht van de gevolgde normen en regels (+ argumentatie), identificatie van de constructiestappen, evaluatie van de doenbaarheid van de constructie, identificatie van de mogelijke niet-conformiteiten en de manier waarop ze zullen worden behandeld.
    Beoordeling FANC en Bel V: Algemeen gaan FANC en Bel V akkoord met de voorgestelde constructiemethodes, -sequenties en -materialen. Gegeven het grote belang voor de lange termijn veiligheid van een gedegen constructie, vragen FANC en Bel V echter aan NIRAS om tegen de tweede Wetenschappelijke Raad een door FANC en Bel V goedgekeurde lijst van procedures voor te leggen die van toepassing zullen zijn tijdens de constructie van de installaties.
    Verder hebben FANC en Bel V wel volgende aandachtspunten geïdentificeerd betreffende de constructie van de eerste 20 modules:
    - NIRAS zal bij de constructie van de modulemuren deze in één keer gieten. Hoewel dit uit de optimaliseringsoefening als optimale oplossing werd geselecteerd, zijn er praktische uitdagingen verbonden aan deze methode. De uitvoering bij de eerste module zal moeten uitwijzen of deze methode succesvol is. De hoge wapeningsdensiteit in combinatie met dit gieten in één keer, gebruik makend van een klassieke betonsamenstelling, resulteert in een hoger risico op grindnesten bij de constructie. Dit is een belangrijk aandachtspunt voor FANC en Bel V dat ze van nabij zullen opvolgen.
    - De wapeningsdekking is een gegeven dat rechtstreeks verbonden is met de levensduur van de betonnen componenten, aangezien NIRAS carbonatatie van beton heeft geïdentificeerd als het belangrijkste degradatiemechanisme voor het beton van de installatie. Gezien de wapeningsdekking het wapeningsstaal beschermt tegen de corrosie als gevolg van de pH verlaging door carbonatatie, zal NIRAS een dekking van 4,5 cm voorzien met een tolerantie van ±0,5 cm. Hoewel FANC en Bel V een grotere dekking mogelijk achten, is deze dekking, in combinatie met het gebruik van een controlled permeability formwork (CPF)-liner, die de permeabiliteit van het beton kort bij het oppervlak zal verminderen, een aanvaardbare oplossing. Er zijn echter twee bemerkingen:
      - Het gebruik van een CPF-liner kan bij loskomen van de liner non-conformiteiten geven ten aanzien van de wapeningsdekking door de afdrukken van plooien die in de wand kunnen ontstaan. Dit is een aandachtspunt dat FANC en Bel V zullen opvolgen.
      - De tolerantie van 5 mm op de wapeningsdekking is kleiner dan de normatieve tolerantie van 10 mm uit [7]. Hoewel deze tolerantie gehanteerd kan worden bij prefab elementen, is het gebruik van zulk een kleine tolerantie op schaal van een grote buitenwerf niet voor de hand liggend. Gegeven het belang van een voldoende wapeningsdekking en de kleine gehanteerde tolerantie, zal NIRAS

sowieso dienen over te gaan tot een 100% controle van de wapeningsdekking na constructie van elk onderdeel van de module. Hiervoor zullen FANC en Bel V een nauwgezette opvolging voorzien.

- De constructie van de drainagegoten in de modulevloer is eveneens een aandachtspunt voor FANC en Bel V. Het zal niet evident zijn om deze goten mee in te gieten en op de correcte positie te houden bij het storten van het beton. FANC en Bel V zullen dit van nabij opvolgen.
- De betontemperatuur bij het uitharden is eveneens een aandachtspunt voor FANC en Bel V. Teneinde aantasting door laattijdige vorming van ettringiet (Delayed Ettringite Formation of 'DEF') te vermijden, dient de betontemperatuur onder de 65°C te blijven, wat voor massieve structuren een moeilijkheid kan zijn. NIRAS heeft wel een gepast metingsprogramma van deze temperatuur voorgesteld. FANC en Bel V zullen dit verder opvolgen.
- Voor de afdekking zijn FANC en Bel V eveneens akkoord met de voorgestelde constructietechnieken. Het feit dat NIRAS gedurende lange tijd een proeftumulus zal testen, beschouwen ze als een goede praktijk. Als aandachtspunt identificeren ze verder dat het belangrijk zal zijn voor de performantie en levensduur van de vezelversterkte topplaat dat er een homogene vezelverdeling is in het beton van de plaat. De plaat zal echter pas bij het aanbrengen van de afdekking worden geconstrueerd, dus dit aspect zal op dat moment verder worden opgevolgd.

- §8.7 Conformiteitscriteria
  - Oplijsten van de criteria die aantonen dat de 'as built' SSC's die een veiligheidsfunctie hebben conform zijn met de technische vereisten en dus de in de veiligheidsanalyse verwachte performantie zullen hebben (operationeel en/of lange termijn). Er wordt een beschrijving verwacht van het conformiteitscriterium, de basis waarop het gestoeld is, de methodes/normen/regels die gebruikt zullen worden om de criteria te verifiëren en de link met de performantie-indicatoren.
    Beoordeling FANC en Bel V: De conformiteitscriteria worden duidelijk opgelijst en uitgelegd en de manier waarop ze geverifieerd zullen worden is duidelijk omschreven. Dit laatste is nog verder in detail uit te werken in het kader van de ontwikkeling van het QA/QC-programma (zie volgende §).
- §8.8 Kwaliteitsborging en kwaliteitscontrole
  - Voor de SSC's belangrijk voor de veiligheid wordt een beschrijving verwacht van de kwaliteitsborging en de kwaliteitscontrole (normen, voornaamste elementen, …).
    Beoordeling FANC en Bel V: FANC en Bel V gaan akkoord met de voorgestelde principes van de kwaliteitsborging en behandeling van niet-conformiteiten, maar stellen dat het programma momenteel nog niet uitgewerkt is. Gegeven het grote belang voor de lange termijn veiligheid van de barrières, en dus de bevestiging van conformiteit van de barrières met de ontwerpvereisten via kwaliteitscontroles, vragen FANC en Bel V daarom aan NIRAS om tegen de tweede Wetenschappelijke Raad:
    - een QA/QC-programma voor te leggen dat zal doorlopen worden tijdens de bouw, samen met de rechtvaardiging dat dit programma afdoende de conformiteitscriteria van de bouw afdekt;

- de ontwerpprocedure voor te leggen die de behandeling van niet-conformiteiten vastlegt.

8.2.2. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad

Minimaal dient voor de eerste zitting van de wetenschappelijke raad aan volgende voldaan te zijn:

- De ontwerp-inputs dienen de nodige basiselementen te bevatten en duidelijk te zijn (veiligheidsprincipes...).
  Beoordeling FANC en Bel V: De ontwerpintputs worden ontwikkeld in het hoofdstuk 2. Ze zijn duidelijk (zie hoofdstuk 2 beoordeling).
- De ontwerpvereisten dienen duidelijk te zijn, aanvaardbaar en in overeenstemming met de ontwerp-inputs.
  Beoordeling FANC en Bel V: De ontwerpvereisten zijn duidelijk en aanvaardbaar. De manier waarop ze afgeleid werden maakt dat ze in overeenstemming zijn met de ontwerp-inputs. Dit werd in het hoofdstuk 2 afgeleid en gedocumenteerd (zie hoofdstuk 2 beoordeling).
- De ontwerpongevallen en incidenten dienen gekend te zijn, zowel operationeel als lange termijn.
  Beoordeling FANC en Bel V: De ontwerpbasisvoorvallen worden voorgesteld en hun weerhouden terugkeerperiodes worden geargumenteerd. De voorvallen zijn aanvaardbaar voor FANC en Bel V.
- De lay-out van de SSC's dient vast te liggen. Hun classificatie en ontwerpbasis moet gekend zijn.
  Beoordeling FANC en Bel V: De lay-out van de SSC's is duidelijk. Er zijn ook voldoende plannen ontwikkeld om deze te begrijpen en vast te leggen. NIRAS heeft een voor FANC en Bel V aanvaardbaar classificatiesysteem ontwikkeld voor de SSC's.
- De doenbaarheid van de bouw van de SSC's dient te zijn aangetoond met speciaal aandacht voor nieuwe of moeilijke technieken.
  Beoordeling FANC en Bel V: De doenbaarheid van de bouw werd gedeeltelijk aangetoond via een aantal testopstellingen van delen van de module (demo test van 1/8 van een module op gereduceerde hoogte en verschillende hoge muren met een beperkte breedte), doch het is voor FANC en Bel V niet zeker of NIRAS in staat zal zijn om de volledige constructie conform alle criteria te bouwen – zie in deze de opmerkingen in §8.2.1 aangaande o.a. de wapeningsdekking, drainagegoten…
- De conformiteitscriteria voor de SSC's dienen vast te liggen en in overeenstemming te zijn met de ontwerpvereisten. De manier waarop geverifieerd zal worden dat men eraan voldoet en de doenbaarheid ervan moet duidelijk zijn. De basis voor de behandeling van niet-conformiteiten moet duidelijk zijn.
  Beoordeling FANC en Bel V: De vereisten en criteria worden in het hoofdstuk 8 ontwikkeld. De criteria liggen vast en zijn in lijn met de ontwerpvereisten. De verificatiewijze is duidelijk. Enkel de basis voor de behandeling van de niet-conformiteiten is beschreven in hoofdstuk 8. Deze is echter verder uit te werken tegen de tweede Wetenschappelijke Raad.
- De principes/technieken van de kwaliteitsborging en kwaliteitscontrole bij de selectie van materialen en de bouw dient gekend te zijn.
  Beoordeling FANC en Bel V: De grote lijnen van de kwaliteitsborging en kwaliteitscontrole worden gegeven, maar echter heel summier. Dit is verder uit te werken tegen de tweede Wetenschappelijke Raad.

8.3. Conclusies FANC en Bel V

De gegeven informatie aangaande het ontwerp en de constructie van de berging is voor FANC en Bel V volledig en kan dus worden voorgelegd aan de Wetenschappelijke Raad.

De beschrijvingen van het ontwerp en de constructie van de berging voldoet aan de reglementaire vereisten en de verwachtingen van FANC en Bel V. De veiligheidsautoriteit heeft wel de volgende bemerkingen:

36. NIRAS gebruikt niet de laatste versies van de codes en normen.
37. Er werden een aantal aandachtspunten geïdentificeerd met betrekking tot het ontwerp:
    - De sulfaatresistentie van de ondoorlatende topplaat dient voor FANC en Bel V minimaal aan de voorwaarden van XA3 volgens NBN B 15-001:2018 te voldoen.
    - De helling van de buizen van het drainagesysteem is heel klein en de evolutie ervan in de tijd, in functie van de evoluerende zettingen, is op te volgen, teneinde de afwatering te kunnen verzekeren.
    - Zettingen en potentiële scheurvorming in de inspectiegalerij.
    - Opvulling van de gaten ter hoogte van de semi-doorgaande bekistingstrekkers.
38. De informatie aangaande de instrumentatie en controle is zeer gering en dient uitgewerkt te worden.
39. Er werden een aantal aandachtspunten geïdentificeerd door FANC en Bel V betreffende de constructie:
    - De constructie van de modulemuren in één keer met een klassiek beton is niet voor de hand liggend.
    - De (te) kleine tolerantie op de wapeningsdekking.
    - De maximale uithardingstemperatuur van het beton (T < 65 °C), om het risico op Delayed Ettringite Formation (DEF) te kunnen uitsluiten.
    - De constructie van de drainagegoten in de modulevloer.
    - De homogene vezelverdeling in de vezelversterkte topplaat.
40. Het QA/QC-programma en de behandeling van niet-conformiteiten zijn momenteel nog in een weinig ontwikkeld stadium en dienen verder uitgewerkt voor de start van de bouw.

In functie van hun analyse concluderen FANC en Bel V dat de vereisten waaraan voldaan moest worden voor de eerste Wetenschappelijke Raad, positief zijn ingevuld.
Op basis van deze elementen oordelen FANC en Bel V dat de voorgestelde beschrijving van het ontwerp en de constructie van de berging als aanvaardbaar kan beschouwd worden.
Echter wordt door FANC en Bel V, in navolging van de gegeven bemerkingen, aan de Wetenschappelijke Raad geadviseerd om de volgende elementen te vragen voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad:

41. De mogelijke invloed nagaan van de delta tussen de oudere, door NIRAS aangewende, normen, en de huidige normen op het ontwerp en de constructie van de betononderdelen.
42. Uitwerken van de voorziene instrumentatie, regeling en sturing van de inrichting, alsook de wijze waarop deze gekwalificeerd zal worden.
43. Een lijst van procedures die van toepassing zullen zijn tijdens de constructie.
44. Een QA/QC-programma voorleggen dat zal doorlopen worden tijdens de bouw, samen met de rechtvaardiging dat dit programma afdoende de conformiteitscriteria van de bouw afdekt.
45. Een ontwerpprocedure voorleggen die de behandeling van de niet-conformiteiten vastlegt.

9. Uitbating

9.1. Context

Het hoofdstuk uitbating geeft een overzicht van de verschillende processen en activiteiten (functionele beschrijving) die er zijn tijdens de verschillende fases en periodes en dit vanaf de bouw tot de sluiting van de oppervlakteberging;
Het hoofdstuk bevat eveneens de uitbatingsfilosofie, te omschrijven in functie van deze processen en activiteiten.

9.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk

In deze paragraaf worden kort de verwachtingen van FANC en Bel V aangaande dit hoofdstuk weergegeven, alsook de invulling die er door NIRAS aan gegeven werd. In §9.2.1 wordt per paragraaf van het hoofdstuk een oplijsting gemaakt van welke aspecten beschreven zouden moeten zijn in dit hoofdstuk, en in kleur de beoordeling van deze aspecten in het hoofdstuk door FANC en Bel V. Vervolgens wordt in §9.2.2 een opsomming gemaakt van de vereisten die voor FANC en Bel V minimaal in te vullen zijn voorafgaand aan de eerste zitting van de Wetenschappelijke Raad, alsook in kleur de beoordeling door FANC en Bel V van de invulling ervan door NIRAS.

9.2.1. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling

- §9.2 Uitbatingsfilosofie
    - Beschrijving van de uitbatingsfilosofie, de tijdens de uitbating gehanteerde principes, de functionele beschrijving van de installatie en zijn voornaamste uitrustingen en een overzicht van de processen nodig voor het realiseren van de doelstelling.
      Beoordeling FANC en Bel V: Dit is aanvaardbaar. Enkele sleutelaspecten van de uitbating zijn: zo veel als mogelijk bediening van op afstand en beperking van de toegang tot de bewaakte en gecontroleerde zone. Verder zal NIRAS ook, alvorens de bergingsinrichting opgeleverd wordt, een gedetailleerd uitbatingshandboek opstellen waarin alle processen en procedures voor normale of abnormale uitbating zullen worden beschreven.
- §9.3 Uitbatingsactiviteiten en procesbeschrijving
    - Precommissioning en commissioning testen: Beschrijving van de activiteiten die zullen gebeuren teneinde over te gaan tot de commissioning
      Beoordeling FANC en Bel V: Een koude (precommissioning) en warme inbedrijfstelling (commissioning) wordt voorzien door NIRAS waarbij de nodige conformiteitscontroles en opstarttesten zullen worden uitgevoerd.
    - Verificatie en aanvaarding van monolieten: Beschrijving van de handelingen bij ontvangst, verificatie en aanvaarding van de bergingscolli
      Beoordeling FANC en Bel V: De verschillende stappen in de verificatie en aanvaarding van monolieten worden op een voldoende gedetailleerde manier besproken in deze paragraaf.
    - Transfer van monolieten van IPM tot in de modules: Beschrijving van de activiteiten bij het transporteren vanuit de IPM van de monolieten, en het ontladen van de monolieten op de site.
      Beoordeling FANC en Bel V: Dit aspect wordt in voldoende detail besproken, inclusief een processchema.

- Opvulstrategie: Beschrijving van de processen, methodes en systemen die tussenkomen in de opvulling van de modules met monolieten.
  Beoordeling FANC en Bel V: Dit aspect wordt in voldoende detail besproken.
- Behandeling van secundaire afvalstromen: Beschrijving van de secundaire afvalstromen en beschrijving van de processen, systemen en uitrustingen nodig voor de identificatie, karakterisering en behandeling van effluenten.
  Beoordeling FANC en Bel V: Dit aspect wordt in voldoende detail besproken, inclusief processchema's. NIRAS vermeldt in dit kader dat de monitoringactiviteiten vast afval (filterdoekjes) zullen genereren die zullen worden afgevoerd naar Belgoprocess. FANC en Bel V zijn echter van mening dat deze doekjes in normale omstandigheden geen radioactief afval zullen vormen aangezien er geen uitwendige besmetting verwacht wordt.
- Afdichting van de modules: Beschrijving van de processen, methodes en systemen die tussenkomen in de sluiting van de installaties, met inbegrip van de controles en verificaties.
  Beoordeling FANC en Bel V: Dit aspect wordt in voldoende detail besproken, inclusief processchema's.
- Plaatsing van de eindafdekking: Beschrijving van de processen, methodes en systemen die tussenkomen in het plaatsen van de eindafdekking van de installaties, met inbegrip van de controles en verificaties.
  Beoordeling FANC en Bel V: Dit aspect wordt in voldoende detail besproken, inclusief processchema's.
- Interface tussen bouwactiviteiten en uitbatingsactiviteiten: Beschrijven hoe de zones zullen gedefinieerd worden tijdens de bouwactiviteiten die samenvallen met de uitbatingsactiviteiten (middelen, procedures) en hoe de interferenties zullen worden vermeden.
  Beoordeling FANC en Bel V: Dit aspect wordt in voldoende detail besproken.
- Onderhoud van de installatie en uitrustingen: Beschrijving van het opvolgingsprogramma met daarin de testen, inspecties, onderhoud en de manier waarop de beschikbaarheid van de SSC zal worden verzekerd.
  Beoordeling FANC en Bel V: Dit aspect wordt in voldoende detail besproken.
- Opvolgingsactiviteiten en verouderingsbeheer: Beschrijving van de opvolgingsactiviteiten die zullen plaatsvinden (taken m.b.t. identificatie en lokalisatie colli, inventaris, monitoring…) en van het programma m.b.t. verouderingsbeheer.
  Beoordeling FANC en Bel V: Dit aspect wordt in voldoende detail besproken. Ook de terugneembaarheid van een monoliet, beschreven a.d.h.v. processchema's komt hierbij aan bod.

- §9.4 Maatregelen bij abnormale uitbatingsomstandigheden
  - Beschrijving van de maatregelen die bij abnormale uitbatingsomstandigheden worden genomen teneinde de veiligheid te kunnen garanderen
    Beoordeling FANC en Bel V: Voor de gebeurtenissen die mogelijke gevolgen kunnen hebben op de inrichting verwijst NIRAS naar hoofdstuk 13 van het veiligheidsrapport. Verder meldt NIRAS dat het STAR-model (stop, think, act en review) zal gehanteerd worden als filosofie bij een abnormale situatie. In dit kader zal steeds een "storingsfiche" worden opgesteld. FANC en Bel V kunnen hiermee akkoord gaan.
- §9.5 Uitbatingsprocedures
  - Oplijsten van de uitbatingsprogramma's en procedures, georganiseerd per activiteit of per proces.

Beoordeling FANC en Bel V: In deze paragraaf wordt een lijst van categorieën opgesomd waarvoor de processen en procedures zullen opgenomen worden in het gedetailleerd uitbatingshandboek. Voor FANC en Bel V is deze opsomming volledig.

- §9.6 Noodplan
  - Beschrijving van het noodplan (inclusief doelstelling, organisatie…)
    Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS heeft een intern noodplan uitgewerkt waarin de doelstelling en de organisatie op afdoende wijze verduidelijkt zijn. Verder zal de bergingsinrichting opgenomen worden in de periodieke organisatie van de noodplanoefeningen.
- §9.7 Naspeurbaarheid en behoud van geheugen:
  - Beschrijving van de gehanteerde methodes en processen die toelaten alle gegevens met betrekking tot alle deelaspecten van de uitbating, en specifiek ook de gegevens met betrekking tot de karakteristieken van het geborgen afval, te beheren en behouden in de tijd.
    Beoordeling FANC en Bel V: In eerste instantie wordt een overzicht gegeven van de data die zeker bewaard zullen worden en verder wordt ook in voldoende mate toegelicht hoe de data zullen bewaard worden (zowel op harde drager als virtueel). Dit is aanvaardbaar voor FANC en Bel V.
- §9.8 Beheersysteem en totaal kwaliteitssysteem
  - Beschrijving van het proces dat zal garanderen dat tijdens de uitbating de bergingsactiviteiten en het te geborgen afval voldoen aan de voorwaarden in de oprichtings- en exploitatievergunning.
    Beoordeling FANC en Bel V: Met behulp van een IS0-9011:2015-certificering zullen de activiteiten m.b.t. kwaliteitsmanagement worden verankerd in de verschillende processen van het beheersysteem. Dit is aanvaardbaar voor FANC en Bel V.
- §9.9 Bepaling van de uitbatingslimieten
  - Beschrijving van de manier waarop de uitbatingslimieten en voorwaarden zijn opgesteld en waar ze hun oorsprong vinden. Link leggen met de voorwaarden in de oprichtings- en exploitatievergunning
    Beoordeling FANC en Bel V: Voor de uitbatingslimieten wordt verduidelijkt waar deze hun oorsprong vinden. De link tussen de uitbatingslimieten en de oprichtings- en exploitatievergunning wordt gelegd.
- §9.10 Rapportering
  - Beschrijving van hoe de informatie m.b.t. uitbating gedocumenteerd en gecommuniceerd wordt aan de verschillende bevoegde autoriteiten.
    Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS meldt dat elk incident of elke afwijking van de normale bedrijfsvoering aan de veiligheidsautoriteit zal gemeld worden en dat voor nucleaire incidenten de geldende regelgeving zal gevolgd worden. Verder zal NIRAS periodiek (minimaal jaarlijks) de veiligheidsautoriteiten informeren over de evolutie van de bergingsinrichting (opvulplannen, operationele parameters…).

9.2.2. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad

Minimaal dient voor de eerste zitting van de wetenschappelijke raad aan volgende voldaan te zijn:

- Voldoende gedetailleerde beschrijving van de uitbatingsfilosofie, de uitbatingsactiviteiten en uitbatingsprocessen die toelaten om over de adequaatheid ervan te oordelen.
  Beoordeling FANC en Bel V: Het niveau van detail van dit hoofdstuk is aanvaardbaar voor wat

betreft de toekomstige uitbatingsfilosofie, uitbatingsactiviteiten en de uitbatingsprocessen voldoende en in functie hiervan oordelen FANC en Bel V dat de voorziene uitbating in lijn is met de verwachtingen van FANC en Bel V.

9.3. Conclusies FANC en Bel V

De gegeven informatie aangaande de uitbating is voor FANC en Bel V volledig en kan dus worden voorgelegd aan de Wetenschappelijke Raad.
De uitbatingsfilosofie, -activiteiten en -processen voldoen aan de reglementaire vereisten en de verwachtingen van FANC en Bel V. De veiligheidsautoriteit heeft geen bemerkingen.

In functie van hun analyse concluderen FANC en Bel V dat de vereisten waaraan voldaan moest worden voor de eerste wetenschappelijke raad, positief zijn ingevuld.
Op basis van deze elementen oordelen FANC en Bel V dat de voorgestelde uitbating als aanvaardbaar kan beschouwd worden.

10. Sluiting van de berging

10.1. Context

De fase van sluiting van de bergingsinstallatie houdt het realiseren van de werkzaamheden in die toelaten de installatie in haar definitieve configuratie te brengen.

De sluiting van de bergingsinstallatie zal gebeuren op het einde van de operationele periode.

In de initiële vergunningsaanvraag dient de exploitant aan te tonen dat het verwezenlijken van de sluiting van de bergingsinstallatie, met het vereiste niveau van veiligheid (met marge), uitvoerbaar is.

De doelstellingen van dit hoofdstuk zijn onder andere:

- Beschrijven van de voor de bergingsinstallatie beoogde finale configuratie;
- Beschrijven van de werkzaamheden om deze te bereiken en preciseren van de beoogde fasering, en;
- Voorstellen van de argumentatie die de beslissing tot sluiting ondersteunt.

10.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk

In deze paragraaf worden kort de verwachtingen van FANC en Bel V aangaande dit hoofdstuk weergegeven, alsook de invulling die er door NIRAS aan gegeven werd. In §10.2.1 wordt per paragraaf van het hoofdstuk een oplijsting gemaakt van welke aspecten beschreven zouden moeten zijn in dit hoofdstuk, en in kleur de beoordeling van deze aspecten in het hoofdstuk door FANC en Bel V. Vervolgens wordt in §10.2.2 een opsomming gemaakt van de vereisten die voor FANC en Bel V minimaal in te vullen zijn voorafgaand aan de eerste zitting van de Wetenschappelijke Raad, alsook in kleur de beoordeling door FANC en Bel V van de invulling ervan door NIRAS.

10.2.1. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling

- §10.2 Beschrijving van de finale configuratie
    - Bevat de beschrijving van de finale configuratie, samen met de argumentatie dat de berging zo vlug mogelijk in zijn finale configuratie wordt gebracht…
      Beoordeling FANC en Bel V: In §10.2 wordt de finale configuratie besproken. De argumentatie dat de berging zo snel mogelijk in haar finale configuratie wordt gebracht kan in §10.4 gevonden worden (zie hieronder).
- §10.3 Sluitingsplan
    - Beschrijving van het sluitingsplan met daarin de werkzaamheden die nodig zijn om de installatie in haar finale configuratie te brengen, de verschillende etappes van deze werkzaamheden en de conformiteitstesten en controles die voorzien worden bij de oplevering van de sluitingswerkzaamheden.
      Beoordeling FANC en Bel V: De verschillende etappes worden kort besproken in deze paragraaf. Het betreft de volgende stappen: (1) opvulling van de leiding komende van de ondersteunende plaat, (2) opvulling van de ruimte tussen de funderingsplaat en de ondersteunende plaat, (3) opvulling van de centrale inspectiegalerij en de verbindingstunnels, en (4) ontmanteling van de WCB en aanpassing van de site. Het niveau van detail is voldoende voor de huidige fase van het project.

- §10.4 Argumentatie die de beslissing tot sluiting ondersteunt
    - Beschrijving en argumentatie van de elementen die de beslissing tot sluiting zullen ondersteunen.
      Beoordeling FANC en Bel V: Voor het bepalen van het tijdstip van de sluitingsfase dient een afweging gemaakt te worden tussen enerzijds voldoende tijd voor monitoring en bevestiging goede werking van het systeem en anderzijds het zo snel mogelijk bereiken van de finale configuratie. In functie van deze afweging stelt NIRAS een periode van 45 jaar voorop voor fase Ib om eventuele afwijkingen bij de constructie te detecteren en remediëren. Volgens NIRAS draagt het feit dat enkel inspectiegalerij en inspectieruimtes tijdens de sluitingsfase opgevuld moeten worden, en het feit dat de afdekking zo snel mogelijk na het vullen van de modules wordt geplaatst, bij tot de justificatie van de periode van 45 jaar. FANC en Bel V zien de periode van 45 jaar als een redelijke waarde, alhoewel deze waarde arbitrair werd gekozen.

10.2.2. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad

Minimaal dient voor de eerste zitting van de wetenschappelijke raad aan volgende voldaan te zijn:

- Het sluitingsplan, de uitvoerbaarheid van dit plan en het aantonen dat de berging zo snel als mogelijk in zijn finale configuratie wordt gebracht dienen aanwezig te zijn; hoewel in het stadium van de initiële vergunningsaanvraag dit niveau nog summier kan zijn.
  Beoordeling FANC en Bel V: Deze aspecten zijn allemaal aanwezig in het veiligheidsrapport, zij het momenteel zonder veel detail, maar dit is voldoende voor de huidige projectfase.
- De argumentatie die de beslissing tot sluiting zal ondersteunen dient aanwezig te zijn. Beoordeling FANC en Bel V: Deze argumentatie is aanwezig en FANC en Bel V kunnen akkoord gaan met de arbitrair gekozen duur van 45 jaar voor fase Ib.

10.3. Conclusies FANC en Bel V

De gegeven informatie aangaande de sluiting van de berging en de argumentatie tot beslissing tot sluiting is voor FANC en Bel V volledig en kan dus worden voorgelegd aan de Wetenschappelijke Raad. De beschrijvingen van de sluiting van de berging en de argumentatie tot beslissing tot sluiting voldoet aan de reglementaire vereisten en de verwachtingen van FANC en Bel V. De veiligheidsautoriteit geen bemerkingen.
In functie van hun analyse concluderen FANC en Bel V dat de vereisten waaraan voldaan moest worden voor de eerste wetenschappelijke raad, positief zijn ingevuld.
Op basis van deze elementen oordelen FANC en Bel V dat de voorgestelde beschrijving van de sluiting van de berging en de argumentatie tot beslissing tot sluiting als aanvaardbaar kan beschouwd worden.

11. Maatregelen na sluiting (controlefase)

11.1. Context

De controlefase maakt deel uit van de post-sluiting periode en vangt dus aan na sluiting van de bergingsinstallatie.
Het door de exploitant tijdens de controlefase in werking gestelde toezichtsprogramma moet toelaten om:

- Aan de hand van het monitoringsprogramma te bevestigen dat de installatie zich gedraagt en evolueert zoals voorzien;
- Elke menselijke intrusie in de installatie te verhinderen.

De exploitant zal vanaf de aanvraag van de vergunning de grote lijnen voorstellen van het toezichtsprogramma dat hij plant in werking te stellen tot aan de opheffing van de nucleaire reglementaire controle.
De doelstelling van dit hoofdstuk zijn:

- Beschrijven van het geheel van activiteiten (toezichtsprogramma) die tijdens de controlefase zullen uitgevoerd worden;
- Nader omschrijven van de schikkingen die toelaten progressief over te gaan van een programma met actieve en passieve maatregelen naar louter passieve maatregelen;
- Verduidelijken van de argumentatie op basis waarvan de beslissing tot opheffing van de reglementaire nucleaire controle op termijn zal kunnen genomen worden.

11.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk

In deze paragraaf worden kort de verwachtingen van FANC en Bel V aangaande dit hoofdstuk weergegeven, alsook de invulling die er door NIRAS aan gegeven werd. In §11.2.1 wordt beschreven op welke wijze de antwoorden op de vragen van FANC en Bel V in rekening worden gebracht in het vergunningsaanvraagdossier. In §11.2.2 wordt per paragraaf van het hoofdstuk een oplijsting gemaakt van welke aspecten beschreven zouden moeten zijn in dit hoofdstuk, en in kleur de beoordeling van deze aspecten in het hoofdstuk door FANC en Bel V. Vervolgens wordt in §11.2.3 een opsomming gemaakt van de vereisten die voor FANC en Bel V minimaal in te vullen zijn voorafgaand aan de eerste zitting van de Wetenschappelijke Raad, alsook in het groen de beoordeling door FANC en Bel V van de invulling ervan door NIRAS.

11.2.1. Manier waarop de antwoorden op de vragen van FANC en Bel V in rekening worden gebracht in het vergunningsaanvraagdossier

De antwoorden op de vragen van FANC en Bel V, die voorafgaand aan de eerste Wetenschappelijke Raad dienden beantwoord te worden, werden op een correcte manier opgenomen in het vergunningsaanvraagdossier.

11.2.2. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling

- §11.2 Activiteiten tijdens de controlefase
    - Identificatie van de activiteiten tijdens de controlefase en hun evolutie.
      Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS heeft de volgende activiteiten geïdentificeerd tijdens de controlefase:
        - Activiteiten ter verhindering van menselijke intrusie;
        - Activiteiten om te bevestigen dat de berging zich gedraagt en evolueert zoals voorzien;
        - Activiteiten aangestuurd vanuit het beheersysteem.

      FANC en Bel V kunnen akkoord gaan met de geïdentificeerde activiteiten en hun evolutie (passieve en actieve maatregelen).

- Doelstellingen van deze verschillende activiteiten.
  Beoordeling FANC en Bel V: De doelstelling van de verschillende activiteiten wordt op afdoende wijze uitgelegd in deze paragraaf. Het niveau van detail van de uitwerking van de activiteiten is momenteel nog beperkt aangezien de gehanteerde technieken voor het uitvoeren van de activiteiten binnen een honderdtal jaar hoogstwaarschijnlijk andere zullen zijn dan deze die nu voorzien worden. In dit kader is het belangrijk om op te merken dat de voorziene activiteiten geen ontwikkeling van nieuwe technieken noodzaken.
- Beschrijving van het beheersysteem tijdens de controlefase.
  Beoordeling FANC en Bel V: Het beheersysteem tijdens de controlefase zal voornamelijk een voortzetting zijn van het beheersysteem tijdens de operationele fase. Het behoud van financiële middelen wordt in rekening gebracht om tijdens de controlefase te voorzien in het onderhoud van, en het toezicht op, de bergingsinrichting. Dit is aanvaardbaar voor FANC en Bel V.

- §11.3 Overgang van de actieve naar de passieve maatregelen
  - Beschrijving van de schikkingen voorzien om een overgang te verzekeren van actieve en passieve maatregelen naar enkel passieve maatregelen
    Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS stelt dat de geleidelijke vermindering van actieve maatregelen gejustifieerd zal dienen te worden tijdens toekomstige periodieke veiligheidsherzieningen en dat deze justificaties zullen moeten goedgekeurd worden door de veiligheidsautoriteit. Verder geeft NIRAS ook een beperkte beschrijving van de activiteiten waarvoor een overgang naar louter passieve maatregelen mogelijk is. Voor FANC en Bel V is de huidig voorgestelde aanpak en beschrijving voldoende voor de huidige projectfase.
- §11.4 Argumentatie tot opheffing van de oprichtings- en exploitatievergunning
  - Beschrijving van de elementen op basis waarvan de exploitant op termijn zal overgaan tot het vragen van de opheffing van de nucleaire reglementaire controle.
    Beoordeling FANC en Bel V : NIRAS voorziet de volgende vier voorwaarden voor de opheffing van de Nucleaire Reglementaire Controlefase:
    - De directe en uitgestelde radiologische impact voor de onopzettelijke menselijke intrusie valt binnen de referentiewaarde van 3 mSv per intrusie voor directe effecten of per jaar voor uitgestelde effecten;
    - Actieve maatregelen van onderhoud of herstelling zijn niet meer nodig teneinde te kunnen garanderen dat de maximale dosisimpact de waarde van 0,1 mSv/a niet overschrijdt.
    - De evolutie in de tijd van de monitoringsresultaten en de te bevestigen indicatoren zoals beschreven in het veiligheidsrapport zijn voldoende bevredigend, het gaat a minima over:
      - het radiologisch monitoringsprogramma tijdens de Nucleaire Reglementaire Controlefase en de overeenkomstige actieniveaus;
      - de bevestiging van de geotransferfactor.
    - Toezicht, onderhoud en reparaties van de afdekking hebben de afdekking in een dusdanige staat gehouden zodat de veiligheid op lange termijn gegarandeerd wordt.

    Op basis van deze vier voorwaarden, waarvan de eerste voorwaarde de meest beperkende voorwaarde is, oordeelt NIRAS dat een duur van 250 jaar voor de Nucleaire Reglementaire Controlefase – wat overeenkomt met 350 jaar na de start van de exploitatie – gerechtvaardigd is.
    FANC en Bel V gaan hiermee akkoord, maar merken wel op dat in de leidraad

"Note stratégique" [8] in §7.3 ook gevraagd wordt om een optimalisatie uit te voeren van de duur van de Nucleaire Reglementaire Controlefase.
Aangezien NIRAS in haar veiligheidsdossier zelf aangegeven heeft dat de eerste voorwaarde, namelijk het feit dat de directe en uitgestelde radiologische impact voor de onopzettelijke menselijke intrusie, de beperkende voorwaarde is, oordelen FANC en Bel V dat deze optimalisatie nog niet is gebeurd. Het is misschien mogelijk dat de duur van de Nucleaire Reglementaire Controlefase in belangrijke mate kan beperkt worden door het verwijderen van enkele 'kritische' colli of bergingscolli uit de bronterm, wat de veiligheid ten goede komt.

11.2.3. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad

Minimaal dient voor de eerste zitting van de wetenschappelijke raad aan volgende voldaan te zijn:

- Beschrijving van de geplande activiteiten tijdens de controlefase en hun doelstelling
  Beoordeling FANC en Bel V: De geplande activiteiten tijdens de controlefase en hun doelstelling wordt op voldoende wijze beschreven in het veiligheidsrapport hoofdstuk 11. Het niveau van detail van de beschrijving is voldoende om de haalbaarheid van het praktisch uitvoeren van de geplande activiteiten als positief te beoordelen.
  Argumentatie tot opheffing van de oprichtings- en exploitatievergunning.
  Beoordeling FANC en Bel V: FANC en Bel V kunnen akkoord gaan met de argumentatie op basis van de vier voorwaarden voor de opheffing van de Nucleaire Reglementaire Controlefase. Op basis van deze argumentatie stelt NIRAS een duur van 250 jaar voorop voor de Nucleaire Reglementaire Controlefase. FANC en Bel V kunnen leven met deze duur, maar vragen wel aan NIRAS om een optimaliseringsoefening uit te oefenen van deze duur in lijn met de FANC-leidraad "Note stratégique" [8].

11.3. Conclusies FANC en Bel V

De gegeven informatie aangaande de te nemen maatregelen na sluiting (tijdens de controlefase) is voor FANC en Bel V volledig en kan dus worden voorgelegd aan de Wetenschappelijke Raad.
De beschrijving van de geplande activiteiten en de argumentatie tot opheffing van de oprichtings- en exploitatievergunning voldoen aan de reglementaire vereisten en de verwachtingen van FANC en Bel V. De veiligheidsautoriteit heeft wel de volgende bemerkingen:

46. Er is geen optimaliseringsoefening uitgevoerd m.b.t. de duur van de Nucleaire Reglementaire Controlefase.

In functie van hun analyse concluderen FANC en Bel V dat de vereisten waaraan voldaan moest worden voor de eerste wetenschappelijke raad, positief zijn ingevuld.
Op basis van deze elementen oordelen FANC en Bel V dat de voorgestelde maatregelen na sluiting en de argumentatie tot opheffing van de oprichtings- en exploitatievergunning als aanvaardbaar kunnen beschouwd worden.
Echter wordt door FANC en Bel V, in navolging van de gegeven bemerkingen, aan de Wetenschappelijke Raad geadviseerd om het volgende te vragen voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad:

47. Een optimaliseringsoefening ten aanzien van de duur van de Nucleaire Reglementaire Controlefase in functie van het verwijderen van een aantal kritische colli of bergingscolli uit de voorziene bronterm.

12. Stralingsbescherming

12.1. Context

Stralingsbescherming is van toepassing op al de tijdsfases van de bergingsinstallatie: dus vanaf de conceptuele fase voorafgaand aan de vergunningsaanvraag tot en met de controlefase na het sluiten van de bergingsinstallatie. Na deze controlefase wordt het ALARA-principe verzekerd door het toepassen van de veiligheidsstrategie, die gedefinieerd wordt in het hoofdstuk 2 en geëvalueerd wordt in het hoofdstuk 14.

In dit hoofdstuk komen de aspecten met betrekking tot stralingsbescherming aan bod, zoals de bronterm, afscherming, de zonering van de installatie, de dosisevaluatie voor werknemers en het publiek.

De schatting van de dosis tijdens de operationele periode bij incidentele en accidentele omstandigheden is ontwikkeld in het hoofdstuk 13, terwijl de beschrijving van het radiologische monitoringsprogramma in het hoofdstuk 16 kan teruggevonden worden.

12.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk

In deze paragraaf worden kort de verwachtingen van FANC en Bel V aangaande dit hoofdstuk weergegeven, alsook de invulling die er door NIRAS aan gegeven werd. In §12.2.1 wordt beschreven op welke wijze de antwoorden op de vragen van FANC en Bel V in rekening worden gebracht in het vergunningsaanvraagdossier. In §12.2.2 wordt per paragraaf van het hoofdstuk een oplijsting gemaakt van welke aspecten beschreven zouden moeten zijn in dit hoofdstuk, en in kleur de beoordeling van deze aspecten in het hoofdstuk door FANC en Bel V. Vervolgens wordt in §12.2.3 een opsomming gemaakt van de vereisten die voor FANC en Bel V minimaal in te vullen zijn voorafgaand aan de eerste zitting van de Wetenschappelijke Raad, alsook in het groen de beoordeling door FANC en Bel V van de invulling ervan door NIRAS.

12.2.1. Manier waarop de antwoorden op de vragen van FANC en Bel V in rekening worden gebracht in het vergunningsaanvraagdossier

De antwoorden op de vragen van FANC en Bel V, die voorafgaand aan de eerste Wetenschappelijke Raad dienden beantwoord te worden, werden op een correcte manier opgenomen in het vergunningsaanvraagdossier.

12.2.2. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling

- §12.2 Reglementair kader
    - Identificatie van het reglementair kader en de gevolgde leidraden.
      Beoordeling FANC en Bel V: Het reglementair kader en de gevolgde leidraden worden correct opgelijst.
- §12.3 Stralingsbeschermingsprincipes
    - Beschrijving van de algemene stralingsbeschermingsprincipes
      Beoordeling FANC en Bel V: In deze paragraaf worden de drie fundamentele stralingsbeschermingsprincipes (rechtvaardiging van de handelingen, optimalisering van de bescherming en de individuele dosislimieten) kort beschreven. Verder wordt ook reeds de link gemaakt met stralingsbeschermingsbeheer om te voldoen aan deze principes. Dit is aanvaardbaar voor FANC en Bel V.
- §12.4 Stralingsbeschermingsbeheer

- Beschrijving organisatie DFC, identificatie van verantwoordelijkheden, vereiste kwalificatie en competenties en beschrijving van opleidingsprogramma van het stralingsbeschermingspersoneel.
  Beoordeling FANC en Bel V: Een beschrijving van de verschillende functies en verantwoordelijkheden wordt gegeven. De volgende functies worden hierbij beschouwd: directeur-generaal, site manager, DFC en de comités SAC en PORC. Volgens de functiebeschrijving hebben deze comités onder andere de volgende functies m.b.t. stralingsbescherming:
  - SAC (Safety Assessment Committee): Evalueren van de operationele veiligheid met inbegrip van stralingsbescherming en de lange termijn veiligheid met inbegrip van de activiteiten in verband met het beheer van radioactief afval. In functie van deze evaluaties moet het SAC vervolgens aanbevelingen formuleren.
  - PORC (Plant Operational Committee): nemen van de nodige organisatorische maatregelen opdat voorschriften op gebied van veiligheid op de site (nucleair en conventioneel) en stralingsbescherming correct worden toegepast (ALARA-comité).

  Op basis van deze functiebeschrijving en ook de functiebeschrijving in §3.3.3.1 (SAC) en §3.3.6.1 (PORC) hebben deze comités functies die een belangrijke overlap hebben met de opdrachten en verantwoordelijkheden van de DFC zoals beschreven in artikel 23 van het ARBIS. FANC en Bel V kunnen akkoord gaan met het bestaan van deze comités, maar benadrukken dat de werking van de comités de opdrachten en verantwoordelijkheden van de DFC, zoals beschreven in artikel 23 van het ARBIS, niet mogen beknotten of dilueren.
  In deze paragraaf wordt verder ook het opleidingsprogramma besproken. De vereiste kwalificatie en competenties van het stralingsbeschermings-personeel kunnen echter niet concreet teruggevonden worden.
- Beschrijving van middelen om de radiologische impact ten gevolge van de installatie te meten (zowel voor personeel, publiek als omgeving).
  Beoordeling FANC en Bel V: Dit wordt in beperkte mate besproken in §12.5, waarbij er ook verder wordt verwezen naar meerdere paragrafen van HS16, waar inderdaad de nodige informatie kan gevonden worden. Verder wordt in tabel 12-2 en §16.6.5 meer informatie gegeven over de toegangsmodaliteiten voor een individu met betrekking tot individuele monitoring.
  Opvolging en rapportering van dosissen, radioactief afval, radioactieve lozingen, vrijgave van afval en materialen en incidenten.
  Beoordeling FANC en Bel V: Interne rapportering en opvolging van dosissen wordt geïntroduceerd in de functieomschrijving van de DFC en wordt verder besproken in §12.7.1.5.
  Vloeibare en gasvormige lozingen, die bij normale omstandigheden niet verwacht worden komen aan bod, in §12.5.4.
  Informatie m.b.t. secundair afval kan gevonden worden in §9.3.5, er wordt hier wel geen specifieke link naar gemaakt in hoofdstuk 12. Vrijgave van afval en materialen komt niet specifiek aan bod, maar dit is dan ook niet van toepassing in normale omstandigheden.
  Incidentele en accidentele omstandigheden komen aan bod in hoofdstuk 13.

- §12.5 Benadering van operationele stralingsbescherming
  - Beschrijving van de verschillende blootstellingswegen voor personeel en publiek (normale, incidentele en accidentele omstandigheden).
    Beoordeling FANC en Bel V: De verschillende blootstellingswegen bij normale

omstandigheden komen aan bod in §12.5.4. Voor abnormale omstandigheden wordt in §12.7.2 verwezen naar hoofdstuk 13.

- Bepaling van de operationele limieten tijdens normale exploitatie (werknemers en publiek). Hierbij wordt als dosisbeperking voor het publiek, conform de leidraad [9] een dosisbeperking van 0,1 mSv/jaar opgelegd.
  Beoordeling FANC en Bel V: In tabel 12-1 worden de gehanteerde administratieve controleniveaus voor de beroepshalve blootgestelde personen (10 mSv/ 12 opeenvolgende glijdende maanden, 0,4 mSv/week) gemeld om op deze manier te voldoen aan de reglementaire criteria (20 mSv/12 opeenvolgende glijdende maanden). Een mogelijke verwarring kan ontstaan in §12.5.3 door het gebruik van de term “mikpunt”, waarmee hetzelfde bedoeld wordt als administratief controleniveau. De term “mikpunt” is immers enkel duidelijk na lezing van §2.5.3. In hoofdstuk 12 wordt op meerdere plaatsten aangegeven dat de dosisbeperking voor personen van het publiek 0,1 mSv/jaar bedraagt.
- Bepaling van de operationele limieten tijdens incidentele/accidentele situaties, waarbij de dosisbeperking, conform de FANC-leidraad [9], gekoppeld dient te worden aan de waarschijnlijkheid van de gebeurtenis.
  Beoordeling FANC en Bel V: De behandeling van incidentele en accidentele situaties komt aan bod in hoofdstuk 13. In dat hoofdstuk wordt het gebruik van een waarschijnlijkheid-impact-curve, afkomstig uit de leidraad [9], vooropgesteld. Zie in dit kader de analyse van hoofdstuk 13.

- §12.6 Ontwerp en praktijken van operationele stralingsbescherming
  - Een beschrijving van de voorziene ontwerpmaatregelen ten einde aan de dosislimieten en -beperkingen te kunnen voldoen (en zelfs verder te gaan op basis van het ALARA-principe). Aspecten die hierbij aan bod dienen te komen, zijn: zonering, ventilatie en radiologische monitoring.
    Beoordeling FANC en Bel V: De door NIRAS voorziene zonering, ventilatie en radiologische monitoring wordt op voldoende wijze beschreven in deze paragraaf.
  - Specifieke beschrijving van de voorzien ontwerpmaatregelen (afscherming) om in geval van incidentele of accidentele situatie de radiologische gevolgen te beperken.
    Beoordeling FANC en Bel V:In §12.6.6 worden de maatregelen bij incidenten en ongevallen besproken. Dit is aanvaardbaar voor FANC en Bel V.
- §12.7 Doses
  - Beschrijving van de geschatte dosissen voor personeel en publiek ten einde de conformiteit met de dosisbeperkingen na te gaan. Voor normale exploitatie dient deze beschrijving in dit hoofdstuk te gebeuren, voor incidentele/accidentele situaties kan hiervoor verwezen worden naar hoofdstuk 13.
    Beoordeling FANC en Bel V: De dosisraming voor normale exploitatie komt op voldoende wijze aan bod in deze paragraaf. Hiertoe werden op basis van het aantal benodigde uren per taak en van de dosistempi in de verschillende zones de totale dosis per werknemer voor elke taak alsook de dagelijkse dosis per werknemer berekend. In functie van het aantal werknemers per taak werd vervolgens ook de collectieve dosis per taak berekend en in functie van de frequentie van de taken de jaarlijkse collectieve dosis. Voor dosisraming bij incidentele en accidentele situaties wordt verwezen naar hoofdstuk 13. De dosissen voldoen met grote marge aan de dosislimieten en -beperkingen.

12.2.3. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad

Minimaal dient voor de eerste zitting van de wetenschappelijke raad aan volgende voldaan te zijn:

- De voorgestelde dosisbeperkingen zijn conform het reglementair kader en de leidraden.
  Beoordeling FANC en Bel V: De voorgestelde dosisbeperkingen zijn effectief conform het reglementair kader en NIRAS heeft ook administratieve controleniveaus bepaald voor de werknemers die lager zijn dan de reglementaire dosisbeperking.
- De principes van stralingsbescherming zijn voldoende uitgewerkt, en er is aangetoond dat hiermee aan de dosisbeperkingen wordt voldaan en dat de dosissen zo laag als redelijkerwijze mogelijk zijn.
  Beoordeling FANC en Bel V: FANC en Bel V oordelen dat de drie stralingsbeschermingsprincipes (rechtvaardiging van de handelingen, optimalisering van de bescherming en de individuele dosislimieten) voldoende worden uitgewerkt in dit hoofdstuk zodat aangetoond wordt dat aan de dosisbeperkingen wordt voldaan en dat de ALARA-filosofie wordt gevolgd.

12.3. Conclusies FANC en Bel V

De gegeven informatie aangaande stralingsbescherming is voor FANC en Bel V volledig en kan dus worden voorgelegd aan de Wetenschappelijke Raad.

De stralingsbescherming, haar principes en uitwerking, voldoen aan de reglementaire vereisten en de verwachtingen van FANC en Bel V. De veiligheidsautoriteit heeft wel de volgende bemerkingen:

48. NIRAS dient te bevestigen dat de opdrachten van de DFC (zoals bepaald door artikel 23 van het ARBIS) niet zullen beknot of gedilueerd worden door het bestaan en de werking van de comités SAC en PORC. Voor FANC en Bel V dient dit te gebeuren voorafgaand aan het bevestigingsbesluit van de oprichtings- en exploitatievergunning.

De vereiste kwalificatie en competenties van het stralingsbeschermingspersoneel dienen opgenomen te worden in hoofdstuk 12 en bij voorkeur in §12.4. Voor FANC en Bel V dient dit te gebeuren voorafgaand aan het bevestigingsbesluit van de oprichtings- en exploitatievergunning.

In functie van hun analyse concluderen FANC en Bel V dat de vereisten waaraan voldaan moest worden voor de eerste wetenschappelijke raad, positief zijn ingevuld.
Op basis van deze elementen oordelen FANC en Bel V dat de voorgestelde methodologie en evaluaties qua stralingsbescherming als aanvaardbaar kunnen beschouwd worden.

13. Veiligheidsevaluatie – operationele veiligheid

13.1. Context

In dit hoofdstuk wordt de veiligheidsevaluatie van de operationele periode besproken. Dit beslaat zowel de exploitatiefase als de sluitingsfase. Dit hoofdstuk heeft de doelstelling om de gebeurtenissen van interne en externe oorsprong te behandelen en op basis hiervan de ontwerp- en referentie-ongevallen te identificeren. Voor deze ongevallen worden vervolgens ook de mogelijke radiologische gevolgen bepaald.

13.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk

In deze paragraaf worden kort de verwachtingen van FANC en Bel V aangaande dit hoofdstuk weergegeven, alsook de invulling die er door NIRAS aan gegeven werd. In §13.2.1 wordt beschreven op welke wijze de antwoorden op de vragen van FANC en Bel V in rekening worden gebracht in het vergunningsaanvraagdossier. In §13.2.2 wordt per paragraaf van het hoofdstuk een oplijsting gemaakt van welke aspecten beschreven zouden moeten zijn in dit hoofdstuk, en in kleur de beoordeling van deze aspecten in het hoofdstuk door FANC en Bel V. Vervolgens wordt in §13.2.3 een opsomming gemaakt van de vereisten die voor FANC en Bel V minimaal in te vullen zijn voorafgaand aan de eerste zitting van de Wetenschappelijke Raad, alsook in het groen de beoordeling door FANC en Bel V van de invulling ervan door NIRAS.

13.2.1. Manier waarop de antwoorden op de vragen van FANC en Bel V in rekening worden gebracht in het vergunningsaanvraagdossier

De antwoorden op de vragen van FANC en Bel V, die voorafgaand aan de eerste Wetenschappelijke Raad dienden beantwoord te worden, werden op een correcte manier opgenomen in het vergunningsaanvraagdossier.

13.2.2. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling

- §13.2 Gebeurtenissen
    - Beschrijving van de mogelijke omstandigheden: normale exploitatie (bedrijfsomstandigheden), incidentele omstandigheden en accidentele omstandigheden.
      Beoordeling FANC en Bel V: De definities zijn aanvaardbaar, hoe het toegepast wordt is niet aanvaardbaar (zie verder in dit documentdeel).
      NIRAS beschouwt de volgende omstandigheden:
        - Incident: werkingsafwijking vergeleken met de normale werking waarvan wordt verwacht dat ze zich minstens eenmaal tijdens de nuttige levensduur van een installatie voordoet, maar die, dankzij de gepaste maatregelen die tijdens het ontwerp getroffen worden, geen significante schade berokkent aan de bestanddelen die belangrijk zijn voor de nucleaire veiligheid of die niet ontaardt in ongevalsomstandigheden;
        - Ongeval: een uitzonderlijke maar mogelijke gebeurtenis die kan leiden tot een radiologische impact groter dan in normale bedrijfsomstandigheden of groter dan bij een incident;
        - Ontwerpbasisvoorval: ongeval waartegen de bergingsinstallatie, dankzij de gepaste maatregelen die tijdens het ontwerp en de constructie getroffen worden, bestand is en waarbij de SSC's belangrijk voor de nucleaire veiligheid hun functies blijven vervullen.

- Identificatie van de gebeurtenissen
  Beoordeling FANC en Bel V: De methodologie voor de identificatie van de gebeurtenissen is niet duidelijk en niet traceerbaar op basis van hoofdstuk 13 en meer specifiek §13.2. Het is onduidelijk hoe de twee uitgevoerde HAZID-oefeningen en de SWIFT-oefening (met bijhorende risicomatrices) gebruikt werden in de identificatie van gebeurtenissen. Er kan niet bepaald worden op basis van welke uitkomst in de matrix een gebeurtenis weerhouden werd of niet. Ten gevolge van deze methodologie zijn er door NIRAS gebeurtenissen geïdentificeerd die voor FANC en Bel V geen initiërende gebeurtenissen zijn (o.a. 'impact van land- en waterplanten en -dieren', 'aanwezigheid van waterstof en zuur door batterijen in werkplaatsen of administratieve gebouwen'). Bijkomend kunnen FANC en Bel V op basis van §13.2 niet traceren of alle te beschouwen gebeurtenissen afgedekt zijn. Enkele mogelijke gebeurtenissen die volgens FANC en Bel V niet zijn afgedekt zijn: 'ontsporen van een trolley t.g.v. blokkeren van het spoor', 'val van een monoliet tijdens de manipulatie in de module'.
  Zoals blijkt uit de verdere analyse van de beschouwde gebeurtenissen door NIRAS (zie §13.4 en §13.5) zijn FANC en Bel V wel van mening dat de radiologische gevolgen van mogelijk niet beschouwde gebeurtenissen van interne of externe oorsprong afgedekt zijn door het door NIRAS beschouwde referentie-ongeval.

- §13.3 Analyse onder de normale uitbating
  - Beschrijving van de normale bedrijfsomstandigheden
    Beoordeling FANC en Bel V: De beschrijving van de normale bedrijfsomstandigheden in §13.3, met de nodige verwijzingen naar hoofdstuk 9 'uitbating', hoofdstuk 12 'stralingsbescherming' en hoofdstuk 15 'conformiteitscriteria voor bergingscolli' wordt als voldoende beschouwd.
  - Beschrijving van de uitgevoerde globale risicoanalyse en bespreking van de resulterende maatregelen
    Beoordeling FANC en Bel V: Het is onduidelijk hoe de verschillende uitgevoerde risicoanalyses (2 HAZID-oefeningen en 1 SWIFT-oefening) aan elkaar gekoppeld moeten worden. Het is onduidelijk hoe de maatregelen en aanbevelingen (zie §13.6) afgeleid worden uit deze risicoanalyses. De opsomming van de aanbevelingen in §13.6 komt immers uit de lucht gevallen en kan niet gekoppeld worden aan enerzijds de risicoanalyses of anderzijds de evaluatie van de initiërende gebeurtenissen van interne of externe oorsprong.
- §13.4 Analyse van gebeurtenissen van interne oorsprong
  - Beschrijving en classificatie van de weerhouden gebeurtenissen van interne oorsprong.
    Beoordeling FANC en Bel V: De classificatie van de verschillende gebeurtenissen van interne oorsprong is af te leiden op basis van de tekst, maar een overzichtstabel per fase ontbreekt.
    In sommige gevallen kan er niet akkoord gegaan worden met de classificatie (NIRAS categoriseert alle gebeurtenissen van interne oorsprong als incidenten). Zo worden bijvoorbeeld 'Vrijgave van waterstof en zuur door batterijen in werkplaatsen of administratieve gebouwen', 'waterlek uit het drainagesysteem van de decontaminatiedouche' en 'interne brand veroorzaakt door een voertuig' beschouwd als incidenten, wat betekent dat verwacht wordt dat deze zich eenmaal tijdens de nuttige levensduur van de installatie zullen voordoen.
  - Per gebeurtenis: beschrijving van de mogelijke radiologische gevolgen en genomen ontwerpmaatregelen
    Beoordeling FANC en Bel V: Voor geen enkel van de gebeurtenissen van interne

oorsprong worden er radiologische gevolgen voor het publiek verwacht. Alleen bij de gebeurtenissen 'defect van een buffertank of van het drainagesysteem', 'storing aan de I&C-apparatuur (Instrumentation and control)', 'defecte rolbrug tijdens het verplaatsen van een monoliet', 'kantelen van een monoliet' en 'aanwezigheid van een obstakel (beton, hamer, vogel…) voor het plaatsen van een monoliet' worden er voor de werknemers beperkte radiologische gevolgen (< 1 mSv) verwacht. Dit wordt voor FANC en Bel V goed aangegeven in het veiligheidsrapport.

- §13.5 Analyse van gebeurtenissen van externe oorsprong
  - Beschrijving en classificatie van de weerhouden gebeurtenissen van externe oorsprong.
    Beoordeling FANC en Bel V: De classificatie van de verschillende gebeurtenissen van interne oorsprong is af te leiden op basis van de tekst, maar een overzichtstabel per fase ontbreekt.
    In sommige gevallen kan er niet akkoord gegaan worden met de classificatie. NIRAS categoriseert hierbij de gebeurtenissen als volgt:
    - Ontwerpbasisvoorvallen: 'aardbeving', 'dijkbreuk', 'bosbrand', 'extreme klimaatcondities', 'impact van land- en waterplanten en-dieren', 'vollopen van modules t.g.v. regen';
    - Incidenten: 'extreme vochtigheid', 'rechtstreekse zonnestraling', 'bliksem', storing van I&C ten gevolge van natuurlijke elektromagnetische interferentie en van interferentie door menselijke activiteiten buiten de site', 'geotechnische gebeurtenissen', 'stroomonderbrekingen', 'beschadiging van het stalen dak door neerslag', 'kortsluiting in de trolley of het laadstation van de trolley door neerslag' en 'trolley die ontspoort t.g.v. ijs op het spoor';
    - Ongeval: vliegtuigval.

    Waarom wordt bijvoorbeeld 'rechtstreekse zonnestraling' als een incident beschouwd? Zoals verder blijkt uit de bepaling van de radiologische gevolgen kan momenteel ook niet akkoord gegaan worden met de classificatie van aardbeving als incident omdat de uitwerking ervan onvoldoende is (zie hieronder).
  - Per gebeurtenis: beschrijving van de mogelijke radiologische gevolgen en genomen ontwerpmaatregelen
    Beoordeling FANC en Bel V:
    Voor het beschouwde ongeval '**vliegtuigimpact**' maakt NIRAS het onderscheid tussen de operationele periode (t.e.m. de sluiting van de bergingsinrichting) en de Nucleaire Reglementaire Controlefase:
    - Tijdens de operationele fase is leidraad [9] en de bijhorende waarschijnlijkheid-impact-curve van toepassing. Enkel toestellen van algemene luchtvaart of militaire luchtvaart hebben hierbij een waarschijnlijkheid van vallen op de bergingsinrichting > 10^{-7}/jaar. NIRAS beschouwt een militair vliegtuig als een omhullend toestel van de algemene luchtvaart en militaire luchtvaart en heeft dit dan ook gehanteerd voor de bepaling van de radiologische gevolgen:
      - Tijdens fase Ia, wanneer er nog geen afdekking is geplaatst, zijn de radiologische gevolgen voor de werknemers en publiek < 1 mSv. De bepaling van deze maximale radiologische impact is gestoeld op OD-172, die voor de berekening volgende veronderstellingen beschouwt:
        - Val van een militair vliegtuig op de bergingsinrichting waarbij 121 monolieten worden vernield;
        - Beschouwing van een kerosinebrand na de inslag;

        - Beschouwing van de meest voorkomende stabiliteitsklasse E2;
        - Beschouwing van droge of regenomstandigheden.

      Voor de droge omstandigheden wordt een maximale radiologische impact op 5 km van de site van 92 µSv bekomen. Bij regenomstandigheden wordt een maximale radiologische impact op 100 m van de modules bepaald van 893 µSv.
      Het FANC en Bel V merken hierbij wel op dat in het veiligheidsrapport foutief een maximale radiologische impact van < 100 µSv wordt vermeld, terwijl dit < 1 mSv dient te zijn.
    - Tijdens fasen Ib en II, wanneer de afdekking wel aanwezig is, zijn er noch voor de werknemers, noch voor het publiek radiologische gevolgen.

  In beide gevallen is de impact laag en wordt dus voldaan aan de criteria van de FANC-leidraad [9].
- Tijdens de Nucleaire Reglementaire Controlefase (fase III) mogen externe gebeurtenissen met een menselijke oorsprong niet meer uitgesloten worden op basis van hun waarschijnlijkheid (zie FANC-leidraad [10]). Daarom wordt in dit kader de val van een toestel van de burgerluchtvaart beschouwd. De radiologische gevolgen van een dergelijke val voor publiek en werknemers zullen volgens NIRAS in het geval van droge omstandigheden veel kleiner zijn dan 500 µSv. Dit komt doordat, voor de val van een toestel van de burgerluchtvaart op de bergingsinrichting, een maximale radiologische impact van 423 µSv werd bepaald op basis van een berekening met de volgende hypothesen:
    - Val van een toestel van de burgerluchtvaart op de bergingsinrichting zonder het in het beschouwing nemen van de afdekking of de ondoorlatende topplaat. Hierdoor worden 1493 monolieten vernield;
    - Beschouwing van een kerosinebrand na de inslag;
    - Beschouwing van de meest voorkomende stabiliteitsklasse E2;
    - Beschouwing van droge omstandigheden.

  Voor het FANC en Bel V is deze uitgevoerde berekening niet relevant voor het hier te beschouwen scenario aangezien de afdekking en de ondoorlatende topplaat niet werden beschouwd. Het FANC en Bel V stellen wel dat de uitgevoerde berekening voor het militair vliegtuig in natte en droge omstandigheden tijdens fase Ia meer dan omhullend zal zijn aan de berekening van de radiologische gevolgen voor een toestel van de burgerluchtvaart tijdens fase III, waardoor de impact niet wordt onderschat.
  Gebeurtenis ‘aardbeving’ wordt in hoofdstuk 13 als een ontwerpbasisvoorval beschouwd, aangezien aardbevingen in rekening gebracht zijn in het ontwerp van de bergingsinrichting waardoor er bij deze aardbevingen (design basis earthquakes) geen radiologische gevolgen zijn voor het publiek of de werknemers.
  In het veiligheidsrapport wordt door NIRAS in hoofdstuk 2, in de sectie rond de gelaagde bescherming, ook gekeken naar de radiologische gevolgen bij een aardbeving die zwaarder is dan de beschouwde ontwerpaardbevingen tijdens de operationele fase (waarbij omhullend een waarschijnlijkheid van 10^{-7} per jaar wordt beschouwd, in lijn met de beschouwingen in de leidraad over de beschouwing van externe gebeurtenissen [10]). NIRAS stelt hierbij dat de val van een militair vliegtuig op de bergingsinrichting omhullend is voor deze aardbeving. Voor aardbevingen wordt er volgens NIRAS dus voldaan aan de criteria van de leidraad [9].

13.2.3. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad

Minimaal dient voor de eerste zitting van de wetenschappelijke raad aan volgende voldaan te zijn:

- Er wordt een duidelijke omschrijving gegeven van de bedrijfs-, incidentele en accidentele omstandigheden.
  Beoordeling FANC en Bel V: De beschrijving op zich is aanvaardbaar, maar de toepassing ervan is dit niet (zie verder).
- De uitgevoerde globale risicoanalyse wordt beschreven en de resulterende maatregelen worden besproken.
  Beoordeling FANC en Bel V: De risicoanalyse en maatregelen worden op een onduidelijke en niet traceerbare manier besproken waardoor de resultaten van de risicoanalyse, de resulterende maatregelen en de gebeurtenissen niet eenduidig kunnen worden afgeleid op basis van het hoofdstuk 13. FANC en Bel V kunnen op basis van de niet traceerbare en onduidelijke methodologie niet verifiëren of alle te beschouwen gebeurtenissen afgedekt zijn. FANC en Bel V zijn wel van mening dat de radiologische gevolgen van mogelijk niet beschouwde gebeurtenissen van interne of externe oorsprong afgedekt zijn door het door NIRAS beschouwde ontwerpongeval (val militair vliegtuig).
- De weerhouden gebeurtenissen van interne oorsprong worden beschreven en geclassificeerd. Per gebeurtenis worden de mogelijke radiologische gevolgen en ontwerpmaatregelen besproken.
  Beoordeling FANC en Bel V: Al de gebeurtenissen van interne oorsprong worden gecategoriseerd als incidenten, wat voor FANC en Bel V moeilijk te begrijpen is. Er kan wel akkoord gegaan worden met de bepaling van de mogelijke radiologische gevolgen voor de beschouwde gebeurtenissen van interne oorsprong.
- De weerhouden gebeurtenissen van interne oorsprong worden beschreven en geclassificeerd. Per gebeurtenis worden de mogelijke radiologische gevolgen en ontwerpmaatregelen besproken.
  Beoordeling FANC en Bel V: Er kan niet akkoord gegaan worden met een deel van de categorisatie van de gebeurtenissen van externe oorsprong. Verder dient een meer realistische berekening van de maximale impact van de val van een toestel van de burgerluchtvaart op de bergingsinrichting tijdens de Nucleaire Reglementaire Controlefase uitgevoerd te worden. Voor FANC en Bel V correspondeert de berekening van de maximale radiologische impact van een val van een militair vliegtuig tijdens fase Ia, met een maximale radiologische impact < 1 mSv (het door NIRAS beschouwde referentieongeval), wel met de maximaal mogelijke impact die veroorzaakt kan worden door een ongeval. Er is dus geen onderschatting van de radiologische gevolgen ten gevolge van eventuele andere gebeurtenissen van externe oorsprong.

13.3. Conclusies FANC en Bel V

De gegeven informatie aangaande de operationele veiligheidsevaluatie is voor FANC en Bel V volledig, zij het onvoldoende traceerbaar en duidelijk.
De uitgevoerde operationele veiligheidsevaluatie voldoet aan de reglementaire vereisten en de verwachtingen van FANC en Bel V. De veiligheidsautoriteit heeft wel de volgende bemerkingen:

49. Een nieuw ontwerp hoofdstuk 13 dient opgesteld te worden waarin op een systematische manier de operationele veiligheid wordt geanalyseerd, zoals FANC en Bel V verwachten van een klasse I-exploitant. (cfr. artikel 3 van het KB houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties [1]).

In functie van hun analyse concluderen FANC en Bel V dat de vereisten waaraan voldaan moest worden voor de eerste wetenschappelijke raad, positief zijn ingevuld.
Op basis van deze elementen oordelen FANC en Bel V dat de voorgestelde operationele veiligheidsevaluatie als aanvaardbaar kan beschouwd worden aangezien er geen onderschatting is van de mogelijke radiologische gevolgen t.g.v. gebeurtenissen van interne of externe oorsprong.
In navolging van de gegeven bemerkingen wordt door FANC en Bel V aan de Wetenschappelijke Raad geadviseerd om de volgende elementen te vragen voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad:

- Een ontwerp van het hoofdstuk operationele veiligheid (hoofdstuk 13), waarin op een systematische manier de operationele veiligheid wordt geanalyseerd. In dit ontwerp van hoofdstuk dient NIRAS:
    - De oefening van de identificatie van gebeurtenissen te hermaken waarbij op een traceerbare en eenduidige manier beschreven wordt hoe dit is gebeurd;
    - Per gebeurtenis, volgens de verschillende FANC-leidraden, de radiologische en andere[59] gevolgen te bepalen, waarbij de categorisatie van de gebeurtenissen als incident of ongeval logisch dient verklaard te worden. Hierbij dienen ook de eventuele gevolgen op lange termijn mee in beschouwing te worden genomen.
    - De aanvaardbaarheid van de gevolgen/impact te argumenteren voor elke gebeurtenis, alsook de (ontwerp)maatregelen die genomen werden om de (potentiële) impact te milderen.

  Bij de bevestiging van de vergunning zal dit ontwerp hoofdstuk het huidige hoofdstuk 13 dan vervangen.

50. Specifiek voor de val van een toestel van de burgerluchtvaart tijdens de Nucleaire Reglementaire Controlefase zal hierbij een nieuwe, meer realistische bepaling van de maximale impact voor personen van het publiek dienen te gebeuren. Hierbij dient zowel met droge als natte omstandigheden rekening gehouden te worden.

[59] Zoals impact op SSC's belangrijk voor de lange termijn.

14. Veiligheidsevaluatie – veiligheid op lange termijn

14.1. Context

In dit hoofdstuk wordt de lange termijn veiligheidsevaluatie besproken. De doelstelling van deze veiligheidsevaluatie is om, rekening houdend met alle voor de veiligheid relevante onzekerheden, aan te tonen dat: (1) de geschatte radiologische impacts te allen tijde in overeenstemming zin met de geldende criteria en (2) de performantie van het bergingssysteem in zijn totaliteit en zijn afzonderlijke SSC's afdoende is en een voldoend niveau van gelaagde bescherming biedt.

14.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk

In deze paragraaf worden kort de verwachtingen van FANC en Bel V aangaande dit hoofdstuk weergegeven, alsook de invulling die er door NIRAS aan gegeven werd. In §14.2.1 wordt beschreven op welke wijze de antwoorden op de vragen van FANC en Bel V in rekening worden gebracht in het vergunningsaanvraagdossier. In §14.2.2 wordt per paragraaf van het hoofdstuk een oplijsting gemaakt van welke aspecten beschreven zouden moeten zijn in dit hoofdstuk, en in kleur de beoordeling van deze aspecten in het hoofdstuk door FANC en Bel V. Vervolgens wordt in §14.2.3 een opsomming gemaakt van de vereisten die voor FANC en Bel V minimaal in te vullen zijn voorafgaand aan de eerste zitting van de Wetenschappelijke Raad, alsook in het groen de beoordeling door FANC en Bel V van de invulling ervan door NIRAS.

14.2.1. Manier waarop de antwoorden op de vragen van FANC en Bel V in rekening worden gebracht in het vergunningsaanvraagdossier

De antwoorden op de vragen van FANC en Bel V, die voorafgaand aan de eerste Wetenschappelijke Raad dienden beantwoord te worden, werden op een correcte manier opgenomen in het vergunningsaanvraagdossier.

14.2.2. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling

- §14.2 Aanpak voor evaluatie van de lange termijn veiligheid
  Beoordeling FANC en Bel V: De methodologie is deels gebaseerd op de internationale ISAM-methodologie. De evaluatie beslaat de volgende drie aspecten: veiligheidsanalyses, performantieanalyses en kwalitatieve bewijzen en argumenten. FANC en Bel V kunnen akkoord gaan met deze aanpak.
  - Beschrijving van het bestaan en de ontwikkeling van de verschillende soorten scenario's.
    Timeframes van de verschillende scenario's uitleggen.
    Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS beschouwt de volgende scenario's, die in lijn liggen met de RPC-LT-leidraad [11] en de leidraad m.b.t. menselijke intrusie [12]:
    - Scenario's voor de verwachte evolutie van het bergingssysteem. Hierbij wordt enerzijds een best estimate scenario (Expected Evolution Scenario – EES) en anderzijds een omhullend scenario qua effecten van onzekerheden (Referentiescenario – RS) beschouwd – tijdvak: 350 jaar tot 2000 jaar;
    - Scenario's die representatief en omhullend zijn voor niet verwachte, maar mogelijke evoluties van het bergingssysteem. Dit zijn scenario's waarbij bijvoorbeeld gebeurtenissen optreden die de verwachte evolutie van de berging verstoren. Dit zijn de Alternatieve evolutiescenario's (AES) – tijdvak: 350 jaar tot 2000 jaar;

- Scenario's die omhullend zijn voor onopzettelijke, menselijke intrusie die in de berging zou plaatsvinden nadat deze werd ontheven van nucleaire reglementaire controle. Dit zijn de Human Intrusion Scenarios (HIS) – tijdvak: 350 jaar tot 2000 jaar;
- Penaliserende scenario's (PS), die bedoeld zijn om de radiologische impact te berekenen die omhullend is aan de impacts geassocieerd met de mogelijke toestanden van de berging wanneer zijn performantie niet meer op een betrouwbare manier kan ingeschat worden. – tijdvak: 2000 jaar tot 10.000 jaar.

FANC en Bel V kunnen akkoord gaan met de door NIRAS beschouwde scenario's en de tijdvakken van deze scenario's. Met betrekking tot het startpunt van het PS en het einde van de evaluatieperiode stelt NIRAS respectievelijk 2000 jaar en 10.000 jaar voor, op basis van de volgende argumenten:

- Voor de rechtvaardiging van het startpunt van het PS op 2000 jaar:
  - Voor startmomenten tussen 1000 en 4000 jaar de globale impact onder de penaliserende scenario's weinig gevoelig is aan de keuze van het startmoment;
  - De berekende radiologische impact onder het RS weliswaar nog licht toeneemt na 2000 jaar, maar wel van dezelfde grootteorde blijft, wat in lijn is met de leidraad [11], waarin gesteld wordt dat na enkele duizenden jaren de dosisbeperking een referentiewaarde wordt;
  - De radiologische impact voor AES 2-1 (val van een militair vliegtuig) en AES 3-1 (versnelde erosie) nog een kleine stijging kent na 2000 jaar, maar wel van dezelfde grootteorde blijft. Voor de andere AES'en wordt de piekimpact steeds voor 2000 jaar bereikt.
  - De radiologische impact voor het HIS "residentie op de bergingsinstallatie" nog een kleine stijging kent na 2000 jaar, maar wel van dezelfde grootteorde blijft. Voor de andere HIS'en wordt de piekimpact steeds voor 2000 jaar bereikt.
- Voor de rechtvaardiging van het einde van de evaluatieperiode (10.000 jaar):
  - De impact onder het penaliserend grondwaterscenario[60], dat een piek bereikt kort na het tijdstip van optreden van de penaliserende omstandigheden;
  - Het feit dat de hypothesen van het hydrogeologisch model en biosfeermodel (ook gehanteerd in het PS) als omhullend kunnen beschouwd worden over tijdschalen van ongeveer 10.000 jaar.

FANC en Bel V gaan akkoord met de keuze, hoewel bepaalde van de door NIRAS weerhouden argumenten om deze tijdstippen te staven niet gegrond zijn.

Beoordelingscriteria en indicatoren	**Type**	**Waarde**
Beoordeling FANC en Bel V: De door NIRAS weerhouden beoordelingscriteria en indicatoren zijn in lijn met de regelgeving en de FANC leidraad RPC-LT [11]. Voor de personen van het publiek worden de onderstaande beperkingen		

[60] Omwille van het omhullende, doch onmogelijke karakter van enkele hypothesen van het penaliserend grondscenario is het moeilijk te verantwoorden om het einde van de evaluatieperiode te laten afhangen van de berekende impacts onder dit scenario. De residuele impact blijft immers gedurende tienduizenden jaren van de grootteorde van 1 mSv.

en referentiewaardes gehanteerd. **Scenario**		
Scenario's van verwachte evolutie	Dosisbeperking	0,1 mSv/jaar
Individuele scenario's van niet verwachte, maar mogelijke evoluties	Risicoreferentie-waarde	10^{-6}/jaar
Combinatie van alle scenario's van niet verwachte, maar mogelijke evoluties	Risicobeperking	10^{-5}/jaar
Individuele scenario's van onopzettelijke menselijke intrusie	Dosisreferentie-waarde	3 mSv/jaar
Penaliserende scenario's	Dosisreferentie-waarde	3 mSv/jaar

Voor niet-menselijke biota schat NIRAS de mogelijke effecten van het bergingssysteem op populaties binnen de lokale ecosystemen op basis van een risicoquotiënt, gedefinieerd als de verhouding van geschat dosistempo, in gray per uur [Gy/h] ten opzichte van de referentiewaarde van het dosistempo waaronder geen potentiële effecten verwacht worden op populaties van niet-menselijke biota. Deze referentiewaarde wordt voor alle types niet-menselijke biota conservatief vastgelegd op 10 µGy/h. Wanneer het risicoquotiënt voor alle populaties kleiner is dan één, zijn niet-menselijke biota voldoende beschermd en kan gesteld worden dat het bergingssysteem geen nefaste invloed zal hebben op de soortenrijkdom van fauna en flora conform met de FANC- leidraad "Biosfeer" [13]. FANC en Bel V kunnen hiermee akkoord gaan.

- Beschrijving van methodologie voor behandeling van onzekerheden
  Beoordeling FANC en Bel V: De methodologie voor het beheer en de behandeling van onzekerheden wordt op voldoende manier beschreven in §14.4.5. Het doel hierbij is om onzekerheden (1) te identificeren, (2) te karakteriseren, (3) te analyseren naar relevantie voor de veiligheid, (4) te behandelen in de veiligheidsevaluatie en (5) te verminderen of te elimineren. De aanpak voor het uitvoeren van deze verschillende stappen wordt voldoende verduidelijkt en er wordt een overzicht gegeven van de verschillende soorten onzekerheden (scenario-onzekerheden, modelonzekerheden en parameteronzekerheden).

- §14.3 Wetenschappelijke en technische basis voor de evaluatie
  - Beschrijving van de fenomenologisch verwachte evolutie van het bergingssysteem en haar omgeving
    Beoordeling FANC en Bel V: De beschrijving van de fenomenologisch verwachte evolutie van het bergingssysteem en haar omgeving is in lijn met de beschrijving van de karakteristieken van de site en de fenomenologische aspecten in hoofdstukken 4 en 5 van het veiligheidsrapport. Verder is deze beschrijving ook te koppelen aan de tijdsvakken die beschouwd worden in het veiligheidsconcept.
  - Identificatie en karakterisering van onzekerheden en bepaling van de relevantie que veiligheid van deze onzekerheden
    Beoordeling FANC en Bel V: In §14.3.6 komt de identificatie en karakterisering van de onzekerheden aan bod. De volgende onzekerheden worden hierbij beschouwd: (1) onzekerheden op het bergingssysteem en zijn verwachte evolutie(s), (2) onzekerheden op het bergingssyteem buiten de verwachte evolutie, (3) onzekerheden m.b.t. de hydrogeologie en (4) onzekerheden m.b.t. de biosfeer. Voor FANC en Bel V is de identificatie en karakterisering van onzekerheden op een logische, gefundeerde en volledige manier gebeurd. Voor deze geïdentificeerde en gekarakteriseerde onzekerheden wordt vervolgens

in §14.3.7 de relevantie voor de veiligheid bepaald. FANC en Bel V oordelen dat NIRAS alle onzekerheden die relevant zijn voor de veiligheid heeft bepaald.

- §14.4 Het verwachte evolutiescenario (EES)
  - Beschrijving van het scenario en oplijsting van haar belangrijkste hypothesen
    Beoordeling FANC en Bel V: De beschrijving van het scenario en haar belangrijkste hypothesen is op zich aanwezig in §14.4.2 van het veiligheidsrapport, maar op basis van deze paragraaf blijkt wel dat voor NIRAS het verschil tussen scenario en model niet volledig duidelijk is. Een voorbeeld om dit te kaderen wordt gevormd door de modulewanden. Deze modulewanden zijn niet opgenomen in het afgeleide model van NIRAS (waar slecht een halve monolietstapel wordt beschouwd), maar spelen wel een rol in de beschrijving van het scenario en een belangrijke hypothese van het scenario steunt erop. Omdat NIRAS onvoldoende onderscheid maakt tussen 'scenario' en 'model' komen deze modulewanden echter niet aan bod in §14.4.2.
  - Formulering en implementatie van de modellen
    - Installatiemodellen
      Beoordeling FANC en Bel V: FANC en Bel V gaan akkoord dat de door NIRAS gehanteerde installatiemodellen voldoende representatief zijn voor het EES-scenario bij het uitvoeren van een radiologische impactbepaling en voor het uitvoeren van onzekerheidsanalyses. FANC en Bel V stellen wel dat de modellering van de modulebasis en de beschouwde hydraulische conductiviteit en diffusiecoëfficient van het afval niet representatief is voor het huidige ontwerp van de bergingsinrichting en de fenomenologisch verwachte evolutie. Voor FANC en Bel V kan het huidige installatiemodel niet gehanteerd worden voor de performantieberekeningen op gebied van insluiting (zie §14.14).
    - Hydrogeologische modellen. Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS beschouwt drie mogelijke biosfeerreceptoren: (1) waterput aan de voet van de tumulus, (2) de rivier de Kleine Nete en (3) kwelgebieden. Voor de Kleine Nete wordt abstractie gemaakt van het hydrogeologische systeem (fractie van de flux uit het bergingssysteem is gelijk aan de flux die in de Kleine Nete terechtkomt). Voor de waterput en de kwelgebieden wordt een geotransferfactor bepaald. Hiertoe wordt in eerste instantie een lokaal grondwatermodel gehanteerd om de huidige situatie te modelleren, waarna aan het model toekomstige aspecten toegevoegd worden (met name: afwezigheid kanaal Bocholt-Herentals en beschouwen CCI-HYDR-klimaatscenario).
      - FANC en Bel V gaan akkoord met de gehanteerde GTF voor een waterput aan de voet van de oostelijke tumulus. Dit omdat de stroomsnelheid en stroomrichting die door het gehanteerde hydrogeologisch model berekend worden door de werkelijke stroomsnelheid en stroomrichting naar deze hypothetische waterput bevestigd worden.
      - Voor de westelijke tumulus dient NIRAS de actuele hydrogeologische situatie nog te bevestigen aan de hand van terreinmetingen, waarna ze een geschikt hydrogeologisch model zal moeten opstellen. De GTF voor de westelijke tumulus kan momenteel dan ook nog niet bepaald worden. Er kunnen dan ook

nog geen Operationele limieten (of OLi) voor de westelijke tumulus vastgelegd worden (zie §14.16).

- Om de GTF voor de kwelgebieden te bepalen werd het hydrogeologisch model onvoldoende gevalideerd t.o.v. de werkelijke situatie, waardoor het conservatisme van de identificatie van de kwelgebieden en van de gesimuleerde radionuclide concentraties in deze kwelgebieden niet bevestigd kan worden. De GTF van de kwelgebieden is momenteel dan ook niet bevestigd. Aangezien de waterput aan de voet van de oostelijke tumulus met een marge van meerdere grootteordes de meest beperkende biosfeerreceptor is, zijn FANC en Bel V van mening dat de radiologische impact niet onderschat kan worden t.g.v. de niet bevestigde GTF voor de kwelgebieden. Aangezien NIRAS toch een nieuw hydrogeologisch model dient op te stellen, vragen FANC en Bel V dat dit model ook gevalideerd wordt t.o.v. de identificatie van de kwelgebieden in de omgeving van de bergingssite en de dilutie in het bovenste deel van de aquifer. Op basis hiervan dient NIRAS het conservatisme van de GTF voor de kwelgebieden te bevestigen, rekening houdend met de mogelijke evoluties van de hydrogeologie. Hoewel het nieuwe hydrogeologische model tot een hogere GTF voor de kwelgebieden zou kunnen leiden, verwachten het FANC en Bel V niet dat deze receptor dominant zou kunnen worden.

- Biosfeermodellen

  Beoordeling FANC en Bel V: Voor de drie biosfeerreceptoren heeft NIRAS met behulp van een vereenvoudigde, gestileerde benadering vervolgens biosfeerconversiefactoren (BCF'en) bepaald.

  - FANC en Bel V gaan akkoord met de door NIRAS gehanteerde biosfeermodellering voor de biosfeerreceptoren waterput en rivier, dewelke ook in lijn zijn met de vereisten van de leidraad "biosfeer" [13]. Het betreft een in zelfvoorziening levende familie die al haar levensmiddelen onttrekt aan de onmiddellijke omgeving. Dit is in termen van potentiële radiologische impact omhullend aan mogelijke toekomstige levenswijzen;
  - Voor de biosfeerreceptor kwelgebieden beschikt de landbouwgemeenschap over een put in ondiep grondwater waaraan zij drinkwater onttrekken. Er wordt hierbij echter verondersteld dat er geen inname van gecontamineerd water is door dieren.

    Om de vereiste van de leidraad "biosfeer" [13] na te leven, die stelt dat de landbouwgemeenschap enkel water mag betrekken van regio's binnen het gebied waar de hoogste radiologische effecten kunnen verwacht worden, vragen FANC en Bel V om de inname door dieren van besmet water afkomstig van de put in ondiep grondwater in dit biosfeermodel te beschouwen.

    Er wordt ook gevraagd om de grondeigenschappen, die in dit model beschouwd worden, te rechtvaardigen t.o.v. de eigenschappen van de gronden die in de geïdentificeerde kwelgebieden waargenomen worden.

    Hoewel deze herziening tot hogere BCF'en voor de kwelgebieden

zal leiden, verwachten het FANC en Bel V niet dat deze receptor dominant zou kunnen worden.

- Behandeling van de voor de veiligheid relevante onzekerheden
  Beoordeling FANC en Bel V: Analyse van onzekerheden, met betrekking tot relevantie voor de veiligheid, bestaat uit het nagaan van mogelijke invloeden van onzekerheden op de resultaten van de veiligheidsevaluatie. Via het EES worden hiertoe de veiligheidsrelevante onzekerheden m.b.t. het bergingssysteem en zijn verwachte evolutie geanalyseerd, al dan niet voorafgegaan door een gevoeligheidsanalyse.
  - In de kwantitatieve onzekerheidsanalyse werden voor het EES (op het gebied van de installatiemodellen) zeven bijkomende rekengevallen beschouwd. Deze rekengevallen werden vervolgens door NIRAS beschouwd in de bepaling van de hypothesen en parameterswaardes van het referentiescenario (zie §14.5).
  - Voor het hydrogeologische model heeft NIRAS aangetoond dat de onzekerheden niet van dien aard zijn dat de grootteorde van de GTF voor de waterput aan de voet van de oostelijke tumulus in vraag gesteld kan worden.
  - Een soortgelijke aanpak werd uitgevoerd voor de BCF'en in het kader van het gehanteerde biosfeermodel, waar uit de onzekerheidsanalyse bleek dat de grootteorde van de BCF'en bevestigd werd.

  FANC en Bel V gaan akkoord met de identificatie, karakterisering en analyse van onzekerheden gekoppeld aan het bergingssysteem en zijn verwachte evolutie, aan de hydrogeologische modellen (enkel voor de waterput aan de voet van de oostelijke tumulus) en aan de biosfeermodellen.
- Bepaling van de radiologische impact
  Beoordeling FANC en Bel V: De radiologische impacts t.g.v. het EES voor de drie verschillende biosfeerreceptoren voor een volwassen representatieve persoon voldoen ruimschoots aan de dosisbeperking van 0,1 mSv/jaar. De waterput aan de voet van de oostelijke tumulus is de meest beperkende biosfeerreceptor (maximale impact voor volwassenen: 0,02 mSv/jaar). De radiologische impact ervan ligt grootteordes hoger dan voor de andere biosfeerreceptoren.
  De radiologische impactcurves voor de drie verschillende leeftijdsgroepen van de representatieve personen zijn sterk gelijklopend en ook voor kinderen en jonge kinderen wordt er steeds voldaan aan de dosisbeperking van 0,1 mSv/jaar (jonge kinderen: maximaal 0,039 mSv/jaar, kinderen: maximaal 0,028 mSv/jaar). De impact voor kinderen en jonge kinderen is ten allen tijden hoger dan de impact voor volwassenen, wat te wijten is aan de hogere stralingsgevoeligheid voor kinderen en jonge kinderen voor de maatgevende radionucliden.

- §14.5 Het Referentiescenario (RS)
  - Beschrijving van het scenario en oplijsting van haar belangrijkste hypothesen
    Beoordeling FANC en Bel V: De beschrijving van het scenario en haar belangrijkste hypothesen is op zich aanwezig in §14.5.2 van het veiligheidsrapport, maar, in navolging van het verwachte evolutiescenario, blijkt uit deze paragraaf wel dat voor NIRAS ook voor het RS het verschil tussen scenario en model niet volledig duidelijk is.
  - Formulering en implementatie van de modellen
    Beoordeling FANC en Bel V:
    - Voor de installatiemodellen worden de volgende aanpassingen doorgevoerd t.o.v. het EES:

- Voor het beton en de opvulmortel van de monoliet worden de minimale waarden van de poriëndiffusiecoëfficiënt Dp [m²/s] gehanteerd i.p.v. de 'best estimate'-waarden van het EES;
- Voor de distributiecoëfficiënten Kd [m³/kg], aangewend bij de lineaire reversibele sorptie op cement en calciet, worden de minimale waarden gehanteerd i.p.v. de 'best estimate'-waarden bij het EES;
- Voor calcium wordt de maximale oplosbaarheid in het afval beschouwd i.p.v. de 'best estimate'-waarde in het EES.

▪ Op het gebied van het hydrogeologische model wordt dezelfde GTF gehanteerd aan de voet van de oostelijke tumulus als bij he EES.
▪ Qua biosfeermodellen wordt voor het bepalen van de radiologische impact op de representatieve personen hetzelfde model gehanteerd als voor het EES. Bijkomend werden ook biosfeermodellen bepaald om de impact op de niet-menselijke biota te bepalen waarbij zowel generieke als site-specifieke referentieorganismen werden beschouwd. Hierbij werd gekeken naar een rivier (aquatisch ecosysteem), een geïrrigeerde grond en kwelgebieden (terrestrisch ecosysteem).

FANC en Bel V gaan akkoord met de hypothesen en parameterwaarden die NIRAS hanteert voor het referentiescenario.

- Argumentatie niveau conservatisme van het RS t.o.v. EES en haar onzekerheden
  Beoordeling FANC en Bel V: FANC en Bel V kunnen akkoord gaan met de argumentatie van NIRAS van het conservatieve karakter van het RS t.o.v. het EES en zijn onzekerheden aangezien omhullende waardes voor maatgevende onzekerheden beschouwd werden.
- Bepaling van de radiologische impact
  Beoordeling FANC en Bel V:
  - De radiologische impactscurve van het RS vertoont na de eerste piek (die ook bij het EES optreedt) een nieuwe toename van de globale impact. Dit leidt tot een hogere waarde op 2000 jaar (0,096 mSv/jaar), waarbij deze hogere waarde te wijten is aan goed gesorbeerde radionucliden die in het RS omwille van de minimale sorptiewaarden sneller uitlogen dan in het EES. Na 2000 jaar, wanneer de 0,1 mSv/jaar niet langer een dosisbeperking is, maar een referentiewaarde, is er nog een kleine toename van de radiologische impact tot 0,11 mSv/ jaar rond 2500 jaar. Dit is dus nog steeds in de grootteorde van 0,1 mSv/jaar.
    De radiologische impactcurves voor de drie verschillende leeftijdsgroepen van de representatieve personen zijn sterk gelijklopend en ook voor kinderen en jonge kinderen wordt er steeds voldaan aan de dosisbeperking van 0,1 mSv/jaar. Zoals gevraagd in het ARBIS werd ook de equivalente dosis voor de ooglens en voor de huid bepaald. Voor de volwassenen waarvoor de impact het grootst is, wordt in beide gevallen met veel marge voldaan aan de dosislimiet.
    FANC en Bel V besluiten dat er wordt voldaan aan de dosisbeperking van 0,1 mSv/jaar, maar dat er wel zo goed als geen veiligheidsmarge is. Aangezien voor het uitvoeren van de performantieberekeningen, te gebeuren voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad (zie §14.14), een meer representatief installatiemodel moet ontwikkeld worden, vragen FANC en Bel V om dan ook een aangepast RS te ontwikkelen. Op die manier kan dan geverifieerd worden of er bij een meer representatief model meer veiligheidsmarge is.

- Voor niet-menselijke biota blijkt uit de impactbepaling dat het risicoquotiënt (zie §14.2), zowel voor terrestrische referentieorganismen als aquatische referentieorganismen, steeds kleiner is dan 1. Het maximale risicoquotiënt werd bepaald voor mossen en bryophyta en bedraagt 0,075.
  FANC en Bel V hebben de volgende vragen m.b.t de impactbepaling van de niet-menselijke biota:
  - Bij de evaluatie werden sommige van de meest recente ontwikkelingen niet in rekening gebracht. Bijgevolg vragen FANC en Bel V om, voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad, de mogelijke gevolgen van de meest recente ontwikkelingen m.b.t. Wildlife Transfer Database en ICRP- aanbevelingen [80] in rekening te brengen voor de evaluatie van de radiologische impact op niet-menselijke biota.
  - FANC en Bel V stellen vast dat meerdere blootstellingswegen niet in rekening werden gebracht in de evaluatie (bv. waterinname, externe besmetting en inhalatie van gesuspendeerde deeltjes). FANC en Bel V vragen om, voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad, te bevestigen dat het negeren van deze blootstellingswegen de resultaten en conclusies niet kan beïnvloeden.
  - In de MER van de vergunningsaanvraag is het ecologische onderzoek beperkt tot de nucleaire zone. De kwelgebieden, relevant voor deze evaluatie, bevinden zich echter buiten deze nucleaire zone. Bijgevolg vragen FANC en Bel V om bij de herziening van de identificatie van de kwelgebieden (zie §14.4) te bevestigen dat de fauna en flora die in deze geïdentificeerde kwelgebieden leven, vergelijkbaar zijn met de fauna en flora die in de huidige veiligheidsevaluatie beschouwd werden.

  Op basis van de huidige marge ten opzichte van de referentiewaarde van 1 voor het risicoquotiënt, stellen FANC en Bel V dat de waarschijnlijkheid van overschrijden van het risicoquotiënt, ten gevolge van het in rekening brengen van de opmerkingen van FANC en Bel V, als zeer beperkt beschouwd kan worden. Indien de referentiewaarde toch zou overschreden worden, zou dit betekenen dat er bijkomende en specifiekere evaluaties nodig zijn. Een overschrijding van het risicoquotiënt betekent echter niet noodzakelijk dat het kwalitatieve criterium van de leidraad biosfeer [13] (zie §14.2) niet nageleefd is. Daarom beschouwen FANC en Bel V deze vragen als niet blokkerend voor de eerste zitting van de Wetenschappelijke Raad, maar vragen ze wel dit op te lossen voor de tweede Wetenschappelijke Raad.

- §14.6 Alternatieve evolutiescenario's
  - Beschrijving van de verschillende scenario's, bepaling van de waarschijnlijkheid van de scenario's en oplijsting van de belangrijkste hypothesen
    Beoordeling FANC en Bel V: De volgende alternatieve evolutiescenario's worden beschouwd door NIRAS, waarbij ook telkens de waarschijnlijkheid van optreden en de aanpassingen van hypothesen t.o.v. het RS worden gegeven:
    - AES 1-1: Vroege aardbeving (aardbeving met een terugkeerperiode van 6500 jaar)
      1. Een aardbeving die de afdekking aantast, maar niet de betoncomponenten.

2. Startpunt degradatie van alle modules ligt op 350 jaar i.p.v. een kwart van de modules op 650 jaar en driekwart op 1000 jaar in het RS. Er wordt dus verondersteld dat de aardbeving plaatsvindt na 350 jaar.
3. De waarschijnlijkheid dat dit scenario optreedt tijdens de relevante evaluatieperiode (350 jaar tot 1000 jaar) bedraagt 6,3 x 10^{-2}.

- AES 1-2: Vroege en zware aardbeving (aardbeving met een terugkeerperiode van 20.000 jaar)
    1. Een aardbeving die zowel de afdekking, als de betoncomponenten aantast.
    2. Extreme degradatie op 350 jaar (moment van aardbeving) voor alle modules waarbij volgende hypothesen worden beschouwd:
        - Extremer scheurpatroon (diagonale scheuren voor alle types monolieten) en in vergelijking met het RS wordt verondersteld dat er meer water in de scheuren doorheen de monolieten stroomt;
        - Lineaire toename van de waterinsijpeling in de modules over een periode van 30 jaar (350 jaar in het RS).
    3. De waarschijnlijkheid dat dit scenario optreedt tijdens de relevante evaluatieperiode (350 jaar tot 2000 jaar) bedraagt 7,9 x 10^{-2}.
- AES 2-1: Val van een militair vliegtuig
    1. Een vliegtuigval die leidt tot een krater in de afdekking, waarbij de inslag gevolgen heeft voor twee modules;
    2. Startpunt degradatie van de helft van de modules ligt op 350 jaar en de andere helft ligt op 650 jaar i.p.v. een kwart van de modules op 650 jaar en driekwart op 1000 jaar in het RS. Er wordt dus verondersteld dat de vliegtuigval plaatsvindt na 350 jaar;
    3. De waarschijnlijkheid dat dit scenario optreedt tijdens de relevante evaluatieperiode (350 jaar tot 1000 jaar) bedraagt 1,37 x 10^{-4}.
- AES 2-2: Val van een groot passagiersvliegtuig
    1. Een vliegtuigval die naast een krater in de afdekking ook de onderliggende betonnen SSC's affecteert. De inslag heeft opnieuw gevolgen voor twee modules;
    2. Extreme degradatie op 350 jaar (moment van vliegtuiginslag) voor 50% van de modules waarbij volgende hypothesen worden beschouwd:
        - Extremer scheurpatroon (diagonale scheuren voor alle types monolieten) en in vergelijking met het RS wordt verondersteld dat er meer water in de scheuren doorheen de monolieten stroomt;
        - Lineaire toename van de waterinsijpeling in de modules over een periode van 30 jaar (350 jaar in het RS).
          De andere 50% van de modules degradeert volgens de hypothesen van het RS waarbij de degradatie wel aanvat na 650 jaar;
    3. De waarschijnlijkheid dat dit scenario optreedt tijdens de relevante evaluatieperiode (350 jaar tot 2000 jaar) bedraagt 1,65 x 10^{-4}.

    Aangezien bij dit scenario het afval bloot kan komen te liggen, werd er ook een scenario van "directe blootstelling" beschouwd, waarbij verondersteld wordt dat het afval niet wordt afgeschermd.
- AES 3-1: Versnelde erosie
    1. Erosie van de aardafdekking op een tijdspanne van enkele honderden jaren;

2. Startpunt degradatie van alle modules op 650 jaar i.p.v. een kwart van de modules op 650 jaar en driekwart op 1000 jaar in het RS;
3. Waarschijnlijkheid van optreden < 10^{-1}.

- AES 3-2: Extreme erosie
  1. Complete erosie van de afdekking na het einde van de Nucleaire Reglementaire Controlefase;
  2. Startpunt degradatie van alle modules op 350 jaar i.p.v. een kwart van de modules op 650 jaar en driekwart op 1000 jaar in het RS;
  3. Waarschijnlijkheid van optreden < 10^{-4}.
- AES 4: Complexanten
  1. Aanwezigheid van een niet-gedetecteerde hoeveelheid complexanten in het afval, waardoor er een belangrijke invloed kan zijn op de chemische retentie van de radionucliden in het bergingssysteem (radionucliden worden mobieler en kunnen zich makkelijker verspreiden);
  2. Voor 1% van de beschouwde radiologische activiteit wordt geen chemische retentie ondersteld. De overige 99% van de activiteit heeft dezelfde retentie als in het RS;
  3. Waarschijnlijkheid van optreden < 10^{-1}.

Bijkomend heeft NIRAS naast bovenvermelde scenario's ook combinaties beschouwd van groepen van initiërende FEP's die onafhankelijk zijn van elkaar, maar versterkende effecten op elkaar kunnen hebben indien ze beide optreden. De combinatie van FEP's moet hierbij wel als plausibel beschouwd worden. Volgens deze methodologie heeft NIRAS de volgende bijkomende scenario's beschouwd:

- AES 5-1: Complexanten in combinatie met een vroege aardbeving
  1. Een aardbeving die de afdekking aantast, maar niet de betoncomponenten waarbij in het afval ook een niet-gedetecteerde hoeveelheid complexanten aanwezig is;
  2. Combinatie van AES 1-1 en AES 4;
  3. De waarschijnlijkheid dat dit scenario optreedt tijdens de relevante evaluatieperiode (350 jaar tot 1000 jaar) is kleiner dan 6,3 x 10^{-3}.
- AES 5-2: Complexanten in combinatie met een vroege en zware aardbeving
  1. Een aardbeving die zowel de afdekking, als de betoncomponenten aantast waarbij in het afval ook een niet-gedetecteerde hoeveelheid complexanten aanwezig is;
  2. Combinatie van AES 1-2 en AES 4;
  3. De waarschijnlijkheid dat dit scenario optreedt tijdens de relevante evaluatieperiode (350 jaar tot 2000 jaar) is kleiner dan 7,9 x 10^{-3}.
- AES 6: Complexanten in combinatie met een versnelde erosie
  1. Erosie van de afdekking op een tijdspanne van enkele honderden jaren waarbij in het afval ook een niet-gedetecteerde hoeveelheid complexanten aanwezig is;
  2. Combinatie van AES 3-1 en AES 4;
  3. Waarschijnlijkheid van optreden < 10^{-2}.

FANC en Bel V kunnen akkoord gaan met de manier waarop NIRAS haar alternatieve evolutiescenario's heeft ontwikkeld en zijn van mening dat de gehanteerde methodologie verzekert dat de mogelijke gebeurtenissen zijn afgedekt.

- Formulering en implementatie van de modellen

  Beoordeling FANC en Bel V: Voor elk AES heeft NIRAS aangegeven welke aanpassingen van de hypothesen er doorgevoerd worden t.o.v. het RS (zie ook

hierboven). NIRAS dient echter wel nog systematisch de kwalificatie van de AES-modellen te ontwikkelen, en dit tegen een tweede Wetenschappelijke Raad.

- Bepaling van de radiologische impact en evaluatie van het radiologisch risico
  Beoordeling FANC en Bel V: Er wordt voldaan aan de risicobeperking voor de combinatie van alle AES'en. Voor de individuele scenario's is de impact ook steeds in lijn met de risicoreferentiewaarde van 10^{-6}/jaar, zij het dat ze voor 1 scenario (AES 1-2 vroege en zware aardbeving) wat wordt overschreden.

Scenario	Specificatie	Type restrictie	Criterium	Radiologische impact NIRAS
Alternatieve evolutie scenario's - impact bepaald voor volwassenen	AES 1-1 vroege aardbeving	Risicoreferentie waarde per scenario	10^{-6}/jaar	$4{,}2 \times 10^{-7}$/jaar
	AES 1-2 vroege en zware aardbeving			$2{,}0 \times 10^{-6}$/jaar
	AES 2-1 val militair vliegtuig			$6{,}4 \times 10^{-9}$/jaar
	AES 2-2 val groot passagiersvliegtuig			$1{,}6 \times 10^{-8}$/jaar
	AES 2-2 val groot passagiersvliegtuig (directe blootstelling)			$3{,}4 \times 10^{-8}$/jaar
	AES 3-1 versnelde erosie			$6{,}3 \times 10^{-7}$/jaar
	AES 3-2 extreme erosie			$6{,}6 \times 10^{-9}$/jaar
	AES 4 complexanten			$6{,}3 \times 10^{-7}$/jaar
	AES 5-1 complexanten en vroege aardbeving			$5{,}8 \times 10^{-8}$/jaar
	AES 5-2 complexanten en vroege/zware aardbeving			$4{,}0 \times 10^{-7}$/jaar
	AES 6 complexanten en versnelde erosie			$8{,}7 \times 10^{-8}$/jaar
	Combinatie van alle AES'en	Risicobeperking	**10^{-5}/jaar**	**$4{,}3 \times 10^{-6}$/jaar**

- §14.7 Onopzettelijke intrusie (HIS): analyse van een boorkern
  - Beschrijving van het scenario en oplijsting van haar belangrijkste hypothesen
    Beoordeling FANC en Bel V: Dit betreft het onderzoek in een laboratorium van een boorkern uit een primair collo geconditioneerd afval of uit het inwendig volume van een type III monoliet. Hierbij wordt de boorkern gedurende één werkweek geanalyseerd (representatieve persoon: laborant) en blijft de boorkern gedurende één werkjaar staan in het laboratorium.
    FANC en Bel V kunnen akkoord gaan met het scenario en de oplijsting van de belangrijkste hypothesen. Er wordt wel aangeraden om in deze paragraaf (§14.7.2) de volledige oplijsting van hypothesen op te nemen (en dus niet te werken met verwijzingen naar ondersteunende documenten). Dit om het beheer van het scenario in de toekomst goed overzichtelijk te houden.
  - Formulering en implementatie van de modellen
    Beoordeling FANC en Bel V: In §14.7.3 worden het conceptueel model, de blootstellingswegen, het wiskundig model en het computermodel (in HIAM) op voldoende wijze besproken.
  - Argumentatie van het omhullende karakter van het scenario en het model
    Beoordeling FANC en Bel V: In §14.7.5 kan de argumentatie van het omhullende karakter van het scenario en model gevonden worden. Op basis hiervan gaan FANC en Bel V akkoord dat het gestileerde, hypothetische scenario en model in termen van radiologische impact een redelijke bovengrens vormt.
  - Bepaling van de radiologische impact

Beoordeling FANC en Bel V: Voor een gemiddelde boorkern bedraagt de impact: 6,64 x 10^{-2} mSv. Voor de bestaande en gekarakteriseerde colli bedraagt de maximale impact 2,99 mSv aangezien alle colli met een impact > 3 mSv uit de bronterm werden geschrapt.
Het is belangrijk om op te merken dat de concentratielimiet (CLi) (zie §14.16) voor drie radionucliden (^{241}Am, ^{241}Pu en ^{94}Nb) naar beneden werd bijgesteld aangezien de initiële concentratielimiet bij dit scenario een dosisimpact > 3 mSv leverde. Er wordt ook aangetoond dat de equivalente dosislimiet voor de ooglens en voor de huid gerespecteerd is. FANC en Bel V kunnen hiermee akkoord gaan.

- §14.8 Onopzettelijke intrusie (HIS): direct-effect scenario's waarbij meerdere colli betrokken zijn
    - Beschrijving van de scenario's en oplijsting van de belangrijkste hypothesen
      Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS beschouwt in dit kader de volgende twee scenario's:
        - Boring: Bij dit scenario wordt een gat doorheen de tumulus (doorheen het afval) geboord tot in de aquifer, waarbij een doorboring betrekking heeft op 1 stapel monolieten. Vervolgens wordt het boorgruis verspreid rondom het boorgat. Dit is een direct effect-scenario waarbij de representatieve persoon de uitvoerder van de boring is.
        - Constructie-uitgraving: Bij dit scenario wordt een strook van de oostelijke tumulus uitgegraven over een diepte van 7 meter (dit is ongeveer 1 meter in het afval). De representatieve persoon is opnieuw de bouwvakker. Bij de bepaling van bv. de stofconcentratie wordt geen verdunning als gevolg van het mengen met de afdekking beschouwd.

      FANC en Bel V kunnen akkoord gaan met de scenario's en de oplijsting van de belangrijkste hypothesen. Er wordt wel aangeraden om in deze paragraaf (§14.8.2) de volledige oplijsting van hypothesen op te nemen (en dus niet te werken met verwijzingen naar ondersteunende documenten). Dit om het beheer van de scenario's in de toekomst goed overzichtelijk te houden.
    - Formulering en implementatie van de modellen
      Beoordeling FANC en Bel V: In §14.8.3 worden het conceptueel model, de blootstellingswegen, het wiskundig model en het computermodel (in HIAM) op voldoende wijze besproken.
    - Argumentatie van het omhullend karakter van scenario's en modellen
      Beoordeling FANC en Bel V: in §14.8.5 kan de argumentatie van het omhullend karakter van de scenario's gevonden worden. Op basis hiervan gaan FANC en Bel V akkoord dat de gestileerde, hypothetische scenario's en modellen in termen van radiologische impact een redelijke bovengrens vormen.
    - Bepaling van de radiologische impact
      Beoordeling FANC en Bel V:
        - Boring: De maximale radiologische impact bij homogene spreiding van het afval bedraagt 7,1 x 10^{-3} mSv. In het in de praktijk onmogelijke geval dat voor de monolieten van de doorboorde stapel alle radionuclideconcentraties gelijk zijn aan de concentratielimiet CLi, wordt een maximale radiologische impact van 3,4 mSv bekomen voor een stapel type I-monolieten en 3,6 mSv voor een stapel type III monolieten. Op basis hiervan argumenteert NIRAS dat de impact onder het scenario 'boring' op eender welke locatie in de berging lager zal zijn dan de dosisreferentiewaarde van 3 mSv. Er wordt ook aangetoond dat de

equivalente dosislimiet voor de ooglens en voor de huid gerespecteerd is. FANC en Bel V kunnen hiermee akkoord gaan.

- Constructie-uitgraving: De maximale radiologische impact bij homogene spreiding van het afval bedraagt 0,105 mSv. Omwille van de bestaande heterogeniteitsbeperkingen per module en per groep van vier aangrenzende modules (zie §14.16) zal de radiologische impact steeds lager zijn dan 3 mSv. Er wordt ook aangetoond dat de equivalente dosislimiet voor de ooglens en voor de huid gerespecteerd is. FANC en Bel V kunnen hiermee akkoord gaan.

- §14.9 Onopzettelijke intrusie (HIS): uitgesteld-effectscenario's door aantasting van de afzonderingscapaciteit
  - Beschrijving van de scenario's en oplijsting van de belangrijkste hypothesen
    Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS beschouwt in dit kader de volgende twee scenario's:
    - Residentie na boring: Bij dit scenario wordt het boorgruis verspreid over een oppervlakte van 500 m² en over een diepte van 30 cm. Opnieuw heeft de doorboring betrekking op één stapel monolieten. De representatieve personen zijn mensen die leven op de gecontamineerde grond.
    - Residentie na uitgraving: Bij dit scenario wordt het uitgegraven materiaal verspreid over een oppervlakte van 20.000 m² en over een diepte van 30 cm. De representatieve personen zijn mensen die leven op de gecontamineerde grond.

    FANC en Bel V kunnen akkoord gaan met de scenario's en de oplijsting van de belangrijkste hypothesen. Er wordt wel aangeraden om in deze paragraaf (§14.9.2) de volledige oplijsting van hypothesen op te nemen (en dus niet te werken met verwijzingen naar ondersteunende documenten). Dit om het beheer van de scenario's in de toekomst goed overzichtelijk te houden.
  - Formulering en implementatie van de modellen
    Beoordeling FANC en Bel V: In §14.9.3 worden het conceptueel model, de blootstellingswegen, het wiskundig model en het computermodel (in HIAM) op voldoende wijze besproken.
  - Argumentatie van het omhullend karakter van de scenario's en modellen
    Beoordeling FANC en Bel V: in §14.9.5 kan de argumentatie van het omhullend karakter van de scenario's en modellen gevonden worden. Op basis hiervan gaan FANC en Bel V akkoord dat de gestileerde, hypothetische scenario's en modellen in termen van radiologische impact een redelijke bovengrens vormen.
  - Bepaling van de radiologische impact
    Beoordeling FANC en Bel V:
    - Residentie na boring: De maximale radiologische impact bij homogene spreiding van het afval bedraagt 0,011 mSv/jaar voor jonge kinderen; 0,0079 mSv/jaar voor kinderen en 0,0077 mSv/jaar voor volwassenen. In het in de praktijk onmogelijke geval dat voor de monolieten van de doorboorde stapel alle radionuclideconcentraties gelijk zijn aan de CLi wordt een maximale radiologische impact van 3,3 mSv bekomen voor een stapel type I-monolieten en 3,5 mSv voor een stapel type III monolieten. Op basis hiervan argumenteert NIRAS dat de impact onder het scenario 'residentie na boring' op eender welke locatie in de berging lager zal zijn dan de dosisreferentiewaarde van 3 mSv. Er wordt ook

aangetoond dat de equivalente dosislimiet voor de ooglens en voor de huid gerespecteerd is. FANC en Bel V kunnen hiermee akkoord gaan.

- Residentie na uitgraving: De maximale radiologische impact bij homogene spreiding van het afval bedraagt 1,31 mSv/jaar voor jonge kinderen; 0,66 mSv/jaar voor kinderen en 0,44 mSv/jaar voor volwassenen.
  Verder wordt ten gevolge van dit scenario een absolute concentratiebeperking (CLi) opgelegd voor de volgende vier maatgevende radionucliden: ^{14}C, ^{36}Cl, ^{63}Ni en ^{94}Nb. Dit opdat altijd voldaan zou worden aan de dosisreferentiewaarde van 3 mSv/jaar. Er wordt ook aangetoond dat de equivalente dosislimiet voor de ooglens en voor de huid gerespecteerd is. FANC en Bel V kunnen hiermee akkoord gaan.

- §14.10 Onopzettelijke intrusie (HIS): uitgesteld-effectscenario's door aantasting van de insluitingscapaciteit
  - Beschrijving van de scenario's en oplijsting van de belangrijkste hypothesen Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS beschouwt in dit kader de volgende twee scenario's:
    - Residentie op de bergingsinstallatie: In dit scenario wordt een residentie op de oostelijke tumulus beschouwd waarbij een door de tumulus geboorde drinkwaterput wordt geëxploiteerd voor drinkwater, irrigatie en drenken van vee door de bewoners die leven in zelfvoorziening. De doorboring heeft hierbij betrekking op één stapel monolieten.
    - Grootschalige aantasting van de insluitingscapaciteit: In dit scenario wordt gekeken naar de uitloging naar een waterput aan de voet van de oostelijke tumulus nadat een deel van de installatie werd uitgegraven. Opnieuw wordt gekeken naar een zelfvoorzienend gezin.

    FANC en Bel V kunnen akkoord gaan met de scenario's en de oplijsting van de belangrijkste hypothesen. Er wordt wel aangeraden om in deze paragraaf (§14.10.2) de volledige oplijsting van hypothesen op te nemen (en dus niet te werken met verwijzingen naar ondersteunende documenten). Dit om het beheer van de scenario's in de toekomst goed overzichtelijk te houden.
  - Formulering en implementatie van de modellen. Beoordeling FANC en Bel V: In §14.10.3 worden het conceptueel model, de blootstellingswegen, het wiskundig model en het computermodel (in HIAM) op voldoende wijze besproken.
  - Argumentatie van het omhullend karakter van scenario's en modellen Beoordeling FANC en Bel V: in §14.10.5 kan de argumentatie van het omhullend karakter van de scenario's en modellen gevonden worden. Op basis hiervan gaan FANC en Bel V akkoord dat de gestileerde, hypothetische scenario's en modellen in termen van radiologische impact een redelijke bovengrens vormen.
  - Bepaling van de radiologische impact hypothesen.Beoordeling FANC en Bel V:
    - Residentie op de bergingsinstallatie: De maximale radiologische impact bij homogene spreiding van het afval bedraagt 0,165 mSv/jaar voor volwassenen, 0,128 mSv/jaar voor kinderen en 0,152 mSv/jaar voor jonge kinderen. Er zal in het kader van dit scenario een verificatie van het opvulplan dienen te gebeuren om aan te tonen dat bij de doorboring van elke stapel monolieten, die opgenomen is in het opvulplan, steeds voldaan wordt aan de dosisreferentiewaarde van 3 mSv. Er wordt ook aangetoond dat de equivalente dosislimiet voor de ooglens en voor de huid gerespecteerd is. FANC en Bel V kunnen hiermee akkoord gaan.

        - Grootschalige aantasting van de insluitingscapaciteit: De maximale radiologische impact bij homogene spreiding van het afval bedraagt 2,11 mSv/jaar voor volwassenen; 1,69 mSv/jaar voor kinderen en 1,74 mSv/jaar voor jonge kinderen. Verder wordt ten gevolge van dit scenario een heterogeniteitsbeperking op de schaal “groep van vier aangrenzende modules” vastgelegd voor de drie maatgevende radionucliden van dit scenario: ^{108m}Ag, ^{137}Cs en ^{129}I. Het is immers zo dat voor deze drie radionucliden de gemiddelde concentratie op schaal “groep van 4 aangrenzende modules” maximaal een factor 1,2 mag afwijken van de gemiddelde concentratie in de oostelijke tumulus (zie §14.16). Er zal in het kader van dit scenario een verificatie van het opvulplan dienen te gebeuren om aan te tonen dat op de schaal van vier aangrenzende modules in het opvulplan steeds voldaan wordt aan de dosisreferentiewaarde van 3 mSv. Er wordt ook aangetoond dat de equivalente dosislimiet voor de ooglens en voor de huid gerespecteerd is. FANC en Bel V kunnen hiermee akkoord gaan.
- §14.11 Het penaliserende grondwaterscenario (PS)
    - Beschrijving van het scenario en oplijsting van haar belangrijkste hypothesen
      Beoordeling FANC en Bel V: Bij dit scenario wordt gekeken naar uitloging bij minimale insluitingscapaciteit. Op het startpunt van het scenario (2000 jaar) wordt een ogenblikkelijke en volledige degradatie van het volledige bergingssysteem ondersteld. Enkele belangrijke hypothesen van dit model zijn:
        - Voor 2000 jaar is er geen uitloging van radionucliden, enkel verval en ingroei;
        - Alle cementgebonden materialen zijn gecarbonateerd of uitgeloogd. Er is dus enkel sorptie op calciet beschouwd;
        - Hypothetische waterput aan de voet van de oostelijke tumulus en een zelfvoorzienend gezin, waarbij dezelfde Geosfeer Transfer Factor (GTF) als voor het referentiescenario (RS) wordt gehanteerd;
        - Gehomogeniseerde zone van calciet en afval;
        - Bypass via scheuren waarin geen sorptie wordt verondersteld.

      FANC en Bel V kunnen akkoord gaan met het scenario en de oplijsting van de belangrijkste hypothesen.
    - Formulering en implementatie van de modellen
      Beoordeling FANC en Bel V: In §14.11.3 wordt de formulering en implementatie van het installatiemodel besproken. De hydrogeologische modellen §14.11.4) en biosfeermodellen (§14.11.5) zijn dezelfde als voor het RS.
    - Argumentatie van het omhullende karakter
      Beoordeling FANC en Bel V: Het omhullende karakter van het penaliserend grondwaterscenario en model in het licht van de minimaal mogelijke performantie wordt op een aanvaardbare manier aangetoond en beschreven in §14.11.7 van het veiligheidsrapport.
    - Bepaling van de radiologische impact
      Beoordeling FANC en Bel V: De maximale radiologische impact van dit scenario bedraagt 3,8 mSv/jaar. Dit is echter een zeer korte piekimpact (enkele jaren) waarvoor NIRAS argumenteert dat deze onrealistisch is. Een meer realistische aanpak is om deze piek te verspreiden over enkele decennia. Hierdoor komt de maximale impact ongeveer overeen met de dosisreferentiewaarde van 3 mSv/jaar. FANC en Bel V kunnen akkoord gaan met de gegeven argumentatie en aanvaarden de berekende dosisimpact.

- §14.12 Het penaliserende grondscenario (PS)
  - Beschrijving van het scenario en oplijsting van haar belangrijkste hypothesen
    Beoordeling FANC en Bel V: Dit betreft een scenario van direct contact tussen mens en afval. Opnieuw wordt er verondersteld dat er tot het startmoment van het scenario enkel verval en ingroei, maar geen uitloging van de radionucliden is. Op 2000 jaar wordt vervolgens het restmateriaal van de berging, waarbij geen rekening gehouden wordt met de afdekking, verspreid in de omgeving over een oppervlakte van 20.000 m² en een diepte van 0,5 m. Verder worden ook volgende omhullende hypothesen gebruikt:
    - Er wordt geen uitloging beschouwd aangezien uit het intrusiescenario "residentie na uitgraving" gebleken is dat ingestie van drinkwater in dit geval geen significante bijdrage levert;
    - De representatieve doelgroep is een zelfvoorzienend gezin in de gecontamineerde zone.

    In dit beschouwde scenario bevat de gecontamineerde grond een afvalfractie van 42,1%. Op basis van de huidige regelgeving rond het hergebruik van uitgegraven materiaal als bodem, mag er slechts een gehalte aan andere bodemvreemde materialen (buiten stenen) van maximaal één massa- en volumeprocent zijn om het uitgegraven materiaal als bodem te hergebruiken. Op basis van de huidige regelgeving is het gebruik van gecontamineerde grond met een afvalfractie van 42,1% dus uitgesloten.
    FANC en Bel V kunnen akkoord gaan met het scenario en de oplijsting van de belangrijkste hypothesen.
    Formulering en implementatie van de modellen
    Beoordeling FANC en Bel V: In §14.12.3 worden het conceptueel model, de blootstellingswegen, het wiskundig model en het computermodel (in HIAM) op voldoende wijze besproken.
    Argumentatie van het omhullende karakter van scenario en modellen
    Beoordeling FANC en Bel V: Het omhullende karakter van het penaliserende grondscenario en model in het licht van de minimaal mogelijke performantie wordt op een aanvaardbare manier aangetoond en beschreven in §14.12.5 van het veiligheidsrapport.
  - Bepaling van de radiologische impact
    Beoordeling FANC en Bel V: De maximale radiologische impact van dit scenario bedraagt 2,1 mSv/jaar, waardoor er voldaan wordt aan de dosisreferentiewaarde van 3 mSv/jaar.
- §14.13 Essentiële parameters
  - Identificatie en beschrijving van de essentiële parameters
    Beoordeling FANC en Bel V: Essentiële parameters zijn de parameters (of hypothesen) waarvoor een sterke afwijking ten opzichte van de beschouwde waarde, of het niet respecteren van het ermee geassocieerde conformiteitscriterium, de resultaten en conclusies van de veiligheidsevaluatie kan beïnvloeden. In eerste instantie heeft NIRAS beschreven op welke basis de essentiële parameters bepaald werden. Vervolgens wordt in tabelvorm een overzicht gegeven van de beschouwde essentiële parameters en hypothesen, waarbij een korte beschrijving en argumentatie van de gekozen waarde/hypothese wordt gegeven. FANC en Bel V kunnen hiermee akkoord gaan. NIRAS heeft momenteel geen essentiële parameters met betrekking tot de biosfeer geïdentificeerd, hoewel ook daar een afwijking van sommige parameters de resultaten van de veiligheidsevaluatie significant kan beïnvloeden. Daarom

vragen FANC en Bel V om de essentiële parameters uit te breiden met de essentiële biosfeerparameters tegen het bevestigingsbesluit.

- Bepaling van de relevante onzekerheden per essentiële parameter
  Beoordeling FANC en Bel V: In de tabel met de oplijsting van de essentiële parameters en hypothesen wordt steeds de relevante onzekerheid beschreven. FANC en Bel V kunnen hiermee akkoord gaan.
- Opvolging/controle van de essentiële parameters
  Beoordeling FANC en Bel V: In de tabel met de oplijsting van de essentiële parameters en hypothesen wordt de geplande opvolging en controle beschreven. FANC en Bel V kunnen hiermee akkoord gaan.

- §14.14 Performantieanalyse: insluitingscapaciteit
  Beoordeling FANC en Bel V: In het huidige veiligheidsdossier heeft NIRAS geen performantieanalyse op het gebied van insluiting uitgevoerd. FANC en Bel V vragen daarom om, voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad, een performantieanalyse uit te voeren met betrekking tot de lange termijn insluitingscapaciteit. Zoals vermeld in §14.4 zal NIRAS een nieuw EES-installatiemodel moeten ontwikkelen om de performantieanalyse met betrekking tot de insluitingscapaciteit uit te voeren.
- §14.15 Performantieanalyse: afzonderingscapaciteit
  Beoordeling FANC en Bel V: In het huidige veiligheidsdossier heeft NIRAS geen performantieanalyse op het gebied van afzondering uitgevoerd. FANC en Bel V vragen daarom om, voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad, een performantieanalyse uit te voeren met betrekking tot de lange termijn afzonderingscapaciteit.
- §14.16 Afleiding van operationele criteria op basis van de lange termijn veiligheidsevaluatie.
  - Identificatie van de kritieke radionucliden
    Beoordeling FANC en Bel V: In §14.16.2 wordt de identificatie van de kritieke radionucliden beschreven, waarbij de volgende scenario's beschouwd worden: referentiescenario voor geleidelijke uitloging, intrusiescenario's, penaliserende scenario's. FANC en Bel V kunnen akkoord gaan met de door NIRAS geïdentificeerde kritieke radionucliden. Er wordt wel opgemerkt dat de leesbaarheid van deze paragraaf kan verhoogd worden, door het vermijden van onnodige herhalingen. De tabel 14-98, met de nodige verduidelijking, is in dit kader eigenlijk voldoende.
  - Toegelaten radiologische capaciteit per radionuclide
    Beoordeling FANC en Bel V: In §14.16.3 wordt enerzijds een overzicht gegeven van de totale radiologische capaciteit. In eerste instantie wordt de totale activiteit van bronterm 2013 V2 gegeven en vervolgens worden ook de Operationele Limieten (OLi) voor de oostelijke tumulus, bepaald als 20/29ste van de totale bronterm in de veronderstelling van een homogene verdeling. Hierbij geeft NIRAS duidelijk aan dat voor de westelijke tumulus de actuele hydrogeologische situatie nog dient bevestigd te worden.
  - Absolute concentratielimieten
    Beoordeling FANC en Bel V: In eerste instantie worden er concentratielimieten (CLI) per collo bepaald voor de kritieke radionucliden, waarbij duidelijk wordt aangegeven hoe deze werden bepaald. Deze limieten zijn bepaald als enveloppe concentraties rond de in de bronterm 2013 V2 aanwezige maximale nuclideconcentraties in het afval. Voor elke concentratielimiet of CLi op zich is eveneens aangetoond dat deze niet kan leiden tot onaanvaardbare

consequenties in geval van menselijke intrusie in een afvalvat dat deze nuclideconcentratie bevat (in casu analyse van een boorkern in de onwetendheid dat het radioactief materiaal betreft). Zie in dit kader §14.6.
Verder heeft NIRAS op basis van het intrusiescenario 'residentie na uitgraving' (zie §14.9) ook absolute concentratielimieten op moduleniveau bepaald voor de volgende vier radionucliden: ^{14}C, ^{36}Cl, ^{63}Ni en ^{94}Nb.
FANC en Bel V kunnen hiermee akkoord gaan.

- Beperkingen qua activiteit en heterogeniteit
  Beoordeling FANC en Bel V: In deze paragraaf wordt door NIRAS een overzicht gegeven van bijkomende regels en limieten die door NIRAS worden opgelegd op de volgende niveaus:
  - Module:
    - Heterogeniteitsfactor over alle kritieke radionucliden van maximaal 2 voor iedere module van de oostelijke tumulus, om reden van homogeniteit zoals verondersteld in de veiligheidsevaluatie;
  - Groep van vier aangrenzende modules:
    - Heterogeniteitsfactor gemiddeld over alle kritieke radionucliden van maximaal 1,33 voor iedere groep van vier aangrenzende modules van de oostelijke tumulus, om reden van de doelstelling de berging zo homogeen mogelijk op te vullen, onafhankelijk van de veronderstellingen van de veiligheidsevaluatie;
    - Toegelaten heterogeniteitsfactor van 1 gemiddeld over de radionucliden ^{94}Nb, ^{239}Pu, ^{240}Pu, om reden van respecteren criteria onder het referentiescenario;
    - Toegelaten heterogeniteitsfactor van 1,2 gemiddeld over de radionucliden ^{137}Cs, ^{108m}Ag, ^{129}I, om reden van respecteren reglementaire criteria onder een scenario voor menselijke intrusie 'grootschalige aantasting van de insluitingscapaciteit'.

  FANC en Bel V kunnen hiermee akkoord gaan.
- Uit te voeren verificaties voorafgaand aan het opvullen van modules
  Beoordeling FANC en Bel V: In deze paragraaf wordt door NIRAS een overzicht gegeven van bijkomende verificatie van het opvulplan die door NIRAS zullen worden toegepast op de volgende schalen:
  - Collo (Type I) of monoliet (Type III):
    - Verificatie impact bij scenario van menselijke intrusie 'analyse van een boorkern', om reden van respecteren criteria;
  - Stapel monolieten:
    - Verificatie impact bij scenario van menselijke intrusie 'residentie op de bergingsinstallatie', om reden van respecteren criteria;
  - Groep van vier aangrenzende modules:
    - Verificatie impact bij referentiescenario, om reden van respecteren criteria;
      - Verificatie impact bij de individuele AES'en, om reden van respecteren criteria;
      - Verificatie impact bij scenario van menselijke intrusie 'grootschalige aantasting van de insluitingscapaciteit' om reden van respecteren criteria.

  FANC en Bel V kunnen hiermee akkoord gaan.

- Toepasbaarheid van de voorgestelde methodologie van operationele criteria en verificaties
  Beoordeling FANC en Bel V: FANC en Bel V gaan akkoord met de voorgestelde aanpak van limieten, regels en verificaties van het opvulplan en oordelen dat deze methodologie ook toegepast kan worden. FANC en Bel V merken hierbij wel op dat de huidige §14.16 niet geschreven is als een bruikbare handleiding voor de latere operationele fase. Daarvoor is de tekst te ingewikkeld en zijn bepaalde delen van de tekst (bv. de samenvattende tabel 14-103 in §14.16.7) niet zelfdragend genoeg.
  FANC en Bel V wijzen tevens op het risico dat de radiologische capaciteit van de modules in de westelijke tumulus mogelijks kleiner zal zijn dan deze van de modules in de oostelijke tumulus. Hierdoor is er geen garantie dat de inrichting alle momenteel voorziene radioactief afval zal kunnen bergen.

- §14.17 Kwalitatieve bewijzen en argumenten
  - Beschrijving van de kwalitatieve bewijzen en argumenten van NIRAS om het vertrouwen in de veiligheidsevaluaties te onderbouwen
    Beoordeling FANC en Bel V: Aanvullend aan de zuiver kwantitatieve analyses i.h.k.v. de lange termijn veiligheidsevaluatie heeft NIRAS ook kwalitatieve bewijzen en argumenten toegevoegd om het vertrouwen in de kwantitatieve resultaten te versterken. Het betreft de volgende elementen:
    - Gebruik van best beschikbare kennis bij het vastleggen van de evaluatiebasis;
    - Diverse veldmetingen en archeologische gegevens;
    - Volledigheidschecks;
    - Argumentatie van het representatief of omhullend karakter voor de verschillende beschouwde scenario's en modellen;
    - Verificatie en validatie van de wiskundige modellen en computermodellen;
    - Behandeling van de voor veiligheid relevante onzekerheden.

    FANC en Bel V gaan akkoord met de door NIRAS vermelde kwalitatieve bewijzen en argumenten die bijdragen tot het vertrouwen in de kwantitatieve analyses.
- §14.18 bevat de conclusies, terwijl §14.19 de bijlagen bevat. FANC en Bel V hebben hierop geen opmerkingen.
- §14.20 Kwalificatie, verificatie en validatie (QVV) van rekenmethodes en programma's
  - QVV voor de installatiemodellen
    Beoordeling FANC en Bel V:
    Voor kwalificatie heeft NIRAS:
    - Voor het expected evolution scenario (EES) gekeken of de hypothesen en parameters representatief zijn voor de verwachte evolutie. Indien dit niet het geval was, werd er een analyse gemaakt van de invloed op het systeemgedrag en rechtvaardiging t.o.v. de doelstellingen van het EES;
    - Voor het referentiescenario (RS) gekeken naar het conservatisme t.o.v. het EES en haar onzekerheden;
    - Voor de alternatieve evolutiescenario's (AES) gekeken of deze de mogelijke, maar niet verwachte evoluties afdekken en voldoende omhullend zijn; doch een systematische kwalificatie van de AES-modellen is niet gebeurd en wordt gevraagd tegen de tweede Wetenschappelijke Raad;
    - Voor de intrusiescenario's en penaliserende scenario's het omhullend karakter van de gestileerde scenario's beargumenteerd.

    Qua verificatie werd een verificatie op drie niveaus uitgevoerd:

- Verificatie van het wiskundig model;
- Verificatie van de codering (o.a. vergelijking met andere codes);
- Verificatie van het computermodel (o.a. convergentie i.f.v. gridverfijning).

Voor het computermodel wordt hierbij gebruik gemaakt van de code COMSOL 3.5.
De validatie is beperkt omwille van de tijdschaal, maar er is wel een partiële validatie gebeurd op procesniveau in vergelijkbare systemen (diffusief transport in cementgebaseerde materialen, waterstroming en transport in poreuze media met lage permeabiliteit en in gescheurde componenten).
Bel V heeft met behulp van de code FEFLOW een onafhankelijke verificatie uitgevoerd van de resultaten van de berekeningen door NIRAS voor het gehanteerde installatiemodel van het RS. Op basis van deze verificatie, en ook op basis van de evaluatie door FANC en Bel V van de kwalificatie en kwaliteitscontrole door NIRAS en SCK°CEN, **kunnen FANC en Bel V akkoord gaan met de door NIRAS beschouwde installatie-modellen.**

- QVV voor de hydrogeologische modellen

Beoordeling FANC en Bel V: Voor de berekening van de GTF maken de transportmodellen, geïmplementeerd in MT3DMS, gebruik van een ondersteunend lokaal grondwatermodel geïmplementeerd in MODFLOW-2005. Dit lokale grondwatermodel is voor zijn randvoorwaarden gedeeltelijk gebaseerd op een in MODFLOW-2005 geïmplementeerd regionaal grondwatermodel.
Het lokale grondwatermodel werd gekalibreerd t.o.v. gemeten grondwaterniveaus. De stroomrichting in de nabijheid van de oostelijke tumulus van het model werd bevestigd door stijghoogtemetingen in piëzometers, terwijl de stroomsnelheid in de nabijheid van de oostelijke tumulus werd bevestigd door dilutietesten en in situ conductiviteitsmetingen. Het model werd ook gekwalificeerd, rekening houdend met de toekomstige veranderingen zoals klimaatverandering of het mogelijk dempen van het nabijgelegen kanaal.
Voor het lokale grondwatermodel hebben FANC en Bel V het door NIRAS gehanteerde model met gegevens en observaties van het terrein vergeleken. Deze vergelijking duidt erop dat de gesimuleerde gradiënt ter hoogte van de oostelijke tumulus overschat is. Echter tonen de in situ conductiviteitsmetingen dat deze overschatting door een onderschatting van de hydraulische conductiviteit in het model gecompenseerd wordt. FANC en Bel V hebben ook een onafhankelijke verificatie uitgevoerd van de GTF-bepaling door NIRAS met behulp van een analytisch model.
Zoals reeds gemeld in §14.4 zijn de conclusies van de evaluatie van de kwalificatie en van deze onafhankelijke verificatie en validatie dat FANC en Bel V:

- akkoord gaan met de gehanteerde GTF voor een waterput aan de voet van de oostelijke tumulus;
- het gebruikte lokale grondwatermodel:
  - onvoldoende representatief achten om het conservatisme van de GTF voor een waterput aan de voet van de westelijke tumulus te kunnen justifiëren;
  - onvoldoende gevalideerd geacht wordt om het conservatisme van de GTF voor de kwelgebieden te kunnen justifiëren.

Hiertoe zal een nieuw hydrogeologisch model opgesteld moeten worden dat de actuele situatie ter hoogte van de bergingssite en haar omgeving op een correcte manier voorstelt. Voor FANC en Bel V dient dit te gebeuren voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad.

- QVV voor de biosfeermodellen

Beoordeling FANC en Bel V: Voor de biosfeermodellen heeft de receptor

waterput aan de voet van de oostelijke tumulus de hoogste radiologische impact. Ook voor deze modellen werd door NIRAS een uitgebreide kwalificatie en verificatie uitgevoerd. Omwille van de gestileerde aanpak van deze modellen is er slechts een beperkte validatie door meting of experiment mogelijk. Biosfeermodellen zijn wiskundige modellen gebaseerd op analytische vergelijkingen voor het bepalen van transfer- en blootstellingswegen. FANC en Bel V hebben, met behulp van Excel en de code AMBER, een onafhankelijke verificatie uitgevoerd van de resultaten van de door NIRAS uitgevoerde berekeningen met het biosfeermodel geassocieerd aan een waterput. Op basis hiervan gaan FANC en Bel V akkoord met het door NIRAS gehanteerde biosfeermodel voor de waterput aan de voet van de tumuli. Voor de biosfeerreceptor 'kwelgebieden' wordt gevraagd om de inname door dieren van besmet grondwater afkomstig van de put in ondiep grondwater in dit biosfeermodel te beschouwen en om de grondeigenschappen, die in dit model beschouwd worden, te rechtvaardigen t.o.v. de eigenschappen van de gronden die in de geïdentificeerde kwelgebieden waargenomen worden. Ten slotte gaan FANC en Bel V op basis van hun evaluatie akkoord met het biosfeermodel dat door NIRAS gehanteerd wordt voor een rivier.

14.2.3. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad

Minimaal dient voor de eerste zitting van de wetenschappelijke raad aan volgende voldaan te zijn:

- Methodologie van de lange termijn veiligheidsevaluatie is duidelijk, goed beschreven en in lijn met de leidraad RPC-LT [11]. Beoordeling FANC en Bel V: De methodologie is duidelijk beschreven en in lijn met FANC-leidraad RPC-LT [11].
- De radiologische impact van het referentiescenario, waarvoor het conservatisme t.o.v. het EES en haar onzekerheden is aangetoond, is in lijn met de dosisbeperking van 0,1 mSv/jaar; Beoordeling FANC en Bel V: De hoogste radiologische impact van het RS bedraagt 0,096 mSv/jaar op 2000 jaar. Daarna blijft de radiologische impact van dezelfde grootteorde. Er wordt dus voldaan aan de dosisbeperking.
- Het radiologische risico van de afzonderlijke alternatieve evolutiescenario's is aanvaardbaar t.o.v. de risicoreferentiewaarde per scenario. Beoordeling FANC en Bel V: Zoals blijkt uit onderstaande tabel zijn de radiologische risico's van de afzonderlijke alternatieve evolutiescenario's aanvaardbaar t.o.v. de risicoreferentiewaarde.

Scenario	Specificatie	Type restrictie	Criterium	Radiologische impact NIRAS
Alternatieve evolutie scenario's - impact bepaald voor volwassenen	AES 1-1 vroege aardbeving	Risicoreferentie waarde per scenario	10^{-6}/jaar	4,2 x 10^{-7}/jaar
	AES 1-2 vroege en zware aardbeving			2,0 x 10^{-6}/jaar
	AES 2-1 val militair vliegtuig			6,4 x 10^{-9}/jaar
	AES 2-2 val groot passagiersvliegtuig			1,6 x 10^{-8}/jaar
	AES 2-2 val groot passagiersvliegtuig (directe blootstelling)			3,4 x 10^{-8}/jaar
	AES 3-1 versnelde erosie			6,3 x 10^{-7}/jaar
	AES 3-2 extreme erosie			6,6 x 10^{-9}/jaar
	AES 4 complexanten			6,3 x 10^{-7}/jaar

	AES 5-1 complexanten en vroege aardbeving			$5,8 \times 10^{-8}$/jaar
	AES 5-2 complexanten en vroege/zware aardbeving			$4,0 \times 10^{-7}$/jaar
	AES 6 complexanten en versnelde erosie			$8,7 \times 10^{-8}$/jaar

- Het radiologische risico van alle alternatieve evolutiescenario's samen voldoet aan het risicocriterium van 10^{-5}/jaar. Beoordeling FANC en Bel V: Het risico van de combinatie van alle alternatieve evolutiescenario's bedraagt 4,3 10^{-6}/jaar. Er wordt dus voldaan aan het risicocriterium.
- De radiologische impact van de scenario's van onopzettelijke intrusie, waarvoor het omhullende karakter is aangetoond, is aanvaardbaar t.o.v. de dosisreferentiewaarde van 3 mSv/a.
  Beoordeling FANC en Bel V: Zoals blijkt uit onderstaande tabel zijn de radiologische impacts van de scenario's van onopzettelijke menselijke intrusie aanvaardbaar t.o.v. de risicoreferentiewaarde

Scenario	Specificatie	Type restrictie	Criterium	Radiologische impact NIRAS
Onopzettelijke menselijke intrusie scenario's - homogene spreiding (behalve voor analyse van een boorkern)	Analyse van een boorkern (gemiddelde boorkern)	Dosisreferentie waarde	3 mSv/jaar	0,066 mSv/jaar
	Analyse van een boorkern (maximale impact op basis van bestaande bronterm)			2,99 mSv/jaar
	Boring			0,007 mSv/jaar
	Constructie-uitgraving			0,105 mSv/jaar
	Residentie na boring			0,008 mSv/jaar
	Residentie na uitgraving			1,31 mSv/jaar
	Residentie op de bergingsinstallatie			0,165 mSv/jaar
	Grootschalige aantasting van de insluitingscapaciteit			2,11 mSv/jaar

- De radiologische impact van de penaliserende scenario's, waarvoor het omhullende karakter is aangetoond, is aanvaardbaar t.o.v. de dosisreferentiewaarde van 3 mSv/a.
  Beoordeling FANC en Bel V:

Scenario	Specificatie	Type restrictie	Criterium	Radiologische impact NIRAS
Penaliserend scenario	Grondwaterscenario	Dosisreferentie waarde	3 mSv/jaar	3,8 mSv/jaar
	Grondscenario			2,1 mSv/jaar

- Er is een duidelijke beschrijving van de essentiële parameters, de relevante onzekerheden erop worden bepaald en er wordt aangegeven hoe deze zullen worden opgevolgd.
  Beoordeling FANC en Bel V: De identificatie en beschrijving van de essentiële parameters is duidelijk beschreven in §14.13. Voor alle essentiële parameters en hypothesen werden de relevante onzekerheden bepaald en is aangegeven hoe de opvolging ervan zal gebeuren. NIRAS heeft momenteel geen essentiële parameters met betrekking tot de biosfeer geïdentificeerd, hoewel ook daar een afwijking van sommige parameters de resultaten van de veiligheidsevaluatie significant kan beïnvloeden. Daarom vragen FANC en Bel V om de essentiële parameters uit te breiden met de essentiële biosfeerparameters tegen het bevestigingsbesluit.

- De operationele criteria zijn op een éénduidige manier af te leiden uit de lange termijn veiligheidsevaluatie.
  Beoordeling FANC en Bel V: FANC en Bel V gaan akkoord met de voorgestelde aanpak van limieten, regels en verificaties van het opvulplan en oordelen dat deze eenduidig zijn af te leiden uit de lange termijn veiligheidsevaluatie.
- De voorgestelde methodologie van operationele criteria en verificaties lijkt toepasbaar in de praktijk en garandeert dat de berging op een correcte manier kan opgevuld worden.
  Beoordeling FANC en Bel V: FANC en Bel V stellen dat de voorgestelde methodologie van operationele criteria en verificaties toepasbaar lijkt in de praktijk.
  FANC en Bel V merken hierbij wel op dat de huidige §14.16 niet geschreven is als een bruikbare handleiding voor de latere operationele fase.
  FANC en Bel V wijzen tevens op het risico dat de radiologische capaciteit van de modules in de westelijke tumulus mogelijks kleiner zal zijn dan deze van de modules in de oostelijke tumulus. Hierdoor is er geen garantie dat de inrichting alle momenteel voorziene radioactief afval zal kunnen bergen.
- De rekenmethodes en -programma's die bij de veiligheidsanalyses gebruikt worden, zijn geverifieerd en gevalideerd.
  Beoordeling FANC en Bel V: De rekenmethodes en programma's werden afdoende geverifieerd en gevalideerd voor FANC en Bel V om gebruikt te kunnen worden bij de veiligheidsanalyse van de oostelijke tumulus van de inrichting.

14.3. Conclusies FANC en Bel V

De gegeven informatie aangaande de lange termijnveiligheidsevaluatie is voor FANC en Bel V volledig. De lange termijnveiligheidsevaluatie voldoet aan de reglementaire vereisten en de verwachtingen van FANC en Bel V. De veiligheidsautoriteit heeft wel de volgende bemerkingen:

51. Een performantieanalyse aangaande insluiting en afzondering ontbreekt voorlopig.
52. Voor de westelijke tumulus en voor de kwelgebieden kan het gehanteerde hydrogeologisch model momenteel niet gevalideerd worden.
53. Een aanpassing van het biosfeermodel voor de kwelgebieden is noodzakelijk.
54. Een herziening van de evaluatie van de impact op niet-menselijke biota waarbij recente internationale ontwikkelingen in rekening worden gebracht, is nodig.
55. Een systematische kwalificatie van de AES-scenariomodellen dient nog te gebeuren
56. De essentiële parameters met betrekking tot de biosfeer dienen nog geïdentificeerd te worden.

In functie van hun analyse concluderen FANC en Bel V dat de vereisten waaraan voldaan moest worden voor de eerste wetenschappelijke raad, positief zijn ingevuld.
Op basis van deze elementen oordelen FANC en Bel V dat de voorgestelde methodologie en evaluaties qua lange termijnveiligheid als aanvaardbaar kunnen beschouwd worden.
In navolging van de gegeven bemerkingen wordt door FANC en Bel V aan de Wetenschappelijke Raad geadviseerd om de volgende elementen te vragen voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad:

57. Een performantieanalyse voor de lange termijn veiligheid aangaande insluiting en afzondering;
58. De bepaling van de radiologische impact voor een aangepast referentiescenario (RS) op basis van een meer representatief installatiemodel dat eveneens te ontwikkelen is voor de performantieanalyse;
59. Een herziening van de evaluatie van de impact op niet-menselijke biota waarbij recente internationale ontwikkelingen in rekening worden gebracht, bijkomende

blootstellingswegen worden beschouwd en de fauna en flora van de te identificeren kwelgebieden wordt nagegaan;

60. Een update van het hydrogeologische model op basis van terreinmetingen, en op basis daarvan het afleiden van een geosfeertransferfactor voor de Westelijke Tumulus en de bepaling van het effect van mogelijke kwelgebieden in de omgeving van de berging;
61. Een update van de biosfeerreceptor ‘kwelgebieden’, waarbij de inname door dieren van besmet grondwater afkomstig van de put in ondiep grondwater beschouwd wordt, en waarbij de voor het kwelgebied gepaste grondeigenschappen gemodelleerd worden.
62. Een systematisch de kwalificatie van de AES-modellen.

15. Conformiteitscriteria voor bergingscolli

15.1. Context

Conformiteitscriteria zijn deze criteria waaraan het radioactief afval, de afvalcolli en de bergingscollo (monolieten) dienen te voldoen opdat zij in een hiervoor geëigende installatie kunnen aanvaard worden en dus de veiligheid ervan niet zouden kunnen hypothekeren.
De doelstellingen van dit hoofdstuk is het vastleggen van conformiteitscriteria opdat de bergingscolli qua fysicochemische en radiologische samenstelling als aanvaardbaar kunnen beschouwd worden om opgenomen te worden in de bergingsinstallatie; alsook het aantonen hoe deze conformiteitscriteria zullen geïmplementeerd worden.

15.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk

In deze paragraaf worden kort de verwachtingen van FANC en Bel V aangaande dit hoofdstuk weergegeven, alsook de invulling die er door NIRAS aan gegeven werd. In §15.2.1 wordt beschreven op welke wijze de antwoorden op de vragen van FANC en Bel V in rekening worden gebracht in het vergunningsaanvraagdossier. In §15.2.2 wordt per paragraaf van het hoofdstuk een oplijsting gemaakt van welke aspecten beschreven zouden moeten zijn in dit hoofdstuk, en in kleur de beoordeling van deze aspecten in het hoofdstuk door FANC en Bel V. Vervolgens wordt in §15.2.3 een opsomming gemaakt van de vereisten die voor FANC en Bel V minimaal in te vullen zijn voorafgaand aan de eerste zitting van de Wetenschappelijke Raad, alsook in het groen de beoordeling door FANC en Bel V van de invulling ervan door NIRAS.

15.2.1. Manier waarop de antwoorden op de vragen van FANC en Bel V in rekening worden gebracht in het vergunningsaanvraagdossier

De antwoorden op de vragen van FANC en Bel V, die voorafgaand aan de eerste Wetenschappelijke Raad dienden beantwoord te worden, werden op een correcte manier opgenomen in het vergunningsaanvraagdossier.

15.2.2. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling

- §15.1 Inleiding en doelstellingen
    - Methodologie voor de afleiding van conformiteitscriteria
      Beoordeling FANC en Bel V: De globale aanpak en methodologie voor het bepalen van de vereisten en criteria werd goed uitgelegd. Elke vereiste en elk criterium op zich wordt verder uitgelegd bij de ontwikkeling in de specifieke paragrafen. FANC en Bel V zouden wel een aantal van de vereisten willen wijzigen in soms meer algemene vereisten, alsook een aantal van de vereisten anders formuleren om duidelijker de doelstelling weer te geven. Een eerste voorstel zal worden gedaan in de hoofdtekst van het verslag aan de Wetenschappelijke Raad.
- §15.2 Mechanische conformiteitscriteria
    - Beschrijving, rechtvaardiging en toekomstige implementatie van de mechanische conformiteitscriteria
      Beoordeling FANC en Bel V: In het vergunningsaanvraagdossier hebben mechanische conformiteitscriteria enkel betrekking op de caisson, aangezien enkel deze de krachten zal opnemen van bovenliggende monolieten en structuren. FANC en Bel V kunnen hiermee akkoord gaan. Afval zelf neemt geen krachten op en er zijn dus geen mechanische conformiteitscriteria voor het afval.

Mechanische eisen voor caisson volgen uit de vereisten in het hoofdstuk 7 (Ontwerp en constructie van de bergingscolli) en zijn aanvaardbaar.

- §15.3 Fysische conformiteitscriteria
  - Beschrijving, rechtvaardiging en toekomstige implementatie van de fysische conformiteitscriteria
    Beoordeling FANC en Bel V: Bij de fysische conformiteitscriteria vinden we de maximale massa, minimale cementhoeveelheid, minimale opvulgraad van vaten heterogeen afval, de afwezigheid van vrije vloeistoffen, en het vermijden van expansie door Alkali-Silica-Reactie of ASR en Delayed-Ettringite-Formation of DEF. Deze zijn voor FANC en Bel V volledig en in lijn met de veiligheidsfuncties en veiligheidsevaluatie. Er kan in de marge gemeld worden dat een significant deel van het afval ASR-reacties vertoont en dat voor dit afval een specifieke aanpak ontwikkeld moet worden aangezien dit afval in zijn huidige vorm niet geborgen kan worden in de oppervlaktebergingsinrichting.
- §15.4 Chemische conformiteitscriteria
  - Beschrijving, rechtvaardiging en toekomstige implementatie van de chemische conformiteitscriteria
    Beoordeling FANC en Bel V: De chemische conformiteitscriteria van de caisson en opvulmortel zijn coherent met de vereisten uit het hoofdstuk 7.
    Voor cellulose zijn FANC en Bel V akkoord met de voorgestelde limietwaarde van 0,4kg per monoliet, hoewel deze streng is, daar ze gebaseerd is op conservatieve veronderstellingen. Betreffende de chloorwaarde wordt de limiet van 0.4 m% van het cement afgeleid uit de Belgische betonnormen. Het is echter nergens in het dossier bevestigd dat die concentratie geen impact heeft op de eigenschap van chloor als complexant of competitief anion en dus een invloed heeft op het vrijkomen van de nucliden. Er kan alvast wel gesteld worden dat er een significant deel van het afval bestaat dat niet aan deze nieuwe limieten voldoet. NIRAS dient hiervoor oplossing te zoeken.
    Verder zijn er in deze sectie nog criteria met betrekking tot complexanten, gevaarlijke stoffen, gasvorming – compatibiliteit tussen afval onderling en met opvulmortel bij Type III. Voor FANC en Bel V zijn de criteria volledig.
- §15.5 Biologische conformiteitscriteria
  - Beschrijving, rechtvaardiging en toekomstige implementatie van de biologische conformiteitscriteria
    Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS wenst te vermijden dat infectueuze stoffen in de inrichting zouden worden binnengebracht; dit valt echter buiten het bevoegdheidsdomein van FANC en Bel V gezien er geen link is waardoor infectueuze stoffen kunnen leiden tot radiologische risico's.
- §15.6 Radiologische conformiteitscriteria
  - Beschrijving, rechtvaardiging en toekomstige implementatie van de radiologische conformiteitscriteria
    Beoordeling FANC en Bel V: De radiologische conformiteitscriteria bestaan uit concentratielimieten per nuclide, die dienen afgetoetst te worden vat per vat. Verder zijn er criteria met betrekking tot de maximale impact die door een vat gegenereerd zou kunnen worden als gevolg van een intrusie in de inrichting na de opheffing van de nucleaire reglementaire controle, waarbij een boorkern wordt genomen uit een afvalvat. NIRAS stelt eveneens een regel voor om een zekere homogeniteit te garanderen van de combinatie van afvalvaten tot monolieten. Tenslotte zijn er specifieke criteria die Radium-Thorium-afval weren uit de inrichting, daar dit soort afval niet thuishoort in de oppervlaktebergingsinrichting.

Met betrekking tot de operationele veiligheid zijn er criteria voor een maximaal dosistempo en afwezigheid van besmetting.
De voorgestelde criteria zijn voor FANC en Bel V aanvaardbaar. De concentratielimieten zijn afgeleid uit de variabiliteit die het afval tentoonspreidt en blijven binnen redelijke grenzen daarrond.
Het criterium dosistempo van 20 mSv/u op contact is ruim, maar de veiligheid van werknemers en bevolking werd in dat geval afdoende aangetoond. FANC en Bel V verwachten echter dat zulke ordegrootte van dosistempi in de praktijk niet zullen voorkomen.

- §15.7 Conformiteitscriteria met betrekking tot kritikaliteit
  - Beschrijving, rechtvaardiging en toekomstige implementatie van de conformiteitscriteria m.b.t. kritikaliteit.
    Beoordeling FANC en Bel V: De voorgestelde berekeningen tonen aan dat kritikaliteit in een monoliet, maar ook kritikaliteit na degradatie en herconcentratie van de splijtstoffen, onmogelijk is met de voorgestelde limieten. De criteria m.b.t. kritikaliteit zijn dan ook afdoende. De criteria m.b.t. het vermijden van splijtstoffen in significante hoeveelheden is eveneens voldoende.
- §15.8 Andere conformiteitscriteria
  - Toetsing van de conformiteitscriteria met de huidig geldende acceptatiecriteria van afvalcolli met indien nodig een voorstel tot aanpassing van deze acceptatiecriteria
    Beoordeling FANC en Bel V: De acceptatiecriteria zullen door NIRAS worden aangepast, doch slechts na de vergunning. FANC en Bel V merken daar een tekortkoming op met betrekking tot proactief handelen, daar de komende jaren nog steeds afval zal geproduceerd worden dat mogelijk niet voldoet aan de nieuwe conformiteitscriteria.
  - Beschrijving van de criteria die verband houden met andere vergunningen
    Beoordeling FANC en Bel V: Voor NIRAS is dit niet van toepassing, daar er geen criteria zijn met betrekking tot de chemotoxiciteit die op gewestelijk niveau zullen worden opgelegd.

15.2.3. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad

Minimaal dient voor de eerste zitting van de wetenschappelijke raad aan volgende voldaan te zijn:

- Een overzicht van de conformiteitscriteria van de bergingscolli met hun rechtvaardiging
  Beoordeling FANC en Bel V: Dit is voldoende gebeurd in het hoofdstuk. De criteria zijn duidelijk en voor FANC en Bel V volledig.
- Een beeld van de manier waarop deze conformiteitscriteria geïmplementeerd zullen worden
  Beoordeling FANC en Bel V: De manier waarop dit geïmplementeerd zal worden zit onder meer vervat ook in het hoofdstuk 6 (dat het acceptatiesysteem van NIRAS beschrijft) en is dus niet specifiek het onderwerp van hoofdstuk 15. Het is duidelijk dat NIRAS de criteria zal integreren in het acceptatiesysteem en de ACRIA's. Dat is voldoende duidelijk op dit moment. Zie echter wel de opmerking in §15.2.2 van deze annex over het pas na het bekomen van de vergunning implementeren van de nieuwe criteria. De ontwikkeling van een onafhankelijke toetsing van deze criteria door NIRAS voor bestaand en toekomstig afval, wordt door NIRAS ondergebracht in een werkgroep 'bergbaarheid' die de modaliteiten in de komende jaren zal ontwikkelen.

15.3. Conclusies FANC en Bel V

De opgesomde conformiteitscriteria zijn voor FANC en Bel V volledig. De criteria zullen worden opgenomen in het veiligheidsrapport, er wordt voorgesteld om de vereisten op te nemen in de vergunning.
De criteria worden voldoende beschreven en gerechtvaardigd. Er wordt ook kort gemeld hoe deze criteria in de toekomst zullen geïmplementeerd worden, waarbij door FANC en Bel V wordt opgemerkt dat op dit moment, hoewel de criteria al een tijd lang duidelijk zijn en vastliggen, geen proactieve implementatie van de nieuwe criteria in de ACRIA's gaande is. De veiligheidsautoriteit heeft wel de volgende bemerking:

63. Betreffende de chloorwaarde wordt de limiet van 0.4 m% van het cement afgeleid uit de Belgische betonnormen. Het is echter nergens in het dossier bevestigd dat die concentratie geen impact heeft op de eigenschap van chloor als complexant of competitief anion en dus een invloed heeft op het vrijkomen van de nucliden.

Er wordt tenslotte nog opgemerkt dat momenteel een significant deel van het afval niet voldoet aan de voorgestelde criteria, omwille van onder meer ASR-problemen, cellulose- of chloorinhoud, en dat NIRAS voor dit specifieke afval een oplossing zal dienen te ontwikkelen.

In functie van hun analyse concluderen FANC en Bel V dat de vereisten waaraan voldaan moet worden voor de eerste wetenschappelijke raad, positief zijn ingevuld.
In zijn globaliteit concluderen FANC en Bel V dat de voorgestelde radiologische limieten er zullen toe leiden dat alleen afval, dat geschikt is om geborgen te worden aan de oppervlakte, in de installaties terecht zal komen.

Op basis van deze elementen oordelen FANC en Bel V dat het voorgestelde hoofdstuk 'conformiteitscriteria voor bergingscolli' als aanvaardbaar kan beschouwd worden.
In navolging van de gegeven bemerking wordt door FANC en Bel V aan de Wetenschappelijke Raad geadviseerd om de volgende elementen te vragen voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad:

64. Een argumentatie betreffende de voorgestelde concentratielimiet voor chloor in het licht van zijn mogelijke rol als complexant of competitief anion.

16. Monitoring

16.1. Context

De ontwikkeling en oplevering van een bergingsinstallatie voor nucleair afval duurt meerdere decennia en vereist een gefaseerde aanpak. In deze context speelt monitoring en toezicht een belangrijke rol in het bezorgen van informatie aangaande de effectieve performantie en veiligheid van de (as built) installatie. Deze informatie zal gehanteerd worden om toekomstige beslissingen te beargumenteren. Daarom zal een beperkte monitoring verdergezet worden tot aan het einde van de Nucleaire Reglementaire Controlefase.

16.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk

In deze paragraaf worden kort de verwachtingen van FANC en Bel V aangaande dit hoofdstuk weergegeven, alsook de invulling die er door NIRAS aan gegeven werd. In §16.2.1 wordt beschreven op welke wijze de antwoorden op de vragen van FANC en Bel V in rekening worden gebracht in het vergunningsaanvraagdossier. In §16.2.2 wordt per paragraaf van het hoofdstuk een oplijsting gemaakt van welke aspecten beschreven zouden moeten zijn in dit hoofdstuk, en in kleur de beoordeling van deze aspecten in het hoofdstuk door FANC en Bel V. Vervolgens wordt in §16.2.3 een opsomming gemaakt van de vereisten die voor FANC en Bel V minimaal in te vullen zijn voorafgaand aan de eerste zitting van de Wetenschappelijke Raad, alsook in het groen de beoordeling door FANC en Bel V van de invulling ervan door NIRAS.

16.2.1. Manier waarop de antwoorden op de vragen van FANC en Bel V in rekening worden gebracht in het vergunningsaanvraagdossier

De antwoorden op de vragen van FANC en Bel V, die voorafgaand aan de eerste Wetenschappelijke Raad dienden beantwoord te worden, werden op een correcte manier opgenomen in het vergunningsaanvraagdossier.

16.2.2. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling

- §16.2 Strategie voor het ontwerpen van het monitoring- en toezichtsprogramma
    - Beschrijving van de verschillende objectieven van het monitoring- en toezichtsprogramma.
      Beoordeling FANC en Bel V: De doelstellingen worden duidelijk beschreven in §16.2.1 en zijn in lijn met internationale richtlijnen.
    - Beschrijving van de gehanteerde principes waarop het monitoring- en toezichtsprogramma gebaseerd zijn
      Beoordeling FANC en Bel V: Er kan akkoord gegaan worden met de gehanteerde principes waarop het programma gebaseerd zal zijn.
    - Opsomming van de kritieke parameters met betrekking tot lange termijn veiligheid
      Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS heeft zelfdragende tabellen voorzien waarin ze alle kritieke parameters met betrekking tot de lange termijn veiligheid heeft opgesomd. Deze zijn voor FANC en Bel V volledig.
- §16.3 Beheerssysteem met betrekking tot monitoring en toezicht
    - Beschrijving van de volgende managementsysteem principes: (1) geïntegreerd databeheer, (2) kwaliteitsborging en (3) rapportering
      Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS beschrijft op afdoende wijze hoe ze het geïntegreerd databeheer, de kwaliteitsborging en rapportering zal aanpakken

met betrekking tot de monitoring. Het beheersysteem op zich is nog in ontwikkeling en zal verder uitgewerkt dienen te worden tegen de start van de bouw.

- §16.4 Beschrijving en justificatie van het radiologische monitoringprogramma
  - Beschrijving en justificatie van het radiologisch monitoringprogramma tijdens de verschillende fases
    Beoordeling FANC en Bel V: De beschrijving van het ontwerp van radiologisch monitoringprogramma is aanvaardbaar voor FANC en Bel V en dekt alle nodige potentiële receptoren af (water, lucht, bodem).
  - Beschrijving van de referentietoestand
    Beoordeling FANC en Bel V: De referentietoestand werd voor veel van de parameters bepaald. Voor een aantal dient de referentietoestand nog te worden bepaald na constructie van bepaalde onderdelen van de inrichting. Dit is aanvaardbaar voor FANC en Bel V.
- §16.5 Beschrijving en justificatie van het fysiek toezicht en structurele monitoring
  - Beschrijving en justificatie van het fysiek toezicht en de structurele monitoring tijdens de verschillende fases
    Beoordeling FANC en Bel V: De volgende aspecten worden besproken bij de beschrijving van het ontwerp van programma: (1) monitoring van monolieten, (2) toezicht op inspectieruimtes, (3) monitoring en toezicht van de modules, (4) monitoring van de globale zettingen en verplaatsingen van de modules, (5) toezicht op de afdekking, (6) controle van de waterniveaus in het WCB. Dit is voldoende en aanvaardbaar voor FANC en Bel V.
  - Beschrijving van de referentietoestand
    Beoordeling FANC en Bel V: De tabel met te bepalen referentietoestanden is reeds opgenomen, maar de referentietoestand is uiteraard nog niet bekend en zal worden bepaald bij de constructie. Dit is aanvaardbaar voor FANC en Bel V.
- §16.6 Beschrijving en justificatie van de monitoring van het drainagewater tijdens de verschillende fases
  - Beschrijving en justificatie van de monitoring van het drainagewater
    Beoordeling FANC en Bel V: Het systeem van monitoring van drainagewater wordt op afdoende wijze beschreven en is aanvaardbaar voor FANC en Bel V.
  - Beschrijving van de referentietoestand
    Beoordeling FANC en Bel V: De referentietoestand is nu nog niet bekend. Ze is na de constructie te bepalen. Dit is aanvaardbaar voor FANC en Bel V.
- §16.7 Beschrijving en justificatie van de monitoring van de proefafdekking
  - Beschrijving en justificatie van de monitoring van de proefafdekking
    Beoordeling FANC en Bel V: NIRAS beschrijft op afdoende wijze de voorziene monitoring van een proefafdekking die zal gebouwd worden. Het bouwen en gedurende een paar tientallen jaren monitoren van een proefafdekking wordt door FANC en Bel V als een goede praktijk beschouwd.

16.2.3. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad

Minimaal dient voor de eerste zitting van de wetenschappelijke raad aan volgende voldaan te zijn:

- Het beheersysteem met betrekking tot monitoring en toezicht voldoet aan de vereisten.
  Beoordeling FANC en Bel V: Het beheersysteem is nog in ontwikkeling, maar wat tot nu toe beschreven is aangaande kwaliteitsborging, databeheer en rapportering is voldoende voor

een eerste Wetenschappelijke Raad en voldoet aan de vereisten en verwachtingen van FANC en Bel V.

- Het radiologisch monitoringprogramma wordt in voldoende mate beschreven en gejustifieerd en het programma verzekert dat de kritieke parameters m.b.t. de lange termijn worden opgevolgd.
  Beoordeling FANC en Bel V: De kritieke parameters werden op systematische wijze door NIRAS geïdentificeerd en gedocumenteerd en zijn dus aanvaardbaar voor FANC en Bel V. Het ontwerp van programma is voldoende beschreven en gerechtvaardigd. Een aantal referentietoestanden zal pas kunnen worden bepaald na de constructie.
- Het fysieke toezicht en het structureel monitoringprogramma wordt in voldoende mate beschreven en gejustifieerd en het programma verzekert dat de kritieke parameters m.b.t. de lange termijn worden opgevolgd.
  Beoordeling FANC en Bel V: De kritieke parameters werden op systematische wijze door NIRAS geïdentificeerd en gedocumenteerd en zijn dus aanvaardbaar voor FANC en Bel V. Het ontwerp van programma is voldoende beschreven en gerechtvaardigd. Een aantal referentietoestanden zal pas kunnen worden bepaald na de constructie.

16.3. Conclusies FANC en Bel V

De gegeven informatie aangaande monitoring is voor FANC en Bel V volledig.
Het radiologisch monitoringsprogramma, het fysiek toezicht en het structureel monitoringsprogramma voldoen aan de reglementaire vereisten en de verwachtingen van FANC en Bel V. De veiligheidsautoriteit heeft geen bemerkingen.
In functie van hun analyse concluderen FANC en Bel V dat de vereisten waaraan voldaan moest worden voor de eerste wetenschappelijke raad, positief zijn ingevuld.
Op basis van deze elementen oordelen FANC en Bel V dat het voorgestelde monitoringsprogramma als aanvaardbaar kunnen beschouwd worden.

17. Technische specificaties

17.1. Context

Om een veilige uitbating van de installaties te garanderen, moet een reeks uitbatingslimieten en -voorwaarden bepaald worden. Uitbatingslimieten en -voorwaarden worden ontwikkeld zodat de installaties bediend kunnen worden in overeenstemming met de veronderstellingen en doelstelling van ontwerp beschreven in het veiligheidsverslag. Hun naleving voorkomt het voorval van incidenten of ongevallen.
Dit hoofdstuk geeft een beknopt overzicht van alle numerieke waarden van de parameters en uitbatingsvoorwaarden die de uitbater moet respecteren om het afval veilig te bergen en ook om alle toezichtoperaties tijdens de fase van reglementaire nucleaire controle te kunnen garanderen.

17.2. Verwachtingen en hun invulling ten aanzien van het hoofdstuk

In deze paragraaf worden kort de verwachtingen van FANC en Bel V aangaande dit hoofdstuk weergegeven, alsook de invulling die er door NIRAS aan gegeven werd. In §17.2.1 wordt beschreven op welke wijze de antwoorden op de vragen van FANC en Bel V in rekening worden gebracht in het vergunningsaanvraagdossier. In §17.2.2 wordt per paragraaf van het hoofdstuk een oplijsting gemaakt van welke aspecten beschreven zouden moeten zijn in dit hoofdstuk, en in kleur de beoordeling van deze aspecten in het hoofdstuk door FANC en Bel V. Vervolgens wordt in §17.2.3 een opsomming gemaakt van de vereisten die voor FANC en Bel V minimaal in te vullen zijn voorafgaand aan de eerste zitting van de Wetenschappelijke Raad, alsook in het groen de beoordeling door FANC en Bel V van de invulling ervan door NIRAS.

17.2.1. Manier waarop het antwoord op de vraag van FANC en Bel V in rekening worden gebracht in het vergunningsaanvraagdossier

Het antwoord op de vraag van FANC en Bel V, dat voorafgaand aan de eerste Wetenschappelijke Raad dient beantwoord te worden, werd op een correcte manier opgenomen in het vergunningsaanvraagdossier.

17.2.2. Inhoudelijke verwachtingen en hun invulling

- §17.2 Uitbatingslimieten en voorwaarden
    - Afleiding van de uitbatingslimieten en-voorwaarden op basis van de veronderstellingen en de ontwerpdoelstellingen van de inrichting.
      Beoordeling FANC en Bel V: De verschillende onderwerpen van de technische specificaties werden op een correcte en volledige manier opgelijst. De numerieke waarden van de parameters en uitbatingsvoorwaarden dienen nog bepaald te worden. Dit dient voor FANC en Bel V te gebeuren voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad.

17.2.3. Vereisten voor de eerste Wetenschappelijke Raad

Minimaal dient voor de eerste zitting van de wetenschappelijke raad aan volgende voldaan te zijn:

- Een oplijsting van de onderwerpen van de technische specificaties.
  Beoordeling FANC en Bel V: Deze oplijsting is correct gebeurd in het hoofdstuk.

17.3. Conclusies FANC en Bel V

De gegeven inhoud qua technische specificaties is voor FANC en Bel V voldoende voorafgaand aan de eerste zitting van de Wetenschappelijke Raad.
De veiligheidsautoriteit heeft geen bemerkingen.

In functie van hun analyse concluderen FANC en Bel V dat de vereiste waaraan voldaan moest worden voor de eerste wetenschappelijke raad, positief is ingevuld.
FANC en Bel V adviseert aan de Wetenschappelijke Raad om de volgende elementen te vragen voorafgaand aan de tweede zitting van de Wetenschappelijke Raad:

65. Voor elk onderwerp van de Technische Specificaties dienen de nodige acties, voorwaarden en termijnen gedefinieerd te worden.

18. Referenties van Bijlage 2

[1] Koninkrijk België, Koninklijk Besluit van 30 November 2011 houdende veiligheidsvoorschriften voor de kerninstallaties, Belgisch Staatsblad, 21/12/2011 zoals geamendeerd 9/10/2018.

[2] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Vaststellingen van FANC met betrekking tot de organisatie van het cAt-project door de projectleiding, de kwaliteitscontrole door de projectleiding en de interne onafhankelijke verificatie door de DFC, FANC brief 2018-03-20-JME-5-1-6-NL, 29/03/2018.

[3] Koninkrijk België, Koninklijk besluit van 20 juli 2001 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van ioniserende stralingen, Belgisch Staatsblad, 30/08/2001 zoals geamendeerd 6/12/2018.

[4] Bureau voor Normalisatie, „NBN EN 206:2013+A1:2016 Beton – Specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit.," 2013 & 2016.

[5] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Leidraad "Aardbevingen", FANC nota 007-125-N her. 4, 17/12/2009.

[6] Bureau voor Normalisatie, Beton - Specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit - Nationale aanvulling bij NBN EN 206:2013 +A1:2016, NBN B 15-001:2018, 04/07/2018.

[7] European Commission, Ontwerp en berekening van betonconstructies - Deel 1-1 : Algemene regels en regels voor gebouwen, NBN EN 1992-1-1 ANB:2010. Eurocode 2 , 2010.

[8] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Dépôts définitifs de déchets radioactifs - Note stratégique et politique de gestion des demandes d'autorisation, FANC nota 007-020-F rév. 1, 17/10/2007.

[9] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Acceptabilité des expositions potentielles dues à des événements initiateurs d'origine externe ou interne visant des établissements de dépôt de déchets radioactifs, FANC nota 2012-06-21-JPW-5-4-5-FR, 11/06/2010.

[10] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Leidraad over beschouwingen van gebeurtenissen met een externe oorsprong bij het ontwerp van de bergingsinstallatie, FANC nota 008-241-N herz. 2, 07/06/2010.

[11] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Guide technique "Critères de radioprotection pour l'évaluation post-fermeture des dépôts radioactifs", FANC nota 007-228-F rév. 3, 20/07/2017.

[12] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Guide relative à la prise en compte du risque d'intrusion humaine pour les dépôts définitifs en surface de déchets radioactifs, FANC nota 007-087-F rév. 1, 02/04/2010.

[13] Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, Veiligheidsevaluatie: biosfeer, FANC nota 008-217-N herz. 3, 13/08/2010.

[14] International Commission on Radiological Protection, „ICRP-136 Dose Coefficients for Non-human Biota Environmentally Exposed to Radiation," Ann. ICRP 46(2), 2017.