

Conformiteitscriteria voor bergingscolli



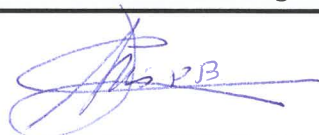



Hoofdstuk 15

Conformiteitscriteria voor bergingscolli

Veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie-A
afval te Dessel

Versies 1 en 2 van dit rapport werden geschreven door C. De Bock (NIRAS), nagekeken door W. Cool, G. Van Zaelen, C. Cosemans, R. Gens, H. Van Humbeeck en W. Bastiaens (allen NIRAS) en goedgekeurd door R. Bosselaers (NIRAS).

Versie 3 van dit rapport werd geschreven door C. De Bock (NIRAS), nagekeken door W. Cool, C. Cosemans, W. Bastiaens, R. Bosselaers, E. Coppens (allen NIRAS) en E. Weetjens (SCK•CEN) en goedgekeurd door R. Bosselaers en B. Van Assche (beide NIRAS).

Goedkeuring document		
Goedkeuring	Datum	Handtekening
Geschreven door: CHRIS DE BOCK	30/01/2019	
Nagekeken door: EEF WEETJENS	30/01/2019	
Goedgekeurd door: RUDY BOSSELAERS	30/01/2019	
BART VAN ASSCHE	30/01/2019	

NIRAS

Kunstlaan 14
1210 Brussel
www.nirond.be

De gegevens, resultaten, conclusies en aanbevelingen in dit rapport zijn eigendom van NIRAS. Dit rapport mag worden aangehaald mits de bron vermeld wordt. Het wordt beschikbaar gesteld op voorwaarde dat het niet gebruikt wordt voor commerciële doeleinden. Voor commercieel gebruik ervan, waaronder tevens het vervaardigen van kopieën of heruitgave, is de voorafgaande schriftelijke toestemming van NIRAS vereist.

Documentgegevens			
<p>Hoofdstuk 15</p> <p>Conformiteitscriteria voor bergingscolli</p> <p>Veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie-A afval te Dessel</p>			
<p>Nationale Instelling voor Radioactief Afval en verrijkte Splijtstoffen</p> <p>NIRAS</p> <p>Kunstlaan 14</p> <p>1210 Brussel</p>			
Serie	Categorie A	Document type	NIROND-TR
Status	Open	Publicatie datum	30 januari 2019
NIRAS rapport nummer	NIROND-TR 2011-15	Herzienings nummer	V 3
Sleutelwoorden	Bergingscolli, Categorie A, veiligheid, vergunningsaanvraag		

De gegevens, resultaten, besluiten en aanbevelingen in dit rapport zijn eigendom van NIRAS. Dit rapport mag worden aangehaald mits het vermelden van de bron. Het wordt beschikbaar gesteld op voorwaarde dat het niet gebruikt wordt voor commerciële doeleinden. Elk commercieel gebruik, inclusief het kopiëren en heruitgeven ervan, vereist de voorafgaande schriftelijke toestemming van NIRAS.

Revisietabel																																									
Versie		Commentaren en overzicht van wijzigingen ten opzichte van vorige versie																																							
Nummer	Datum																																								
1	30/11/2011	Initiële versie voor <i>Peer Review</i> en overmaakt aan FANC																																							
2	30/09/2012	<p>Initiële versie ingediend bij FANC samen met de vergunningsaanvraag tot oprichtings- en exploitatie (A1) van de oppervlaktebergingsinrichting voor categorie A-afval te Dessel</p> <p>De aanpassingen betreffen voornamelijk de veranderde structuur, in lijn met de inhoudsopgave opgesteld door FANC.</p>																																							
3	30/01/2019	<p>Herziene versie rekening houdend met de vragen van FANC en Bel V op versie 2.0.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Vraag nr.</th> <th style="text-align: left;">Titel</th> <th style="text-align: left;">Nodige aanpassingen aan veiligheidsrapport</th> <th style="text-align: left;">Aangepaste § in HS15</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HS15-001</td> <td>Vereisten en criteria</td> <td>Herschrijven van het hoofdstuk om onderscheid te maken tussen vereisten en criteria.</td> <td>Alle §</td> </tr> <tr> <td>HS15-002</td> <td>Coherentie HS15 met HS07 en HS08</td> <td>Overnemen van de conformiteitscriteria voor de opvulmortel, de caisson en de monolieten in hun geheel die afgeleid zijn in HS07.</td> <td>Bijlage 2</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">HS15-003</td> <td rowspan="2">Mogelijke chemische verstoringen</td> <td>Verwijzing naar HS05 voor wat betreft identificatie van de processen geïnduceerd door interactie met het afval.</td> <td>§15.4.2</td> </tr> <tr> <td>Toevoeging criterium om ASR en DEF te voorkomen.</td> <td>§15.3.4</td> </tr> <tr> <td>HS15-004</td> <td>Cellulose-inhoud</td> <td>Aanpassing van het conformiteitscriterium.</td> <td>§15.4.2.1</td> </tr> <tr> <td>HS15-005</td> <td>Chloride-inhoud</td> <td>Niet meer verwijzen naar een variant type caisson of monoliet. Het conformiteitscriterium wordt ook aangepast.</td> <td>§15.4.2.2</td> </tr> <tr> <td>HS15-006</td> <td>Excessieve gasontwikkeling</td> <td>Criterium schrappen over stoffen van organische oorsprong, waarvan kan worden verwacht dat zij na verloop van enkele jaren volledig ontbonden zullen zijn.</td> <td>§15.4.2.6.1</td> </tr> <tr> <td>HS15-007</td> <td>Chemische interferenties</td> <td>Definitie van een vereiste voor de compatibiliteit van het ingebrachte radioactieve afval en de opvulmortel.</td> <td>§15.4.2.7</td> </tr> <tr> <td>HS15-008</td> <td>Gevaarlijke stoffen – Fysische gevaren</td> <td>Aanpassing van het conformiteitscriterium: aanwezigheid van alle stoffen geklasseerd onder “Fysische</td> <td>§15.4.2.5</td> </tr> </tbody> </table>		Vraag nr.	Titel	Nodige aanpassingen aan veiligheidsrapport	Aangepaste § in HS15	HS15-001	Vereisten en criteria	Herschrijven van het hoofdstuk om onderscheid te maken tussen vereisten en criteria.	Alle §	HS15-002	Coherentie HS15 met HS07 en HS08	Overnemen van de conformiteitscriteria voor de opvulmortel, de caisson en de monolieten in hun geheel die afgeleid zijn in HS07.	Bijlage 2	HS15-003	Mogelijke chemische verstoringen	Verwijzing naar HS05 voor wat betreft identificatie van de processen geïnduceerd door interactie met het afval.	§15.4.2	Toevoeging criterium om ASR en DEF te voorkomen.	§15.3.4	HS15-004	Cellulose-inhoud	Aanpassing van het conformiteitscriterium.	§15.4.2.1	HS15-005	Chloride-inhoud	Niet meer verwijzen naar een variant type caisson of monoliet. Het conformiteitscriterium wordt ook aangepast.	§15.4.2.2	HS15-006	Excessieve gasontwikkeling	Criterium schrappen over stoffen van organische oorsprong, waarvan kan worden verwacht dat zij na verloop van enkele jaren volledig ontbonden zullen zijn.	§15.4.2.6.1	HS15-007	Chemische interferenties	Definitie van een vereiste voor de compatibiliteit van het ingebrachte radioactieve afval en de opvulmortel.	§15.4.2.7	HS15-008	Gevaarlijke stoffen – Fysische gevaren	Aanpassing van het conformiteitscriterium: aanwezigheid van alle stoffen geklasseerd onder “Fysische	§15.4.2.5
Vraag nr.	Titel	Nodige aanpassingen aan veiligheidsrapport	Aangepaste § in HS15																																						
HS15-001	Vereisten en criteria	Herschrijven van het hoofdstuk om onderscheid te maken tussen vereisten en criteria.	Alle §																																						
HS15-002	Coherentie HS15 met HS07 en HS08	Overnemen van de conformiteitscriteria voor de opvulmortel, de caisson en de monolieten in hun geheel die afgeleid zijn in HS07.	Bijlage 2																																						
HS15-003	Mogelijke chemische verstoringen	Verwijzing naar HS05 voor wat betreft identificatie van de processen geïnduceerd door interactie met het afval.	§15.4.2																																						
		Toevoeging criterium om ASR en DEF te voorkomen.	§15.3.4																																						
HS15-004	Cellulose-inhoud	Aanpassing van het conformiteitscriterium.	§15.4.2.1																																						
HS15-005	Chloride-inhoud	Niet meer verwijzen naar een variant type caisson of monoliet. Het conformiteitscriterium wordt ook aangepast.	§15.4.2.2																																						
HS15-006	Excessieve gasontwikkeling	Criterium schrappen over stoffen van organische oorsprong, waarvan kan worden verwacht dat zij na verloop van enkele jaren volledig ontbonden zullen zijn.	§15.4.2.6.1																																						
HS15-007	Chemische interferenties	Definitie van een vereiste voor de compatibiliteit van het ingebrachte radioactieve afval en de opvulmortel.	§15.4.2.7																																						
HS15-008	Gevaarlijke stoffen – Fysische gevaren	Aanpassing van het conformiteitscriterium: aanwezigheid van alle stoffen geklasseerd onder “Fysische	§15.4.2.5																																						

		gevaaren” is verboden.	
HS15-009	Gevaarlijke stoffen	De vraag is door FANC geschrapt	-
HS15-010	Biologische conformiteitscriteria	Aanpassing van het conformiteitscriterium: aanwezigheid van infectueuze stoffen is verboden.	§15.5
HS15-011	Radiologische conformiteitscriteria	Weerstand van bepaalde materialen tegen straling. Geen nood aan specifiek criterium met betrekking tot caisson, afdichting van caisson of immobilisatiematrix.	-
HS15-012	Inhoud aan Radium/thorium	Aanpassing van het conformiteitscriterium. Duiding van de toepassing/verificatie van het criterium van 1000 Bq/kg.	§15.6.1.2
HS15-013	Kritikaliteit	Aanpassing van de massalimieten, rekening houdend met het kritikaliteitsrisico tijdens de operationele periode, de periode na sluiting en tijdens transport.	§15.7
HS15-014	Identificatie van bergingscolli	Verwijzing naar HS06 voor achtergrond m.b.t. erkenningen. Verwijzing naar HS07 voor nadere bepalingen betreffende de karakteristieken van de markeringen	§15.8.1 §15.8.2
HS15-015	Transport	NIRAS beoogt geen IP-2 kwalificatie van monolieten. §15.8.3 wordt geschrapt.	-
HS05-008	Sulfaatinhoud	Toevoeging criterium over sulfaatinhoud.	§15.4.2.3
HS06-INV-005	Selectie van het “aanvaardbare afval”	Definitie van massalimieten aan splijtbare nucliden.	§15.7
HS07-001	Afleiden van de conformiteitscriteria	Opnemen van de conformiteitscriteria voor de bergingscolli	Bijlage 2
HS07-011	Constructieprocedures van de monolieten	Toepassing van het systeem van erkenning in het KB van 18 november 2002	§15.8.1
HS08-016	Geheel van conformiteitscriteria	Argumentatie rond de conformiteitscriteria die op de monolieten betrekking hebben en de validatie ervan	Bijlage 2
Fiche 5	Bergingslimieten	Absolute activiteitsconcentratielimieten per radionuclide Radiologische heterogeniteit in de monoliet Radiologische impact in geval van onopzettelijke menselijke intrusie	§15.6.1.1
Fiche 11	Ontwerp input & ontwerpvereisten	Conformiteitscriteria voor caisson en mortel uit Fiche 11.	Bijlage 2

		Overige aanpassingen:								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Aanpassingen van het veiligheidsrapport</th> <th>Aangepaste § in HS-15</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>De vereisten en criteria zijn geformuleerd in termen van “een veiligheidsfunctie tot stand brengen of daartoe bijdragen” of “een veiligheidsfunctie behoeden voor verstoring”, in lijn met de toekomstige, per Koninklijk Besluit uit te vaardigen versie van de algemene regels voor het opstellen van acceptatiecriteria.</td> <td>Alle §</td> </tr> <tr> <td>Omwille van de zelfdragendheid van dit hoofdstuk, is er informatie toegevoegd over kritikaliteitsmodellen.</td> <td>§15.7.1</td> </tr> <tr> <td>Opnemen overzicht van alle conformiteitscriteria voor bergingscolli en bergingsafval</td> <td>Bijlage 1</td> </tr> </tbody> </table>	Aanpassingen van het veiligheidsrapport	Aangepaste § in HS-15	De vereisten en criteria zijn geformuleerd in termen van “een veiligheidsfunctie tot stand brengen of daartoe bijdragen” of “een veiligheidsfunctie behoeden voor verstoring”, in lijn met de toekomstige, per Koninklijk Besluit uit te vaardigen versie van de algemene regels voor het opstellen van acceptatiecriteria.	Alle §	Omwille van de zelfdragendheid van dit hoofdstuk, is er informatie toegevoegd over kritikaliteitsmodellen.	§15.7.1	Opnemen overzicht van alle conformiteitscriteria voor bergingscolli en bergingsafval	Bijlage 1
Aanpassingen van het veiligheidsrapport	Aangepaste § in HS-15									
De vereisten en criteria zijn geformuleerd in termen van “een veiligheidsfunctie tot stand brengen of daartoe bijdragen” of “een veiligheidsfunctie behoeden voor verstoring”, in lijn met de toekomstige, per Koninklijk Besluit uit te vaardigen versie van de algemene regels voor het opstellen van acceptatiecriteria.	Alle §									
Omwille van de zelfdragendheid van dit hoofdstuk, is er informatie toegevoegd over kritikaliteitsmodellen.	§15.7.1									
Opnemen overzicht van alle conformiteitscriteria voor bergingscolli en bergingsafval	Bijlage 1									

Inhoudsopgave

15.	Conformiteitscriteria voor bergingscolli	15-1
15.1	Inleiding en doelstellingen	15-1
15.1.1	Methodologie voor de afleiding van conformiteitscriteria voor de caisson en de opvulmortel	15-2
15.1.2	Methodologie voor de afleiding van conformiteitscriteria voor het afval en de monoliet in zijn geheel	15-3
15.2	Mechanische conformiteitscriteria	15-4
15.2.1	Mechanische vereisten en criteria met betrekking tot de caisson en de opvulmortel	15-4
15.2.2	Mechanische vereisten en criteria met betrekking tot het ingebrachte radioactieve afval	15-4
15.3	Fysische conformiteitscriteria	15-4
15.3.1	Fysische vereisten en criteria met betrekking tot de caisson, de opvulmortel en de monolieten in hun geheel	15-4
15.3.2	Fysische vereisten en criteria met betrekking tot het ingebrachte radioactieve afval	15-5
15.3.3	Vrije vloeistoffen	15-6
15.3.4	Processen die kunnen leiden tot expansie van het bergingsafval	15-6
15.4	Chemische conformiteitscriteria	15-7
15.4.1	Chemische vereisten en conformiteitscriteria met betrekking tot de caisson en de opvulmortel	15-7
15.4.2	Chemische vereisten en conformiteitscriteria met betrekking tot het ingebrachte radioactieve afval	15-8
15.5	Biologische conformiteitscriteria	15-15
15.6	Radiologische conformiteitscriteria	15-15
15.6.1	Radiologische vereisten en conformiteitscriteria met betrekking tot het ingebrachte afval	15-15
15.6.2	Radiologische vereisten en conformiteitscriteria met betrekking tot de monoliet in zijn geheel	15-18
15.7	Conformiteitscriteria met betrekking tot de kritikaliteit	15-19
15.7.1	Kritikaliteitsrisico	15-19
15.7.2	Splijtstoffen	15-23
15.8	Andere conformiteitscriteria	15-23
15.8.1	Erkenningen door NIRAS	15-23
15.8.2	Identificatie van monolieten	15-24
15.8.3	Overeenstemming met vergunningen	15-24
15.9	Referenties van hoofdstuk 15	15-24
	Bijlage 1	15-26

Bijlage 2

15-29

Lijst van gebruikte afkortingen

ASR	Alkali-silicareactie
BA	Bergingsafval
CLI	Concentratielimiet
DEF	Uitgestelde vorming van ettringiet (delayed ettringite formation)
DTBP	Di-tert-butylperoxide
EDTA	Ethyleendiaminetetra-azijnzuur (ethylenediaminetetraacetic acid)
FANC	Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle
GA	Geconditioneerd afval
GA.E	Geconditioneerd afval bestemd voor eindconditionering
NGA	Niet-geconditioneerd afval
NGA.E	Niet-geconditioneerd afval voor rechtstreekse eindconditionering
ISA	Isosacharinezuur (isosaccharinic acid)
OLI	Operationele limiet
PVC	Polyvinylchloride
QC	Kwaliteitscontrole (Quality Control)
R&D	Onderzoek en ontwikkeling (Research and Development)
SHE	Standaard-waterstofelektrode (Standard Hydrogen Electrode)
SSC	Systemen, Structuren en Componenten belangrijk voor de veiligheid
U.S.NRC	United States Nuclear Regulatory Commission

Verklarende woordenlijst

Acceptatiecriteria	De maatstaf aan de hand waarvan NIRAS het radioactieve afval al dan niet zal accepteren.
ACRIA	Een document dat het geheel van acceptatiecriteria bevat voor een bepaalde onderverdeling binnen de classificatie van radioactief afval. Een ACRIA wordt opgesteld op basis van de Algemene Regels.
Afvalvorm	Radioactief afval in zijn chemische en fysische vorm na verwerking en/of conditionering, onverpakt en op voorwaarde dat het gaat om een vorm in vaste toestand.
Bergingsafval	De afvalvorm in het bergingscollo. Naargelang het type bergingscollo komt dit overeen met ofwel: (1) de ingebrachte colli geconditioneerd afval, (2) het geheel van het ingebrachte ruwe en/of verwerkte radioactieve afval en de fractie opvulmortel die dit afval na uitharding immobiliseert.
Bergingscollo	Collo met bergingsafval. Stemt overeen met een <i>monoliet</i> .
Heterogeen geconditioneerd afval	Colli met heterogeen geconditioneerd afval die werden geproduceerd op basis van een immobilisatie waarbij radioactieve afvalstoffen bestaande uit fijne vaste deeltjes en/of vaste stukken werden omgevormd tot een vast samenhangend geheel door ze te mengen met een nog vloeibare immobilisatiematrix en deze vervolgens te laten uitharden.
Homogeen geconditioneerd afval	Colli met homogeen geconditioneerd afval die werden geproduceerd op basis van een immobilisatie waarbij de toestand van de radioactieve afvalstoffen werd veranderd van gasvormig, vloeibaar of quasi-vloeibaar naar vast.
Ingebracht radioactief afval	Colli geconditioneerd afval (monoliet type I en II) of ruw en/of verwerkt radioactief afval (monoliet type III)
Monoliet	Zie bergingscollo.
(Primair) collo	Het geheel bestaande uit de primaire verpakking en haar inhoud.
Primaire verpakking	Het gesloten omhulsel dat het nauwst aansluit rond de afvalvorm. Dat omhulsel wordt gevormd door de gebruikte verpakking (inclusief deksel en eventuele afscherming) en, indien aanwezig, haar afdichting.

15. Conformiteitscriteria voor bergingscolli

15.1 Inleiding en doelstellingen

Het doel van hoofdstuk 15 is het definiëren van de conformiteitscriteria voor de bergingscolli met als eindbestemming de oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval in Dessel.

Conformiteitscriteria¹ voor de bergingscolli zijn de criteria waaraan de bergingscolli en de onderdelen ervan dienen te voldoen opdat ze in een hiervoor geëigende installatie kunnen aanvaard worden en dus de veiligheid ervan niet zouden kunnen hypothekeren.

Elk conformiteitscriterium in dit hoofdstuk heeft betrekking op een of meerdere onderdelen van het bergingscollo. Deze onderdelen zijn in § 7.3 van [HS-07] beschreven.

Er bestaan twee verschillende configuraties van bergingscolli:

- Bergingscollo met colli geconditioneerd afval (waartoe de monolieten type I en II behoren)
- Bergingscollo met rechtstreeks ingebracht ruw en/of verwerkt radioactief afval (waartoe de monoliet type III behoort).

Een vereiste is een eis waaraan dient voldaan te worden; een conformiteitscriterium is een manier om te kunnen beoordelen of aan een vereiste is voldaan. Conformiteitscriteria worden dus gedefinieerd voor een of meerdere onderdelen van het bergingscollo en per vereiste. Een overzicht van alle conformiteitscriteria en hun implementatie is in Bijlagen 1 en 2 gegeven.

De niet-radiologische conformiteitscriteria worden gegeven in §15.2 tot en met §15.5. De radiologische conformiteitscriteria worden gegeven in §15.6. De §15.7 beschrijft de conformiteitscriteria met betrekking tot kritikaliteit.

Numerieke limietwaarden in de conformiteitscriteria zijn telkens uitgedrukt met het aantal significante cijfers dat in overeenstemming is met de vereiste nauwkeurigheid van de te meten grootte. Bij de appreciatie van meetwaarden ten opzichte van limietwaarden in de conformiteitscriteria zullen de onzekerheden in rekening worden gebracht.

Dit hoofdstuk is onder meer gebaseerd op de volgende hoofdstukken van het veiligheidsrapport:

- Hoofdstuk 2 dat het veiligheidsbeleid, de veiligheidsstrategie en het veiligheidsconcept beschrijft.
- Hoofdstuk 3 dat het beheersysteem beschrijft.

¹ Het belangrijkste onderscheid tussen conformiteitscriteria en acceptatiecriteria is dat conformiteitscriteria zich beperken tot de vergunningsvoorwaarden van de bestemde installatie(s), terwijl acceptatiecriteria rekening houden met alle aspecten van het beheer van het betrokken radioactieve afval.

- Hoofdstuk 5 dat de kennis van de fenomenologie van de kunstmatige barrières in hun omgeving beschrijft.
- Hoofdstuk 6 dat het radioactieve afval dat in aanmerking komt voor oppervlaktebergingsinrichting beschrijft.
- Hoofdstuk 7 dat het ontwerp en de constructie van de bergingscolli beschrijft.
- Hoofdstuk 12 dat de stralingsbescherming beschrijft.
- Hoofdstuk 13 dat de evaluatie van de operationele veiligheid beschrijft.
- Hoofdstuk 14 dat de evaluatie van de langetermijnveiligheid beschrijft.

15.1.1 Methodologie voor de afleiding van conformiteitscriteria voor de caisson en de opvulmortel

Het ontwerpproces voor alle SSC's rondom het afval, is beschreven in [HS-02] §2.7.2. De ontwerpinputs en ontwerpvereisten met betrekking tot de caisson en de opvulmortel worden in [HS-02] §2.7.7 beschreven en in [HS-07] §7.4.2 toegepast. Dit resulteert in conformiteitscriteria waarvan een overzicht gegeven wordt in Bijlage 2.

De conformiteitscriteria voor de caisson en de opvulmortel worden in dit hoofdstuk ingedeeld volgens hun aard: mechanisch, fysisch of chemisch. Deze indeling is gebaseerd op de aard van de ontwerpvereisten die aan de basis liggen van de criteria (zie Tabel 15-1).

Tabel 15-1: Ontwerpvereisten van toepassing op de caisson en de opvulmortel, ingedeeld volgens aard: fysisch (F), chemisch (C) of mechanisch (M).

SSC	Ontwerpvereisten (DR)																											
	1.a	1.b	2.a	3	4	5.a	5.b	5.f	7	9.a	9.b	9.c	9.d	9.g	9.h	10	11	12.a	12.b	13.a	14	15.b	21	22	24	25.a	25.b	25.d
	F	C	F	C	F	F	M	F	F	C	C	F	C	M	C	C	F	M	M	M	F	C	C	C	F	M	M	M
Caisson	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	
Mortel	X	X		X		X	X			X	X	X	X			X	X						X	X	X			X

Met:

- DR1.a Over barrières beschikken om intrusie te voorkomen
- DR1.b Weinig waardevolle materialen gebruiken
- DR2.a Afmetingen van de bergingsverpakking compatibel met het bestaande afval
- DR3 Aanwezigheid van chemische retentie in componenten waarheen de radionucliden kunnen migreren
- DR4 Lage effectieve diffusiviteit van de caisson
- DR5.a Een lage effectieve hydraulische geleidbaarheid om advectief transport verwaarloosbaar te maken
- DR5.b Geen doorgaande macro-scheuren
- DR5.f Voldoende drainage van water tussen de monolietstapels
- DR7 Lage effectieve diffusiviteit
- DR9.a Weerstaan aan interne en externe sulfaataantasting
- DR9.b Aanvaardbare samenstelling van de aggregaten met het oog op het vermijden van alkali-aggregaat-reacties
- DR9.c Weerstaan aan vorst/dooi cycli
- DR9.d Trage carbonatatiesnelheid
- DR9.g Lage (krimp)scheurwijdte
- DR9.h Voorkomen van corrosie van de wapening
- DR10 Compatibele materialen gebruiken (onderling en met het afval)

DR11	De gebruikte materialen zodanig kiezen dat de afscherming van de bevolking en werknemers kan verzekerd worden
DR12.a	Weerstaan aan de DBE350 (behoud van de veiligheidsfuncties)
DR12.b	Weerstaan aan de DBE50 (behoud van de veiligheidsfuncties)
DR13.a	Een SFP brug voorzien
DR14	Gestandaardiseerde monolieten gebruiken
DR15.b	De levensduur van de hijsankers en de caisson moet minimaal 350 jaar zijn
DR21	Materialen kiezen die gasproductie in het bergingssysteem voorkomen en de performantie van het systeem niet schaden
DR22	Materialen gebruiken die de waarschijnlijkheid en de impact van brand tot een minimum beperken
DR24	De aanwezigheid van lege ruimtes in de bergingsverpakkingen beperken
DR25.a	Weerstaan aan de statische belastingen
DR25.b	Weerstaan aan de dynamische belastingen (behalve aardbeving en klimaatbelastingen, zie DI.12)
DR25.d	De aanwezigheid van lege ruimtes in de installatie beperken

15.1.2 Methodologie voor de afleiding van conformiteitscriteria voor het afval en de monoliet in zijn geheel

Andere vereisten en conformiteitscriteria dan deze uit §15.1.1 zijn vastgelegd opdat de bergingscolli, rekening houdende met de eigenschappen qua fysische, chemische en radiologische samenstelling alsook de afwezigheid van besmetting met biologische ziekteverwekkers, als aanvaardbaar kunnen beschouwd worden om opgenomen te worden in de oppervlaktebergingsinrichting. Deze vereisten en criteria zijn gebaseerd op:

- het veiligheidsconcept uit [HS-02],
- het ARBIS
- de FANC leidraden [R15-6] en [R15-8],
- de evaluatie van de langetermijnveiligheid uit [HS-14],
- de evaluatie van de operationele veiligheid uit [HS-13],
- de stralingsbescherming van de bergingsinrichting uit [HS-12],
- de compatibiliteit van het afval met de cementgebaseerde barrières uit [HS-05].

De conformiteitscriteria voor het afval zijn afgeleid vertrekkende van :

- 1) de veiligheidsfunctie R1 die aan het afval toegekend wordt in het veiligheidsconcept en de daaraan gekoppelde hypothesen in de langetermijnveiligheidsevaluaties
- 2) de vereisten die worden gesteld aan de monolieten en hun basiscomponenten
- 3) het behoeden voor verstoringen van de veiligheidsfuncties van afval
- 4) het behoeden voor verstoringen van de SSC's rondom het afval te wijten aan oorzaken binnen het afval .
- 5) het beperken van de activiteit van langlevende radionucliden om het afval als aanvaardbaar voor een oppervlakteberging te kunnen beschouwen

De vereisten voor de bergingscolli bepalen de specifieke elementen die moeten worden verstrekt door de bergingscolli en de voorwaarden waaraan moet worden voldaan om een veilig bergingssysteem te ontwikkelen.

Het acceptatiesysteem van NIRAS is beschreven in [HS-06], §6.3.2. Na de vergunning van de oppervlakteberging te Dessel zullen de acceptatiecriteria aangepast worden aan de vergunningsvoorwaarden voor de oppervlakteberging te Dessel ([HS-06], §6.3.2.1). Het systeem van de erkenningen is ook van toepassing ook voor de bergingscolli (zie §15.8.1).

15.2 Mechanische conformiteitscriteria

De mechanische conformiteitscriteria garanderen dat het bergingscollo de nodige graad van fysieke integriteit bewaart onder de voorziene statische en dynamische belastingen. Aldus behoeden de mechanische conformiteitscriteria de veiligheidsfuncties van het bergingscollo voor verstoring.

15.2.1 Mechanische vereisten en criteria met betrekking tot de caisson en de opvulmortel

De mechanische vereisten en conformiteitscriteria van de opvulmortel, de caisson (waaronder hijsankers) zijn in [HS-07] beschreven. Deze criteria zijn samengevat in Bijlage 2.

15.2.2 Mechanische vereisten en criteria met betrekking tot het ingebrachte radioactieve afval

Er zijn geen specifieke vereisten of conformiteitscriteria met betrekking tot het ingebrachte radioactieve afval, aangezien de krachten en mechanische spanningen worden opgenomen door de caisson.

15.3 Fysische conformiteitscriteria

Het objectief van de fysische conformiteitscriteria is de operationele en de langetermijnveiligheidsfuncties van de monoliet te realiseren evenals ze te behoeden voor een verstoring van fysische oorsprong.

15.3.1 Fysische vereisten en criteria met betrekking tot de caisson, de opvulmortel en de monolieten in hun geheel

De afleiding van de fysische vereisten en conformiteitscriteria van de caisson (waaronder hijsankers) en de opvulmortel is in [HS-07] beschreven. Deze criteria zijn samengevat in Bijlage 2.

Daarenboven is er voor de monolieten in hun geheel een criterium voor de maximale massa afgeleid in [HS-07], §7.3.

Vereiste:

- 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.

Conformiteitscriteria op basis van bovenstaande vereiste:

- De massa van een monoliet type I mag niet meer bedragen dan $16,6 \times 10^3$ kg.
- De massa van een monoliet type II mag niet meer bedragen dan $17,5 \times 10^3$ kg.
- De massa van een monoliet type III mag niet meer bedragen dan $20,0 \times 10^3$ kg.

15.3.2 Fysische vereisten en criteria met betrekking tot het ingebrachte radioactieve afval

15.3.2.1 Beperken van vrijkomen van de radionucliden uit het afval

Vereiste voor het bergingsafval om de beperking van het vrijkomen van radionucliden uit het afval (R1-functie) te realiseren:

- Het bergingsafval moet de fysische en chemische eigenschappen hebben die het vrijkomen van radionucliden uit het afval beperken.

Voor een monoliet met rechtstreeks ingebracht ruw en/of verwerkt radioactief afval, wordt niet gesteund op de R1-functie. In de langetermijnveiligheidsevaluaties ([HS-14] §14.4.3.2.1) wordt een veronderstelling gemaakt dat er 10m% uitgeharde cementpasta aanwezig is binnen de colli geconditioneerd afval.

Conformiteitscriterium op basis van bovenstaande vereiste en de daarop volgende overweging:

- 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.

15.3.2.2 Hoeveelheid en opvulvermogen van de conditioneringsmortel

Gegeven het belang dat holle ruimtes kunnen hebben met betrekking tot het transport van nucliden doorheen het collo geconditioneerd afval, zijn van boven tot beneden aaneengesloten holle ruimtes niet toelaatbaar. Door het gebruik van de vereiste hoeveelheid conditioneringsmortel en het feit dat deze de bovenkant van het afval zichtbaar moet bedekken, is er geen risico op van boven tot beneden aaneengesloten holle ruimtes.

De afwezigheid van dergelijke holle ruimtes zal worden gevalideerd via de erkenning door NIRAS van het conditioneringsprocedé.

Vereiste voor de conditioneringsmortel in het collo geconditioneerd afval, om de R1-functie te behoeden voor verstoring door holle ruimtes:

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

Conformiteitscriteria op basis van bovenstaande vereiste:

- 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.

15.3.3 Vrije vloeistoffen

Er mag geen radioactief besmette vloeistof uit de monoliet kunnen lopen. De aanwezigheid van vrije vloeistoffen, in het bijzonder water, moet ook worden vermeden omdat dit kan dienen als medium voor versturende chemische reacties, zoals corrosie.

Vereiste voor de monoliet om de operationele en langetermijnveiligheidsfuncties te behoeden voor verstoring:

- De monoliet mag geen vrije vloeistoffen bevatten (§7.1.10.1 van [R15-6]).

Conformiteitscriterium op basis van bovenstaande vereiste:

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

15.3.4 Processen die kunnen leiden tot expansie van het bergingsafval

In het algemeen mogen geen processen optreden die via volumevermeerdering van het bergingsafval zouden kunnen leiden tot scheurvorming en dus aantasting van de fysische integriteit van de cementgebonden barrières (*in casu* de caisson, de opvulmortel of het bergingsafval zelf). Dit zou een verstoring van de veiligheidsfuncties met zich kunnen meebrengen.

Vereiste voor het bergingsafval, om de langetermijnveiligheidsfuncties te behoeden voor verstoring:

- 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.

De verstoringen in deze groep, die een eventueel negatief effect hebben op het beton en de mortel rond het geconditioneerde afval, beperken zich tot deze die een significante volumevermeerdering van de conditioneringsmatrix induceren.

ASR en DEF zijn geïdentificeerd als de enige processen² waarvoor bijkomende criteria en vereisten gedefinieerd moeten worden om dergelijke verstoringen te vermijden (§5.3.2.10 in [HS-05]).

Conformiteitscriteria op basis van bovenstaande vereiste en de daarop volgende overwegingen:

- 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.

15.4 Chemische conformiteitscriteria

In het algemeen mogen geen reacties kunnen optreden tussen de samenstellende onderdelen van de monoliet of tussen de monoliet en zijn omgeving, die de operationele en langetermijnveiligheidsfuncties verstoren.

15.4.1 Chemische vereisten en conformiteitscriteria met betrekking tot de caisson en de opvulmortel

De chemische vereisten en conformiteitscriteria van de caisson (waaronder hijsankers) en de opvulmortel zijn in [HS-07] beschreven. Deze criteria zijn in Bijlage 2 gegeven.

² Specifieke testen zijn voorzien in [R15-9] om zwellen van harsen door interactie met cement en water uit te sluiten (er is geen vereiste of conformiteitscriterium gedefinieerd).

15.4.2 Chemische vereisten en conformiteitscriteria met betrekking tot het ingebrachte radioactieve afval

Voor de reacties die mogelijk een versturende werking hebben gebaseerd op de huidige kennis (zie §5.3.2.10 van [HS-05]), moet de aanwezigheid in het afval van de stoffen die aan de basis liggen van deze reacties, worden uitgesloten of beperkt. Concreet gaat het hierbij om de volgende uitsluitingen of beperkingen:

- Beperking van cellulosehoudende stoffen, zie §15.4.2.1
- Beperking van chloriden, zie §15.4.2.2
- Beperking van sulfaten, zie §15.4.2.3
- Beperking van complex- of chelaatvormende agentia, zie §15.4.2.4

Bovendien moet de aanwezigheid in het afval worden uitgesloten van gevaarlijke stoffen die een fysisch gevaar vertegenwoordigen, zie §15.4.2.5.

15.4.2.1 Cellulosehoudende stoffen

Isosaccharinezuur (ISA), het belangrijkste degradatieproduct van cellulose in bergingsomstandigheden, kan stabiele complexen vormen met bepaalde radionucliden en heeft aldus een versturend effect op de langetermijnveiligheidsfuncties van het chemische vasthouden van radionucliden (R3-functie) en, indien van toepassing, het beperken van vrijkomen van radionucliden uit het afval (R1-functie) als dat beperken op chemisch vasthouden van radionucliden gebaseerd is.

Vereiste voor de aanwezigheid van cellulosehoudende stoffen in het ingebrachte radioactieve afval, om de R3-functie en, indien van toepassing, de R1-functie te behoeden voor verstoring:

- 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.

Het verband tussen de aanwezigheid van ISA en de invloed ervan op de retentie-eigenschappen van de cementbarrières is echter niet evenredig. Er bestaat een maximumwaarde voor de concentratie van ISA waarbeneden er geen invloed is op deze retentie-eigenschappen.

De langetermijnveiligheidsfuncties kunnen dus worden behoeft voor verstoring door de aanwezigheid van cellulosehoudende stoffen in het afval te beperken tot een bepaalde maximumwaarde. NIRAS heeft hiervoor de waarde berekend van 0,4 kg cellulosehoudende stoffen per monoliet [R15-5]. Om de maximaal toelaatbare concentratie aan ISA in het poriewater (waarop de maximale cellulose inhoud is gebaseerd) te berekenen werden volgende conservatieve aannames gedaan:

- Er wordt verondersteld dat cellulose onmiddellijk degradeert tot ISA. Dit correspondeert met de theoretische maximumconcentratie van ISA in het poriewater. Men vermoedt echter dat

complete degradatie van cellulose waarschijnlijk duizend (1000) tot vijfduizend (5000) jaar in beslag neemt.

- Er wordt verondersteld dat cellulosehoudend afval volledig bestaat uit enkel cellulose. Dit is niet altijd het geval. Hout bijvoorbeeld bestaat gemiddeld voor slechts 40 tot 60 massaprocenten uit cellulosevezels (droog gewicht), de overige bestanddelen zijn hemicellulose (ongeveer 20 procent) en lignine (18 tot 30 procent).
- Tevens veronderstelt men dat cellulose volledig degradeert tot ISA door alkalische degradatie. Dat is niet volledig correct. Naast α -ISA en β -ISA wordt een brede waaier aan korte organische ketens geproduceerd, dewelke een veel lager complexatie- potentieel hebben.
- Ook veronderstelt men dat ISA stabiel blijft gedurende alle tijdsstadia van de berging.
 - Eenmaal de kunstmatige barrières beginnen te degraderen zullen, dankzij het binnendringen van zuurstofrijk regenwater, oxiderende condities geleidelijk aan overheersen. ISA kan in dergelijke omstandigheden omgezet worden tot kortere carboxyl-ketens die slechts een gering complexatie-potentieel hebben.
 - Tevens houdt men ook geen rekening met microbiële activiteit. Onder aerobe condities werd reeds microbiële activiteit geobserveerd die leidt tot de afbraak van ISA.

Conformiteitscriteria op basis van bovenstaande vereiste en de daarop volgende overwegingen:

- 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 15-2.
- 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.

Tabel 15-2: Limietwaarden voor cellulosehoudende stoffen in colli geconditioneerd afval

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

15.4.2.2 Chloriden

Chloriden kunnen op twee manieren de veiligheid negatief beïnvloeden; enerzijds kunnen zij een verstrend effect hebben op de stalen wapening van de caisson, en anderzijds kunnen zij, evenals cellulosehoudende stoffen, stabiele complexen vormen met bepaalde radionucliden, waardoor de R3-functie en, indien van toepassing, de R1-functie als er daarvoor gesteund wordt op chemische retentie (zie

[HS-05] §5.3.2.10.3 en §5.3.2.1) worden verstoord. In het geval van een hoge aanwezigheid aan chloriden, kunnen deze de cementmatrix zelf aantasten.

Vereisten voor de aanwezigheid van chloridehoudende stoffen in het ingebrachte radioactieve afval, om de veiligheidsfuncties te behoeden voor verstoring:

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

Conformiteitscriteria op basis van bovenstaande vereisten en de overwegingen in [HS-05] §5.3.2.10.3 en §5.3.2.1:

- Voor een monoliet met colli geconditioneerd afval, mag in geen enkel collo geconditioneerd afval de hoeveelheid minerale chloride-ionen³ 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.

15.4.2.3 Sulfaten

Sulfaat kan beton degraderen als gevolg van ettringiet- en thaumasietvorming, i.e. zogenaamde sulfaataantasting van beton, zie [HS-05] §5.3.2.2 en §5.3.2.10.5.

Vereiste voor de aanwezigheid van sulfaten in het ingebrachte radioactieve afval, om de langetermijnfuncties van beton en mortel te behoeden voor verstoring:

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

Conformiteitscriterium op basis van bovenstaande vereisten en de overwegingen in [HS-05], §5.3.2.10.5:

- 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

³ 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.

massa van het collo verminderd met de massa van zijn verpakking. Alle vormen van sulfaten uitgezonderd bariumsulfaat moeten worden in rekening gebracht.

15.4.2.4 Complex- en chelaatvormende agentia

Complex- en chelaatvormende agentia, o.a. EDTA, DTBP, citroenzuur, wijnsteen zuur, oxaalzuur, picolinezuur en tributylfosfaat, kunnen een verstoring effect hebben op de retentie-eigenschappen van cementbarrières, meer bepaald de R3-functie en, indien van toepassing, de R1-functie, als deze op chemisch vasthouden van radionucliden gebaseerd is.

Vereiste voor de aanwezigheid van complex- en chelaatvormende agentia in het ingebrachte radioactieve afval, om de R3-functie en, indien van toepassing, de R1-functie te behoeden voor verstoring:

- 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 radioactieve afval moet daartoe worden beperkt.

Complex- en chelaatvormende agentia (o.a. EDTA, DTBP, citroenzuur, wijnsteen zuur, oxaalzuur, picolinezuur en tributylfosfaat) zullen beperkt worden. Eerst dienen de agentia te worden geïdentificeerd en gekwantificeerd. Nadien dient op basis hiervan, indien men het afval wenst te bergen, een specifieke veiligheidsstudie te worden uitgevoerd die aantoont dat dit afval veilig kan worden geborgen, mits eventuele maatregelen zoals een aanpassing van de radiologische criteria en/of opvulstrategie. Deze maatregelen zullen dan in een herziening van het veiligheidsrapport worden toegevoegd. Er worden geen conformiteitscriteria gedefinieerd.

15.4.2.5 Gevaarlijke stoffen

Vereiste voor de aanwezigheid van gevaarlijke stoffen in het ingebrachte radioactieve afval omwille van de operationele en langetermijnveiligheid van het beheer van het bergingsafval:

- 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.

Conformiteitscriterium op basis van bovenstaande vereiste:

- 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.

Het gaat hierbij om volgende stoffen (of mengsels van stoffen):

- Ontvlambare gassen
- Ontvlambare aerosolen

- Ontplobbare stoffen
- Stoffen en mengsels die in contact met water ontvlambare gassen ontwikkelen
- Oxiderende gassen
- Gassen onder druk
- Ontvlambare vloeistoffen
- Ontvlambare vaste stoffen
- Zelfontledende stoffen en mengsels
- Pyrofore vloeistoffen
- Pyrofore vaste stoffen
- Voor zelfverhitting vatbare stoffen en mengsels
- Oxiderende vloeistoffen
- Oxiderende vaste stoffen
- Organische peroxiden
- Stoffen en mengsels die bijtend zijn voor metalen

15.4.2.6 Excessieve gasontwikkeling

Vereiste:

- Gasproductie door het ingebrachte radioactieve afval mag de andere componenten van het bergingssysteem niet verstoren.

In de onderstaande secties worden twee specifieke gevallen nader geanalyseerd.

15.4.2.6.1 Gasgeneratie uit de ontbinding van organische stoffen

De gasgeneratie uit de ontbinding van organische stoffen kan niet leiden tot een drukopbouw die het functioneren van de monolietbarrières zou verstoren (zie [HS-05] §5.3.2.10.4). De normale omgevingsomstandigheden van het ingebrachte radioactief afval in de bedoelde periode worden immers gekenmerkt door de afwezigheid van vrij water. Daardoor kunnen er geen processen van biodegradatie of hydrolyse plaatsvinden en dus is er geen gasgeneratie en drukopbouw. Evenmin wordt een drukopbouw verwacht in accidentele omstandigheden en op lange termijn voor de normale evolutie (waterinsijpeling en gescheurd beton verwacht vanaf fase V); indien er door openingen in de barrières toch in overvloedige mate vrij water zou aanwezig zijn, kan het geproduceerde gas ontsnappen via deze openingen.

Daarom wordt, met betrekking tot het aspect van **gasgeneratie uit organische stoffen**, geen conformiteitscriterium gedefinieerd.

15.4.2.6.2 Gasgeneratie uit de oplossing van bepaalde metalen

In het geval van een type III monoliet moet er bijzonder op gelet worden dat het ingebrachte radioactieve afval geen metalen bevat die oplossen in waterig milieu met hoge pH en hierbij op een excessieve manier H₂ vrijzetten. Een dergelijke reactie zou een operationeel veiligheidsprobleem voor de eindconditionering

betekenen. Gasgeneratie zou bovendien aanleiding geven tot onaanvaardbare vermindering van de kwaliteit van de mortel met betrekking tot zijn chemische retentie of zijn beperking van de waterdoorstroming.

Conformiteitscriterium op basis van bovenstaande vereiste:

- 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 H₂ vrijzetten. Hierbij gaat het over metalen waarvan de redoxpotentiaal lager is dan -0.84 V SHE (Standard Hydrogen Electrode gemeten redoxpotentiaal van het koppel H₂/OH⁻).

De meest pertinente voorbeelden van metalen die op deze manier met de opvulmortel met de referentiesamenstelling (zie HS-05, §5.4) zouden reageren zijn: aluminium, beryllium en magnesium.

15.4.2.7 Chemische interferentie met binding en uitharding van de opvulmortel

Vereiste:

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

Bij de monoliet type III moet de aanwezigheid van bepaalde stoffen in het ingebrachte radioactief afval geëvalueerd worden. Uitgesloten zijn stoffen aanwezig in zodanige hoeveelheden dat ze kunnen interageren met de hydratatiereactie tijdens het uitharden van de mortel en die als resultaat een onaanvaardbare vermindering van de kwaliteit van de mortel met betrekking tot zijn chemische retentie of zijn beperking van de waterdoorstroming kunnen hebben.

Een à minima lijst van stoffen die potentiële verstoringen kunnen veroorzaken wordt gegeven door Tabel 15-3.

Opmerking: NIRAS zal de compatibiliteit tussen het ingebrachte radioactieve afval en de opvulmortel nader analyseren per variëteit en hierover specifieke conformiteitsdossiers opstellen. Deze compatibiliteit zal hierin worden bevestigd via argumentatie en, zo nodig, via testen (bv. uitloogtesten, onderdompelingstesten) en niet op basis van een lijst met verbindingen, die onmogelijk exhaustief kan zijn.

Tabel 15-3: Stoffen die de binding en de uitharding van een mortel kunnen verstoren [R15-4]

Verbinding of Factor	Effect	Mechanisme
Fijn verdeelde materialen	I,P	P
Ionenuitwisselaars	I,A	I
Substitutie van metalen in de gehydrateerde fasen	I,A	I
Geleeragentia	R,I,P-	P,I,M
Organische verbindingen in het algemeen	I,P,R	I,D
Zuren, zuurchloriden	P-	I
Alcohol, glycol	R,P-	I,W
Carbonylderivaten	R	I,D
Gehalogeneerde koolwaterstoffen (Cl)	P-,R	I,M
Vetten	I,P	P
Derivaten op basis van lignine	I	C
Oliën	I,P	P
Zetmeelhoudende stof (zetmeel, stijfsel...)	I	C
Sulfonaten	R	D
Suikers	I,R	C
Tannines	I	C
Specifieke organische verbindingen		
Ethyleenglycol	P	I
Hexachlorobenzeen	P-,P+	I
Fenol	P-	I
Trichloroethyleen	P-	I
Anorganische verbindingen in het algemeen		
Zuren	P-	I
Basen	P-	I
Boraten	R	M
Chloriden	R,P	I
Chroomderivaten	A	I
Zouten van zware metalen	P-,A,R	I
Ijzederivaten	A	F,M
Loodderivaten	R	M
Magnesiumderivaten	R	M
Zouten in het algemeen	P-,A,R	I
Siliciumderivaten	R	F
Natriumderivaten	I	I
Sulfaten	R,P	I
Tinderivaten	R	M
Specifieke anorganische verbindingen		
Calciumchloride	A,R	M
Kopernitraat	P+	I
Gehydrateerd gips	R	I
Half-gehydrateerd gips	A	I
Loodnitraat	P-,P+	I
Natriumhydroxide	P+,P-	I
Natriumsulfaat	P+,P-	I
Zinknitraat	P+,P-	I

Effect: I= inhibitie van de binding en de uitharding op lange termijn, A=versnelling van de binding en de uitharding, R= vertraging van de binding en de uitharding op korte termijn, P+= verandering van de eigenschappen van het product na uitharding, positief effect, P-= verandering van de eigenschappen van het product na uitharding, negatief effect. Het effect kan positief (+) of negatief (-) zijn, naar gelang de concentratie. Indien beide effecten genoteerd zijn, verwijst het eerste effect naar de lage concentratie en het laatste effect naar de hoge concentratie.

Mechanisme: P= fixatie op de cementdeeltjes, I=interferentie op het niveau van de hydratatiereacties, C=complexerend agens, M=aantasting van de matrix (scheurvorming ...), F=flocculant, D=verspreidingsagens, W=oppervlakteactieve stof

15.5 Biologische conformiteitscriteria

De operationele en langetermijnveiligheid van het beheer van het bergingsafval mogen niet in het gedrang gebracht worden door biologische ziekteverwekkers (conform [R15-6] §7.1.9.1).

Vereiste omwille van de operationele en langetermijnveiligheid van het beheer van het bergingsafval:

- Het bergingsafval mag geen infectueuze stoffen bevatten (§7.1.9.1 van [R15-6]).

Deze infectueuze stoffen worden hierbij nader omschreven aan de hand van terminologie uit de wetgeving over het vervoer van gevaarlijke goederen over de openbare weg (ADR).

Conformiteitscriterium op basis van bovenstaande vereiste en de daarop volgende overweging:

- 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).

15.6 Radiologische conformiteitscriteria

De monoliet moet radiologisch verenigbaar zijn met de omgeving waarin deze zich bevindt. De radionucliden kunnen enkel in de monoliet terecht komen via het ingebrachte radioactieve afval. Nochtans zijn een aantal radiologische parameters (bijvoorbeeld dosistempo op contact) slechts betekenisvol met betrekking tot de monoliet in zijn geheel.

15.6.1 Radiologische vereisten en conformiteitscriteria met betrekking tot het ingebrachte afval

15.6.1.1 Radiologische activiteitsconcentraties

Vereiste:

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

Conformiteitscriterium 1 op basis van bovenstaande vereiste en de langetermijnveiligheidsevaluatie ([HS-14], §14.16.4.1):

- 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 15-4.

Tabel 15-4: Limietwaarden voor de activiteitsconcentratie van elk kritiek radionuclide (CLI)

Nuclide	CLI [Bq/m ³]	Nuclide	CLI [Bq/m ³]	Nuclide	CLI [Bq/m ³]
Ag-108m	1E+08	Mo-93	1E+08	Sn-126	1E+08
Am-241	2E+09	Nb-94	7E+08	Sr-90	1E+11
Am-243	1E+08	Ni-59	1E+11	Tc-99	1E+10
C-14	1E+11	Ni-63	1E+13	U-234	1E+09
Ca-41	1E+09	Np-237	1E+08	U-235	1E+07
Cl-36	1E+08	Pu-238	1E+09	U-236	1E+08
Cm-244	1E+09	Pu-239	5E+08	U-238	1E+08
Cs-135	1E+08	Pu-240	1E+09	Zr-93	1E+09
Cs-137	1E+12	Pu-241	8E+10		
I-129	1E+08	Se-79	1E+09		

Conformiteitscriterium 2 op basis van bovenstaande vereiste en het principe om de activiteitsconcentratie binnen een monoliet niet te hoog te laten oplopen omdat bij opvulling van de berging het te bergen *volume* primeert over de te bergen activiteit (zie [HS-14] §14.16.5.2.3):

- 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 in onderstaande tabel

$A_{i,monoliet}$: 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 15-5

Tabel 15-5: Operationele limietwaarden voor de activiteit van elke kritieke radionuclide (OLI) voor de oostelijk tumulus (Tabel 6-19 van [HS-06]).

Radionuclide	OLI oostelijke tumulus [Bq]	Radionuclide	OLI oostelijke tumulus [Bq]
^{108m} Ag	$1,59 \times 10^{10}$	²³⁷ Np	$5,87 \times 10^8$
²⁴¹ Am	$3,75 \times 10^{11}$	²³⁸ Pu	$2,20 \times 10^{11}$
²⁴³ Am	$1,13 \times 10^{10}$	²³⁹ Pu	$6,46 \times 10^{10}$
¹⁴ C	$5,03 \times 10^{12}$	²⁴⁰ Pu	$6,81 \times 10^{10}$
⁴¹ Ca	$1,59 \times 10^{12}$	²⁴¹ Pu	$7,31 \times 10^{12}$
³⁶ Cl	$1,39 \times 10^{10}$	⁷⁹ Se	$6,20 \times 10^8$
²⁴⁴ Cm	$1,31 \times 10^{11}$	¹²⁶ Sn	$8,62 \times 10^8$
¹³⁵ Cs	$2,57 \times 10^8$	⁹⁰ Sr	$2,20 \times 10^{12}$
¹³⁷ Cs	$5,57 \times 10^{13}$	⁹⁹ Tc	$5,15 \times 10^{10}$
¹²⁹ I	$9,72 \times 10^8$	²³⁴ U	$5,32 \times 10^{10}$
⁹³ Mo	$1,40 \times 10^{10}$	²³⁵ U	$2,59 \times 10^9$
⁹⁴ Nb	$2,75 \times 10^{11}$	²³⁶ U	$4,00 \times 10^{10}$
⁵⁹ Ni	$3,44 \times 10^{12}$	²³⁸ U	$1,52 \times 10^{10}$
⁶³ Ni	$3,75 \times 10^{14}$	⁹³ Zr	$1,12 \times 10^9$

Conformiteitscriterium 3 op basis van bovenstaande vereiste en de aanvaardbaarheid van de radiologische impact in geval van onopzettelijke menselijke intrusie op de schaal van een ‘collo’ of een ‘monoliet’ [HS-14], §14.16.5.1.1 en §14.16.5.2.1:

- 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 [R15-6].

15.6.1.2 Inhoud aan radium en thorium

Vereiste:

- 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.

Conformiteitscriteria op basis van bovenstaande vereiste en bovenstaand gegeven:

- Voor een monoliet met colli geconditioneerd afval, mag in geen enkel collo de som van de gedeclareerde activiteiten van Ra-226 en Th-232 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 Ra-226 en Th-232 gedeeld door de massa van het ingebrachte radioactieve afval, niet groter zijn dan 1000 Bq/kg.

15.6.2 Radiologische vereisten en conformiteitscriteria met betrekking tot de monoliet in zijn geheel

Omwille van de stralingsbescherming van de bergingsinrichting [HS-12] wordt het dosistempo van monolieten beperkt en moet de bergingsite in normale omstandigheden besmettingsvrij zijn.

15.6.2.1 Dosistempo

Vereiste:

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

Conformiteitscriterium op basis van bovenstaande vereiste:

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

15.6.2.2 Afneembare radiologische oppervlaktebesmetting

Vereiste:

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

Conformiteitscriterium op basis van bovenstaande vereiste:

- 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. 10CFR71.4):

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

15.7 Conformiteitscriteria met betrekking tot de kritikaliteit

15.7.1 Kritikaliteitsrisico

Elke mogelijkheid van toevallige vorming van kritieke massa's moet worden voorkomen (artikel 28, ARBIS).

Bovendien moet de hoeveelheid van langlevende radionucliden in het afval bestemd voor een oppervlakteberging zo klein als mogelijk te zijn ([R15-6] §6.1.5).

Dus moet de aanwezigheid van splijtstof⁴ in het radioactieve afval worden beperkt.

Vereiste:

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

Voor de afleiding van kwantitatieve limietwaarden is met het kritikaliteitsrisico rekening gehouden in volgende omstandigheden:

1. kritikaliteit in de monoliet tijdens de operationele periode, dus vanaf de productie van de monoliet tot op het moment van zijn opname in de bergingsinstallatie.
2. kritikaliteit tijdens het transport van de monoliet, als bijzonder onderdeel van de kritikaliteit tijdens de operationele periode
3. kritikaliteit van uitgeloopte splijtbare nucliden die zich, op lange termijn, hypothetisch zouden kunnen verzamelen op de bodem van de modules.

15.7.1.1 Kritikaliteitsrisico tijdens de operationele periode

De uitsluiting van het kritikaliteitsrisico tijdens de operationele periode wordt gegarandeerd door de massalimieten en de sommatieregel verklaard in de NIRAS-nota 2018-1597 [R15-7] . Het gaat hier om de volgende massalimieten⁵ per collo:

- $U-235 \leq 326$ g
- $Pu-239 \leq 219$ g
- $Pu-241 \leq 112$ g

Bovenstaande massalimieten zijn het resultaat van de vermenigvuldiging met een veiligheidsfactor van 0,43 van de massalimieten⁶ die overeenstemmen met de volumeconcentratie van een bepaald splijtbaar

⁴ Volgens de definitie van het IAEA [R15-2] wordt met splijtstof een materiaal bedoeld dat splijtbare nucliden bevat. Met splijtbare nucliden worden U-233, U-235, Pu-239 en Pu-241 bedoeld. Van deze definitie zijn volgende stoffen uitgesloten: (a) onbestraald natuurlijk uranium of verarmd uranium, (b) natuurlijk uranium of verarmd uranium dat alleen in thermische reactoren is bestraald geweest.

⁵ Er is geen massalimiet bepaald voor U-233 omdat dit radionuclide maar in uiterst geringe hoeveelheden voorkomt in de Belgische afvalinventaris. De reden hiervoor is dat U-233 aan de basis ligt van een andere vorm van kernbrandstof dan degene in de Belgische kernreactoren (met kernbrandstof op basis van U-235). Bovendien is U-233 niet aanwezig in natuurlijk uranium.

⁶ 760 g, 510 g en 260 g, respectievelijk voor U-235, Pu-239 en Pu-241.

nuclide waarvoor de hoogste reactiviteit wordt bereikt en waarbij de reactie nog net voldoende subkritisch is, zoals gerapporteerd in NUREG/CR-0095 (zie [R15-7] voor referentiedetails).

Het reactiviteitsmodel in NUREG/CR-0095 veronderstelt een homogene oplossing van deze splijtbare nuclide in een oneindig uitgestrekt waterig milieu, waarbij de hoeveelheid splijtstof zich concentreert in de vorm van een bol. Het water fungeert tegelijk als moderator en reflector. De enige parameter in dit model is de concentratie van het splijtbare nuclide. Bij de bepaling van de massalimietwaarden werd in NUREG/CR-0095 bijkomend rekening gehouden met onzekerheden op berekeningen en experimentele gegevens, maar zonder verdere veiligheidsmarges.

Gelet op de algemene aard van het onderliggende kritikaliteitsmodel, zijn deze massalimieten en de sommatieregel a priori toepasbaar op eender welk collo. Echter, NIRAS heeft deze limieten tot nu toe enkel toegepast op een 400-liter collo geconditioneerd afval in omstandigheden van opslag. De aanvaardbaarheid van deze toepassing op het 400-liter collo is reeds in het verleden bevestigd in het kader van de veiligheid van het opslaggebouw 155 (zie [R15-7] §7.1).

Bovenstaande massalimieten en de sommatieregel kunnen conservatief eveneens worden toegepast op colli geconditioneerd afval in een verpakking met ruimtelijke dimensies die groter zijn dan het standaard 400-liter collo, zoals het 600-liter collo of een oververpakking van het 400-liter collo. Dit geldt eveneens wanneer deze colli een onderdeel van een monoliet vormen.

Voor de andere dan bovenvermelde types colli geconditioneerd afval, al dan niet onderdeel van een monoliet, zal conservatief de limietwaarde van 15 g worden aangenomen. Deze limietwaarde is van toepassing op het totaal van U-235, Pu-239 en Pu-241 aanwezig in een collo geconditioneerd afval. De waarde komt overeen met de laagste waarde uit de tabel waarnaar wordt verwezen in artikel 17ter van de wet van 15 april 1994 betreffende de bescherming van de bevolking en van het leefmilieu tegen de uit ioniserende stralingen voortspruitende gevaren en betreffende FANC.

Dezelfde limietwaarde van 15 g zal conservatief worden toegepast op de monoliet type III in zijn geheel.

15.7.1.2 Kritikaliteitsrisico tijdens het transport van de monoliet

Voor de kritikaliteit tijdens het transport van de monoliet, wordt geen specifieke massalimiet opgelegd aan de splijtbare nucliden. De monoliet kan immers worden beschouwd als een collo dat splijtstoffen bevat en is daarom niet beperkt door de limietwaarden uit SSR-6 (zie [R15-2] §417), waarnaar wordt verwezen door het ADR-Verdrag.

15.7.1.3 Kritikaliteitsrisico op lange termijn

De uitsluiting van het kritikaliteitsrisico op lange termijn wordt gegarandeerd door de conservatieve massalimieten bepaald in het rapport [R15-3]. Het gaat hier om de volgende massalimieten⁷:

- Per collo geconditioneerd afval: de som van de massa's U-235 en Pu-239 ≤ 50 g
- Per monoliet type III: de som van de massa's U-235 en Pu-239 ≤ 123 g

Bovenstaande massalimieten zijn het resultaat van de terugrekening van de oppervlakteconcentratielimieten⁸ zoals gerapporteerd in NUREG/CR-6284 (zie [R15-3] voor referentiedetails). Deze NUREG is opgesteld met de bedoeling aan de U.S.NRC dermate conservatieve limietwaarden aan te reiken dat geen specifieke kritikaliteitsanalyses meer zouden nodig zijn voor de vergunning van installaties voor het beheer van laag- en middelactief kortlevend afval.

Het reactiviteitsmodel in NUREG/CR-6284 veronderstelt een oneindig uitgestrekt oppervlak met daarop cilinders, geplaatst volgens een rasterpatroon. Dit oppervlak is aan de boven- en onderzijde afgezoomd met een 240 cm dikke laag SiO₂, die fungeert als reflector. Elk van de cilinders bevat een waterige oplossing van een splijtbaar nuclide in de meest reactieve configuratie. Als dusdanig bevat elke cilinder een hoeveelheid⁹ splijtbaar nuclide bepaald op een gelijkaardige manier als de massalimieten in §15.7.1.1. De hoogte/diameter-verhouding van de cilinders is een constante. Als dusdanig is de volumeconcentratie van het splijtbare nuclide een variabele in functie van de afstand tussen de (middellijnen van de) cilinders. De oppervlakteconcentratielimiet wordt uit dit model afgeleid door de volumeconcentratie waarvoor de hoogste reactiviteit wordt bereikt en de reactie juist kritisch is, te projecteren naar het bodemoppervlak. Vervolgens wordt de aldus bekomen oppervlakteconcentratie vermenigvuldigd met een factor 0,7 om er zeker van te zijn dat de gerapporteerde oppervlakteconcentratielimiet een voldoende subkritische toestand vertegenwoordigt.

Gelet op dit reactiviteitsmodel, kan worden gesteld dat de oppervlakteconcentratielimieten rekening houden met eender welke verticale verplaatsing van splijstof als gevolg van de degradatie op lange termijn van de monolieten. Het reactiviteitsmodel is ook conservatief met betrekking tot de in de berging aanwezige soorten stoffen (op voorwaarde¹⁰ dat het afval voor niet meer dan 0,1m% bestaat uit beryllium, grafiet of deuterium).

Bij de terugrekening van de oppervlakteconcentratielimieten naar massalimieten voor het afval werd uitgegaan van volgende veronderstellingen:

⁷ Voor de uitsluiting van het kritikaliteitsrisico op lange termijn is er geen massalimiet voor Pu-241. Dat komt omdat de halfwaardetijd van Pu-241 slechts 14 jaar is, waardoor dit nuclide weinig relevant is voor de langetermijnveiligheid. Bovendien draagt Pu-241 wanneer vermengd met andere Pu-isotopen (en Pu-241 is in de praktijk moeilijk scheidbaar van andere Pu-isotopen) weinig bij aan de reactiviteit.

⁸ 1 011 g/m² en 559 g/m² respectievelijk voor U-235 en Pu-239

⁹ 350 g of 225 g, respectievelijk in het geval van U-235 of Pu-239

¹⁰ Bijkomende berekeningen voor het geval dat meer beryllium, grafiet of deuterium aanwezig is in het afval dienen nog te gebeuren.

- Alleen rekening houden met de oppervlakteconcentratielimiet van Pu-239. Op deze manier is de berekende massalimiet conservatief van toepassing op de som van de massa's U-235 en Pu-239;
- Stapelhoogte is ofwel 6 monolieten type I, ofwel 5 monolieten type II of III;
- Bodemoppervlak van een monoliet is 3,76 m² (vierkant);
- De berekende massa splijtbare nucliden mag geen betrekking hebben op een bodemoppervlak groter dan 1,1 m². Deze waarde is gebaseerd op het rapport ORNL/TM-13765 (zie [R15-3] voor referentiedetails).

De terugrekening leverde verschillende massalimieten op, variërende van 70 g tot 123 g naargelang het type collo geconditioneerd afval. Er is echter voor gekozen de waarde van 50 g te nemen als enige en conservatieve massalimiet, die van toepassing is op alle types collo geconditioneerd afval.

Voor de monoliet type III leverde de terugrekening een massalimiet op van 123 g.

15.7.1.4 Samenvatting van massalimieten

Uit de combinatie van de gegevens in §15.7.1.1, §15.7.1.2, en §15.7.1.3 werden limietwaarden bepaald die geldig zijn voor zowel de operationele periode als de lange termijn.

Voor de monolieten type I of II met standaard 400-liter colli, 600-liter colli of een oververpakking van het 400-liter collo, levert de combinatie van de limietwaarde voor de langetermijn (50 g voor het totaal van U-235 en Pu-239) met de limietwaarden voor de operationele kritikaliteit (326 g voor U-235, 219 g voor Pu-239 en 112 g voor Pu-241) via de sommatieregel een beperking op van het Pu-241 die lineair varieert tussen 86 g (bij 0 g U-235 en 50 g Pu-239) en 94 g (bij 50 g U-235 en 0 g Pu-239). Inderdaad, in het eerste geval geldt volgens de sommatieregel de vergelijking ' $0/326 + 50/219 + (\text{massa Pu-241})/112 = 1$ ' en in het tweede geval geldt de vergelijking ' $50/326 + 0/219 + (\text{massa Pu-241})/112 = 1$ '. Er is voor gekozen de waarde van 86 g te nemen als enige en conservatieve massalimiet voor Pu-241.

Voor de monolieten type I of II met andere colli dan de standaard 400-liter colli, 600-liter colli of een oververpakking van het 400-liter collo, is de limietwaarde voor operationele kritikaliteit (15 g voor het totaal van U-235, Pu-239 en Pu-241) meer beperkend dan de limietwaarde voor de langetermijn (50 g voor het totaal van U-235 en Pu-239). Dus volstaat het om enkel rekening te houden met de eerste limietwaarde.

Voor de monoliet type III is de massalimiet voor operationele kritikaliteit (15 g voor het totaal van U-235, Pu-239 en Pu-241) meer beperkend dan de limietwaarde voor de langetermijn (123 g voor het totaal van U-235 en Pu-239). Dus volstaat het om enkel rekening te houden met de eerste limietwaarde.

Conformiteitscriteria op basis van bovenstaande vereiste en §15.7.1.4:

- 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 U-235 en Pu-239 groter zijn dan 50 g of de massa aan Pu-241 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 U-235, Pu-239 en Pu-241 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 U-235, Pu-239 en Pu-241 niet groter zijn dan 15 g.

15.7.2 Splijststoffen

De hoeveelheid van langlevende radionucliden in het afval in een oppervlakteberging dient zo klein als mogelijk te zijn ([R15-6] §6.1.5).

Vereiste:

- Afval dat splijststof bevat in niet verwaarloosbare hoeveelheden mag niet aanvaard worden voor de oppervlakteberging.

Om bijkomende kwantitatieve limietwaarden voor niet-verwaarloosbare hoeveelheden splijststoffen te definiëren, werd - naast een evaluatie van het kritikaliteitsrisico - een beroep gedaan op de regelgeving over het bijzondere kerntechnische materiaal. Bijkomende kwantitatieve limietwaarden werden aldus gedefinieerd op basis van de verrijkingsgraad van het eventueel in het afval aanwezige uranium.

Conformiteitscriteria op basis van bovenstaande vereiste en de daarop volgende overweging:

- 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 U-235 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.

15.8 Andere conformiteitscriteria

15.8.1 Erkenningen door NIRAS

Het systeem van erkenning in het KB van 18 november 2002 'Regeling van de Erkenning van Uitrustingen bestemd voor Opslag, Verwerking en Conditionering van Radioactief Afval' ook in de context van de berging toegepast worden. Op basis ervan voerde NIRAS een systeem in van erkenningen van de procedés en gebruikte uitrustingen en methodologiën bij de producenten en/of conditioneerders. Met andere woorden; elke monoliet zal moeten geproduceerd zijn volgens een erkend eindconditioneringsprocedé en het erin vervatte radioactief afval zal moeten gekarakteriseerd zijn met een erkende uitrusting en volgens een erkende methodologie.

De erkenningen door NIRAS zijn beschreven in [HS-06] §6.3.2.2.

15.8.2 Identificatie van monolieten

Om de informatie verkregen uit de radiologische en de fysische en chemische karakterisering van het ingebrachte radioactieve afval en de gegevens opgetekend tijdens de eindconditionering te integreren in het beheerssysteem van NIRAS, is het nodig dat de monoliet voorzien is van een unieke identificatiecode.

Vereiste:

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

Nadere bepalingen betreffende de markeringen voor de identificatie van de monolieten (bv. grootte van letters en cijfers, technieken van aanbrengen, plaatsen waarop aanbrengen, ...) worden beschreven in [HS-07] §7.3.2.1.

15.8.3 Overeenstemming met vergunningen

N.v.t.

15.9 Referenties van hoofdstuk 15

- [R15-1] L.R. Van Loon and M.A. Glaus, Experimental and Theoretical Studies on Alkaline Degradation of Cellulose and its Impact on the Sorption of Radionuclides, NAGRA Technical Report 97-04 (1998);
- [R15-2] IAEA Safety Standard SSR-6, “Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material”;
- [R15-3] VNS rapport VNS-TR-15-11, “Limits on the amount of fissile material in the category A waste in order to exclude risks of criticality in the Dessel surface repository”; maart 2015;
- [R15-4] Chemical Fixation and Solidification of Hazardous Wastes; J.R. Conner; Van Nostrand Reinhold, New-York, p. 293-298 (1990);
- [R15-5] NIRAS-nota 2015-0391, “cAt: dégradation de la cellulose – Influence sur la sorption”, Robert Gens, 5 februari 2015 ;
- [R15-6] FANC nota 007-228 F, rév. 3, “Guide technique «Dépôt définitif en surface sur le territoire belge de déchets de faible et moyenne activité à vie courte» ”, 2011.
- [R15-7] NIRAS-nota 2018-1597, “Massalimieten van splijtbare nucliden in een individueel collo radioactief afval”, Chris De Bock, 15 juni 2018.
- [R15-8] FANC nota 007-087-f rév.1, Dépôt définitif en surface sur le territoire belge de déchets radioactifs de faible et moyenne activité et de courte demi-vie – Guide relatif à la prise en

Hoofdstuk 15 : Conformiteitscriteria voor bergingscolli

Veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie-A afval te Dessel

compte du risque d'intrusion humaine pour les dépôts définitifs en surface de déchets radioactifs, 02/04/2010.

- [R15-9] T. Van Doorne, E. Coppens, Aanpassingen aan de acceptatiecriteria m.b.t. tot de immobilisatiematrix op basis van cement voor heterogeen en homogeen geconditioneerd afval, ONDRAF/NIRAS niras-nota 2015-1604 (2015).

Bijlage 1

Tabel 15-6: Overzichtslijst van de conformiteitscriteria voor bergingscolli

Vereisten	Conformiteitscriteria	Componenten	Implementatie ¹¹
	Mechanische conformiteitscriteria		
Zie Bijlage 2	Zie Bijlage 2	Caisson en opvulmortel	Zie Bijlage 2
	Fysische conformiteitscriteria		
Zie Bijlage 2	Zie Bijlage 2	Caisson en opvulmortel	Zie Bijlage 2
§15.3.1	Massa monoliet type I ≤ 16600 kg Massa monoliet type II ≤ 17500 kg. Massa monoliet type III ≤ 20000 kg.	Monoliet	Acceptatie BA (monoliet)
§15.3.2.1	Per collo: massa uitgeharde cementpasta ≥ 10% massa collo	Bergingsafval (type I of II)	Acceptatie GA.E colli
§15.3.2.2	Per collo: volume conditioneringsmortel ≥ 85% volume tussen vat en ruw/verwerkt afval	Bergingsafval (type I of II)	Acceptatie GA.E colli
§15.3.3	Geen vrije vloeistoffen	Bergingsafval	Acceptatie GA.E colli of Acceptatie NGA.E in caisson
§15.3.4	Per collo: immobilisatiematrix ongevoelig voor ASR en, ofwel temperatuur altijd ≤ 60°C, ofwel immobilisatiematrix ongevoelig aan DEF	Bergingsafval (type I of II) heterogeen gecementeerd	Acceptatie GA.E colli
§15.3.4	Per collo: afvalvorm ongevoelig voor ASR en, ofwel temperatuur altijd ≤ 60°C, ofwel afvalvorm ongevoelig aan DEF	Bergingsafval (type I of II) homogeen gecementeerd	Acceptatie GA.E colli
§15.3.4	Betonpuin ongevoelig voor ASR en DEF	Bergingsafval (type III) met ruw afval bestaande uit betonpuin	Acceptatie NGA.E in caisson (incl. geschikte testmethodes ASR en DEF)
	Chemische conformiteitscriteria		
Zie Bijlage 2	Zie Bijlage 2	Caisson en opvulmortel	Zie Bijlage 2
§15.4.2.1	Per collo: massa cellulosehoudende stoffen ≤ 0,4 kg / (nominaal aantal colli per monoliet)	Bergingsafval (type I of II)	Acceptatie GA.E colli
§15.4.2.1	Massa cellulosehoudende stoffen ≤ 0,4kg	Bergingsafval (type III)	Acceptatie NGA.E in caisson
§15.4.2.2	Per collo: massa Cl ⁻ ≤ 0,4% massa cement in immobilisatiematrix	Bergingsafval (type I of II) heterogeen gecementeerd	Acceptatie GA.E colli
§15.4.2.2	Per collo: massa Cl ⁻ ≤ 0,4% massa cement in afvalvorm collo	Bergingsafval (type I of II) homogeen gecementeerd	Acceptatie GA.E colli
§15.4.2.2	Massa Cl ⁻ ≤ 0,4% massa cement	Opvulmortel en	Acceptatie

¹¹ Voor het aantonen van de conformiteit wordt een beroep gedaan op het acceptatiesysteem van NIRAS. Het acceptatiesysteem is beschreven in [HS-06] (zie §6.3 aldaar).

Hoofdstuk 15 : Conformiteitscriteria voor bergingscolli

Veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie-A afval te Dessel

	in de opvulmortel	bergingsafval (type III)	NGA.E in caisson
§15.4.2.3	Per collo: massa SO_4^{2-} in ruw en/of verwerkt radioactief afval ≤ 12 gram per kilogram	Bergingsafval (type I of II)	Acceptatie GA.E colli
§15.4.2.5	Geen gevaarlijke stoffen die een fysisch gevaar vertegenwoordigen en worden aangeduid met een specifieke H-zin	Bergingsafval	Acceptatie GA.E colli of Acceptatie NGA.E in caisson
§15.4.2.6.2	Geen elektropositieve metalen	Bergingsafval (type III)	Acceptatie NGA.E in caisson
	Biologische conformiteitscriteria		
§15.5	Geen infectueuze stoffen	Bergingsafval	Acceptatie GA.E colli of Acceptatie NGA.E in caisson
	Radiologische conformiteitscriteria		
§15.6.1.1	Per collo: activiteitsconcentratie van elk kritiek nuclide \leq CLI van dat nuclide	Bergingsafval (type I of II)	Acceptatie GA.E colli
§15.6.1.1	Activiteitsconcentratie van elk kritiek nuclide \leq CLI van dat nuclide	Bergingsafval (type III)	Acceptatie NGA.E in caisson
§15.6.1.1	Radiologische heterogeniteitsfactor ≤ 85	Monoliet (type I of II)	Erkenning procedé IPM (combinatie colli)
§15.6.1.1	Per collo: radiologische impact van scenario 'analyse boorkern' ≤ 3 mSv	Bergingsafval (type I of II)	Acceptatie GA.E colli
§15.6.1.1	Radiologische impact van scenario 'analyse boorkern' ≤ 3 mSv	Bergingsafval (type III)	Acceptatie NGA.E in caisson
§15.6.1.2	Per collo: activiteit Ra-226 plus activiteit Th-232 gedeeld door massa afvalvorm van collo ≤ 1000 Bq/kg	Bergingsafval (type I of II)	Acceptatie GA.E colli
§15.6.1.2	Activiteit Ra-226 plus activiteit Th-232 gedeeld door massa afvalvorm ≤ 1000 Bq/kg	Bergingsafval (type III)	Acceptatie NGA.E in caisson
§15.6.2.1	Dosistempo op contact ≤ 20 mSv/h	Monoliet	Acceptatie BA (monoliet)
§15.6.2.2	Afneembare oppervlaktebesmetting bèta/gammastralers plus zwak radiotoxische alfastralers $\leq 0,4$ Bq/cm ²	Monoliet	Acceptatie BA (monoliet)
§15.6.2.2	Afneembare oppervlaktebesmetting alfastralers minus zwak radiotoxische alfastralers $\leq 0,04$ Bq/cm ²	Monoliet	Acceptatie BA (monoliet)
	Kritikaliteitsrisico en splijtstoffen		
§15.7.1.4	Per collo: massa U-235 plus massa Pu-239 ≤ 50 g EN massa Pu-241 ≤ 86 g	Bergingsafval (type I of II) met standard 400-litercolli, 600-litercolli of oververpakte 400-litercolli	Acceptatie GA.E colli
§15.7.1.4	Per collo: massa U-235 plus massa Pu-239 plus massa Pu-241 ≤ 15 g	Bergingsafval (type I of II) met andere colli dan standard 400-litercolli, 600-litercolli of oververpakte 400-litercolli	Acceptatie GA.E colli
§15.7.1.4	Massa U-235 plus massa Pu-239 plus massa Pu-241 ≤ 15 g	Bergingsafval (type III)	Acceptatie NGA.E in caisson
§15.7.2	Per collo: massa U-235 ≤ 15 g	Bergingsafval (type I of II)	Acceptatie GA.E

Hoofdstuk 15 : Conformiteitscriteria voor bergingscolli

Veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie-A afval te Dessel

		met hoogverrijkt uranium	colli
§15.7.2	Massa U-235 \leq 15 g	Bergingsafval (type III) met hoogverrijkt uranium	Acceptatie NGA.E in caisson

Bijlage 2

De conformiteitscriteria van de Tabel 15-7 en hun afleiding zijn gegeven in [HS-07], §7.5, Tabel 15-7 geeft een overzicht. De tabel bevat volgende info:

- ID van het conformiteitscriterium
- De ontwerpvereiste(n) die aan de basis ligt/liggen van het conformiteitscriterium, zie [HS-07], §7.5
- Het conformiteitscriterium
- De SSCs waarop het conformiteitscriterium van toepassing is
- De manier waarop de controle op het respecteren van het conformiteitscriterium uitgevoerd zal worden
- De conformiteitscriteria voor de caisson en de opvulmortel worden in dit hoofdstuk ingedeeld volgens hun aard: mechanisch, fysisch of chemisch. Dit gebeurt op basis van de aard van de ontwerpvereisten die aan de basis liggen van de criteria (zie Tabel 15-1).
 - ▶ Mechanisch: Mon05¹², Mon20, Mon21, Mon22, Mon25, Mon29
 - ▶ Fysisch: Mon03, Mon04¹³, Mon06, Mon11, Mon18, Mon19, Mon23
 - ▶ Chemisch: Mon01, Mon02, Mon07, Mon08, Mon09, Mon10, Mon12, Mon13, Mon14, Mon15, Mon16, Mon17, Mon24, Mon26, Mon27, Mon28, Mon30, Mon31, Mon32

Tabel 15-7: Mechanische ('M'), fysische ('F') en chemische ('C') conformiteitscriteria van de caisson en de opvulmortel

CC#	DR	CC	SSC	QC
Mon01 C	3	Minstens 19gew% uitgeharde cementpasta	Caisson	Geverifieerd door weging tijdens de aanmaak volgens de norm NBN EN 13369 en analyse (achteraf) op betonstalen
Mon02 C	3	Minstens 29gew% uitgeharde cementpasta	Mortel	Geverifieerd door weging tijdens de aanmaak en analyse (achteraf) op mortelstalen
Mon03 F	4, 5.a, 7, 9.c	Hoeveelheid cement ≥ 320 kg/m ³	Caisson Mortel	Geverifieerd volgens NBN EN 13369
Mon04 F	4, 5.a/b, 7, 9.c	W/C ≤ 0.5	Caisson Mortel	Geverifieerd volgens NBN EN 13369

¹² Er liggen 4 'fysische' en 4 'mechanische' DRs aan de basis van Mon05. Omwille van de aard van het criterium wordt Mon05 als 'mechanisch' beschouwd.

¹³ DR5b wordt bij 'mechanisch' ingedeeld; aangezien de overige 4 DRs waarvan Mon04 afgeleid is 'fysisch' zijn, wordt Mon04 als een fysisch conformiteitscriterium beschouwd.

Hoofdstuk 15 : Conformiteitscriteria voor bergingscolli

Veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie-A afval te Dessel

CC#	DR	CC	SSC	QC
Mon05 M	4,5.a/b, 7, 9.c, 12.a/b, 25.a/b	Druksterkteklasse minimaal C40/50	Caisson	Geverifieerd volgens NBN EN 13369
			Mortel	
Mon06 F	5.a	Doseernauwkeurigheid conform toleranties toegelaten door NBN EN 206-1. Doseernauwkeurigheid voor water: 1,5%	Mortel	Geverifieerd door controles op de doseerinstallatie
Mon07 C	9.a	HSR cement volgens NBN B12 108 of SR0/SR3 volgens NBN EN 197-1	Caisson	Geverifieerd in documenten van de leveranciers en controles
			Mortel	
Mon08 C	9.a	Gehalte aan SO ₃ in het cement ≤ 2,5 gew%	Caisson	Geverifieerd in documenten van de leveranciers en controles
Mon09 C	9.a	Gehalte aan MgO in het cement ≤ 1 gew%	Caisson	Geverifieerd in documenten van de leveranciers en controles
Mon10 C	9.a/b	LA cement conform aan de norm NBN B12 109	Caisson	Geverifieerd in documenten van de leveranciers en controles (cement-analyse)
			Mortel	
Mon11 F	24	De opvulmortel moet de caisson vullen tot aan de openingen in het deksel	Mortel	Visuele controle
Mon12 C	9.a	CEM III/C volgens NBN EN 197-1	Mortel	Geverifieerd in documenten van de leveranciers en controles
Mon13 C	9.a/b	Niet-dolomiet kalkhoudende aggregaten (volgens PTV845 – COPRO) met een laag gehalte aan silica (< 4%)	Caisson	Geverifieerd in documenten van de leveranciers en controles.
			Mortel	
Mon14 C	9.d	CEM I cement	Caisson	Geverifieerd in documenten van de leveranciers en controles
Mon15 C	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 ontlasting ook een verificatie uitgevoerd worden, bv. met een pachometer.
Mon16 C	9.h	Geen rechtstreeks fysiek contact plaatsvinden tussen de wapeningskooi en het ingebede deel van de hijzankers	Caisson	Visuele controle alvorens het betonneren start

Hoofdstuk 15 : Conformiteitscriteria voor bergingscolli

Veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie-A afval te Dessel

Mon17 C	10	Superplastificeerders van de types sulfonated naftaleen-formaldehyde condensaat of polycarboxylaat (wanneer vereist door de doenbaarheid van de constructie)	Caisson	Geverifieerd in documenten van de leveranciers.
			Mortel	
Mon18 F	11	Wanddikte ≥ 12 cm	Caisson	Geverifieerd op de bekistingsplannen en metingen
Mon19 F	24	Minimale vloeimaat: 240 mm	Mortel	Controle volgens NBN EN 1015-3 (zonder schokken)
Mon20 M	13.a	Karakteristieke vloeigrens van het materiaal van de hijsankers $f_{yk} \geq 750$ MPa	Caisson	Geverifieerd op materiaalfiches en testen
Mon21 M	25.a	Wapening \geq 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 M	25.a	Wapeningsstaal met karakteristieke vloeigrens $f_{yk} \geq 500$ MPa	Caisson	Geverifieerd op materiaalfiches en testen
Mon23 F	9.c	Weerstand aggregaten moet conform norm NBN B 15-001 zijn (milieuklasse EE3)	Caisson	Gemeten volgens NBN EN 1367-1:2007 of NBN EN 1367-2:2010
			Mortel	
Mon24 C	9.a	$(C \times [SO_3] \times 12,5 + 250) / (C \times 9,8 \times [Al_2O_3]) \leq 3$ met C het cementgehalte uitgedrukt in kg/m ³	Caisson	Opvolging van de QA/QC documenten van de leveranciers en controles
			Mortel	
Mon25 M	5.b	Geen doorgaande macroscheuren	Caisson	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
			Mortel	
Mon26 C	9.b	Expansie op 16 dagen $< 0,10\%$	Caisson	ASTM C 1260 (Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method)) of equivalent
			Mortel	
Mon27 C	9.b	Expansie $< 0,04\%$ op één jaar	Caisson	ASTM C 1293 (Standard Test Method for Determination of Length Change of Concrete Due to Alkali-Silica Reaction) of equivalent
			Mortel	

Hoofdstuk 15 : Conformiteitscriteria voor bergingscolli

Veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie-A afval te Dessel

Mon28 C	9.a	Uithardingstemperatuur te beperken $\leq 65^{\circ}\text{C}$, 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 $\leq 3 \text{ kg/m}^3$ is. Indien niet aan deze twee voorwaarden voldaan is dient de uithardingstemperatuur $\leq 60^{\circ}\text{C}$ te zijn.	Caisson	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
			Mortel	
Mon29 M	9.g	Scheurwijdte $\leq 0,2 \text{ mm}$	Caisson	Geverifieerd door visuele controle.
Mon30 C	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 C	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 C	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

Hoofdstuk 15 : Conformiteitscriteria voor bergingscolli

Veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie-A afval te Dessel

NIRAS

**Nationale Instelling voor Radioactief Afval
en verrijkte Splijtstoffen**

Kunstlaan 14

BE-1210 Brussel

Tel. + 32 2 212 10 11

Fax +32 2 218 51 65

www.nirond.be