

## **Vragen en antwoorden van Hoofdstuk 15**

**HS15-001 Vereisten en criteria**

**HS15-002 Coherentie tussen hoofdstukken 15 en 7 & 8**

**HS15-003 Mogelijke chemische verstoringen**

**HS15-004 Cellulose-inhoud**

**HS15-005 Chloride-inhoud**

**HS15-006 Excessieve gasontwikkeling**

**HS15-007 Chemische interferenties**

**HS15-008 Gevaarlijke stoffen - Fysische gevaren**

**HS15-010 Biologische conformiteitscriteria**

**HS-15-011 Radiologische conformiteitscriteria**

**HS-15-012 Inhoud aan Radium/Thorium**

**HS-15-013 Kritikaliteit**

**HS15-014 Identificatie van bergingscolli**

**HS15-015 Transport**

## 1 HS15-001 Vereisten en criteria

"Criteria" zouden niet mogen verward worden met "vereisten". Ook dienen criteria steeds op een correcte manier te worden gedefinieerd:

- Een "vereiste" is een eis waaraan voldaan dient te worden.
- Een "conformiteitscriterium" is een manier om te kunnen beoordelen of aan een "vereiste" is voldaan. Het dient in dit geval weldegelijk om een "criterium" te gaan, dat wil zeggen een maat gebruikt om een oordeel te kunnen vellen. Het criterium dient op een dusdanige manier te worden gedefinieerd dat de beoordeling op eenduidige manier kan gebeuren.

Bepaalde "criteria" voorgesteld in hoofdstuk 15 zijn in werkelijkheid "vereisten", bijvoorbeeld p15-7 « De caisson moet zodanige mechanische eigenschappen hebben dat hij, na de afdichting van de module waarin de monoliet zich bevindt:

De normale statische belastingen waaraan hij onderworpen zal worden, kan worden opvangen zonder hierbij schade op te lopen die de veiligheid van het verdere langetermijnbeheer van de monoliet in gevaar kan brengen. [...] »

Bepaalde "criteria" zijn niet correct gedefinieerd, bijvoorbeeld p15-21: « Het ingebracht radioactief afval mag geen stoffen van organische oorsprong bevatten, waarvan kan worden verwacht dat zij na verloop van enkele jaren volledig ontbonden zullen zijn. » - Welke zijn de verboden stoffen? Hoe worden ze gedefinieerd?

FANC/Bel V vragen aan NIRAS om zich er systematisch van te vergewissen dat de criteria duidelijk worden gedefinieerd, opdat ze toelaten om op een eenduidige manier de voldoening van de achterliggende vereisten na te gaan. FANC/Bel V vragen om deze systematische oefening te maken en de resultaten voor de eerste zitting van de Wetenschappelijke Raad aan FANC over te maken.

## 2 Antwoord NIRAS

NIRAS zal de "criteria" uit hoofdstuk 15 die in werkelijkheid "vereisten" zijn of die niet correct gedefinieerd zijn aanpassen, zie Fiche 11 en tekst hieronder.

De mechanische en fysische conformiteitscriteria van de opvulmortel, de caisson (waaronder hijsankers) en de monolieten in hun geheel zijn in de Fiche 11 gegeven en zullen in hoofdstuk 15 overgenomen worden (zie HS15-002).

Hieronder zijn de vereisten en criteria met betrekking tot het in monolieten ingebrachte radioactieve afval weergegeven.

Bij de appreciatie van meetwaarden ten opzichte van de limietwaarden in de criteria zullen de onzekerheden in rekening worden gebracht.

**2.1 Mechanische vereisten en criteria met betrekking tot het ingebrachte radioactieve afval**

Geen specifieke conformiteitscriteria: spanningen en krachten worden door de caisson opgenomen

**2.2 Fysische vereisten en criteria met betrekking tot het ingebrachte radioactieve afval en de opvulmortel**

**2.2.1 Beperken van vrijkomen van de radionucliden uit het afval**

**Vereiste:**

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

**Conformiteitscriteria:**

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

Voor colli GA (type I/II) geconditioneerd in een andere matrix dan cement: criteria nog te bepalen.

**2.2.2 Hoeveelheid opvulmortel**

**Vereiste:**

De hoeveelheid opvulmortel moet voldoende groot zijn om het vrijkomen van radionucliden uit de monoliet te beperken.

**Conformiteitscriteria:**

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.

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. Hierbij moet de opvulmortel de caisson vullen tot aan de openingen in het deksel.

**2.2.3 Processen die tot expansie kunnen leiden van het bergingsafval**

**Vereiste:**

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 mortel rond het geconditioneerde afval beperken zich tot deze die een significante volumevermeerdering van het de conditioneringsmatrix induceren (zie HS15-003).

ASR en DEF zijn geïdentificeerd als de enige processen waarvoor bijkomende criteria en vereisten gedefinieerd moeten worden om dergelijke verstoringen te vermijden.

#### **Conformiteitscriteria:**

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.

Conformiteitscriteria voor de caisson en de mortel van de monolieten zijn gedefinieerd om ASR en DEF uit te sluiten, (zie fiche 11, DR9.a “Weerstaan aan interne en externe sulfaataantasting” van de monolieten).

#### **2.2.4 Vrije vloeistoffen**

##### **Vereiste:**

De monoliet mag geen vrije vloeistoffen bevatten (§7.1.10.1 van [2]).

Besmette vloeistof mag niet uit het afval kunnen lopen. De aanwezigheid van water als vrije vloeistof moet ook worden vermeden omdat het kan dienen als medium voor versturende chemische reacties (corrosie, ...). Het is noodzakelijk dat voor afval waarin vloeistoffen zitten of zouden kunnen zitten, aangetoond wordt dat de vloeistoffen voldoende sterk geabsorbeerd zijn.

**Conformiteitscriterium:**

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

**2.2.5 Gemakkelijk verspreidbare stoffen (niet verpakt)**

*Dit betreft geen conformiteitscriterium, ondanks het feit dat het in de leidraad [2] als vereiste is opgenomen, omdat het enkel noodzakelijk is voor de operationele veiligheid in IPM.*

**2.2.6 Holle ruimte in het collo**

*Dit is geen conformiteitscriterium maar wordt in de praktijk beperkt tot 20%.*

**2.2.7 Hoeveelheid en opvulvermogen van de conditioneringsmortel**

**Vereiste:**

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

**Conformiteitscriteria:**

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.

Gegeven het belang dat holle ruimtes kunnen hebben met betrekking tot het transport van nucliden doorheen het vat, zijn holle ruimtes die aaneengesloten van boven tot beneden gaan niet toelaatbaar. Door de vereiste hoeveelheid mortel en het feit dat de conditioneringsmortel de bovenkant van het afval zichtbaar moet bedekken, is er geen risico op aangesloten holle ruimtes van boven tot beneden. De afwezigheid van dergelijke holle ruimtes zal in het erkenningsproces gevalideerd worden.

**2.3 Chemische conformiteitscriteria**

**2.3.1 Cellulosehoudende stoffen**

**Vereiste:**

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 beperkt worden.

HS15-004: "NIRAS zal voor afval geproduceerd na aanpassing van de ACRIA's (op basis van de vergunningsvoorwaarden) een absolute maximumlimiet hanteren op de aanwezigheid van cellulosehoudende stoffen in het oppervlaktebergingsafval. Tot aan

deze limietwaarde is er geen invloed van de cellulosehoudende stoffen op de retentie-eigenschappen van de cementbarrières.”

**Conformiteitscriteria (zie HS15-004):**

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 volgende limietwaarden:

- 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

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.

### 2.3.2 Chloriden

**Vereisten (zie HS15-005):**

Chloride-ionen in het afval mogen de omliggende betonbarrières niet verstoren door versnelde corrosie van de stalen wapening tijdens de periode waarop 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.

Chloridehoudende stoffen kunnen op twee manieren de veiligheid negatief beïnvloeden; enerzijds kunnen zij een verstorend effect hebben op de stalen wapening van de caisson, en anderzijds kunnen zij, evenals cellulosehoudende stoffen, een verstorend effect hebben op de chemische retentie van op cement gebaseerde barrières, met andere woorden de R3-functie (en eigenlijk ook de R1-functie in het geval van in cement geconditioneerd ingebracht radioactief afval). In het geval van een hoge aanwezigheid aan chloridehoudende stoffen, kunnen zij de cementmatrix zelf aantasten (zie HS15 §15.4.2).

**Conformiteitscriterium (zie HS15-005):**

Voor een monoliet met colli geconditioneerd afval, mag in geen enkel collo geconditioneerd afval de hoeveelheid minerale chloride-ionen 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 of verwerkte) radioactieve afval niet groter zijn dan 0,4m% van de massa cement in de opvulmortel.

### 2.3.3 Complex- en chelaatvormende agentia

**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 radioactieve afval moet daartoe beperkt worden.

Complex- en chelaatvormende agentia (o.a. EDTA, DTBP, citroenzuur, wijnsteen, oxaalzuur, picolinezuur en tributylfosfaat) zullen beperkt worden (zie HS15-003). 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 in een herziening van het veiligheidsrapport worden toegevoegd.

### 2.3.4 Sulfaatinhoud

**Vereiste:**

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

**Conformiteitscriteria (zie HS05-008):**

Voor een monoliet met colli geconditioneerd afval, mag in geen enkel collo het gehalte aan sulfaten (massa SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) 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 worden in rekening gebracht.

### 2.3.5 Excessieve gasontwikkeling

**Vereiste:**

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

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 H<sub>2</sub> vrijzetten. Een dergelijke reactie zou een operationeel veiligheidsprobleem voor de eindconditionering betekenen (zie HS15, §15.4.3).

**Conformiteitscriterium:**

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<sub>2</sub> 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<sub>2</sub>/OH<sup>-</sup> ).

De meest pertinente voorbeelden van metalen die op deze manier met de opvulmortel met de referentiesamenstelling uit HS07-007 zouden reageren zijn: aluminium, beryllium en magnesium.

**2.3.6 Chemische interferentie met het bindings- en uithardingsproces van de immobilisatiemortel**

**Vereiste :**

De fysisch-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.

Voor monoliet type III moet de aanwezigheid van bepaalde stoffen in het ingebrachte radioactief afval die kunnen interageren met de hydratatiereactie tijdens het uitharden van de immobilisatiemortel geëvalueerd worden. Uitgesloten zijn stoffen aanwezig in zodanige hoeveelheden dat ze kunnen interageren met de hydratatiereactie tijdens het uitharden van de immobilisatiemortel en die als resultaat een onaanvaardbare vermindering van de kwaliteit van de immobilisatiematrix met betrekking tot zijn chemische retentie of zijn beperking van de waterdoorstroming kunnen hebben. De compatibiliteit van het ingebracht radioactief afval zal bekeken worden via conformiteitsdossiers voor afvalfamilie of voor variëteiten. De compatibiliteit tussen het ingebracht radioactief afval en de immobilisatiemortel zal dus geargumenteed worden en indien nodig bevestigd worden aan de hand van compatibiliteitstesten (b.v. uitloogtesten en onderdompelingstesten) en niet op basis van een lijst met verbindingen die onmogelijk exhaustief kan zijn. Een indicatieve lijst van stoffen die potentiële verstoringen kunnen veroorzaken wordt gegeven door de tabel in § 15.4.4 van hoofdstuk 15 (versie 2012).

**2.3.7 Gevaarlijke stoffen**

**Vereiste:**

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 (zie HS15-008):**

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.

Voor alle duidelijkheid, het gaat hier om de volgende stoffen:

- Ontvlambare gassen
- Ontvlambare aerosolen
- Ontploffbare 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

**2.4 Biologische conformiteitscriteria**

**Vereiste:**

Het bergingsafval mag geen infectueuze stoffen bevatten (§7.1.9.1 van [2]).

**Conformiteitscriterium (zie HS15-010):**

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).

## 2.5 Radiologische conformiteitscriteria met betrekking tot het ingebrachte afval

### 2.5.1 Activiteitsconcentraties

#### Vereiste:

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 (zie Fiche 5):

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 onderstaande tabel.

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

**Conformiteitscriterium 2 (zie Fiche 5):**

Voor een monoliet met colli geconditioneerd afval moet de radiologische heterogeniteitsfactor<sup>1</sup> ( $Z_{Monoliet}$ ) kleiner of gelijk zijn aan 60, waarbij deze factor als volgt wordt gedefinieerd:

$$Z_{Monoliet} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{A_{i,Monoliet}}{\left(\frac{20}{29}\right) OLI_i / 17240}$$

Hierbij is:

N : het aantal nucliden in onderstaande tabel

$A_{i,Monoliet}$  : de totale activiteit (Bq) van een bepaald nuclide in de monoliet

OLI<sub>i</sub> : de waarde overeenkomstig een bepaald nuclide in onderstaande tabel

Nuclide	OLI [Bq]	Nuclide	OLI [Bq]	Nuclide	OLI [Bq]	Nuclide	OLI [Bq]
Ag-108m	2,30E+10	Cs-137	8,08E+13	Pu-238	3,19E+11	Tc-99	7,47E+10
Am-241	5,44E+11			Pu-239	9,37E+10		
		I-129	1,41E+09	Pu-240	9,87E+10		
Am-243	1,64E+10	Mo-93	2,03E+10	Pu-241	1,06E+13		
		Nb-94	3,99E+11				
C-14	7,29E+12	Ni-59	4,99E+12			U-234	7,71E+10
Ca-41	2,31E+12	Ni-63	5,44E+14			U-235	3,76E+09
Cl-36	2,02E+10			Se-79	8,99E+08	U-236	5,00E+10
Cm-244	1,96E+11	Np-237	8,51E+08	Sn-126	1,25E+09	U-238	2,23E+10
Cs-135	3,73E+08			Sr-90	3,19E+12	Zr-93	1,63E+09

**Conformiteitscriterium 3**

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 (conform de hypothesen in hoofdstuk 14 van het veiligheidsrapport).

**2.5.2 Radium/thoriumhoudendheid**

**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 bergingsinstallatie.

<sup>1</sup> Om een voldoende homogene spreiding te hebben opdat de hypothesen van de veiligheidsevaluatie geldig zijn.

**Conformiteitscriteria (zie HS15-012):**

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.

**2.5.3 Conformiteitscriteria met betrekking tot splijtstoffen omwille van het kritikaliteitsrisico en de beveiliging**

**Vereiste:**

Het risico van kritikaliteit in de berging moet onbestaande zijn.

**Conformiteitscriteria (zie HS15-013):**

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.

**Vereiste:**

Afval dat nucleaire brandstof bevat in niet verwaarloosbare hoeveelheden mag niet aanvaard worden voor de oppervlakteberging.

Aanvullend aan bovenstaande conformiteitscriteria m.b.t. kritikaliteit wordt daarom de aanwezigheid van U-235 bijkomend beperkt. NIRAS zal hiervoor een limiet gebruiken die ontleend is aan de regelgeving over bijzonder kerntechnisch materiaal.

**Conformiteitscriteria (zie HS06-INV-007):**

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 bevatten met een verrijkingsgraad van 20% of meer, mag de massa aan U-235 in het ingebrachte radioactieve afval, niet groter zijn dan 15 g.

## 2.6 Radiologische conformiteitscriteria met betrekking tot de monoliet in zijn geheel :

### 2.6.1 Dosistempo

#### Vereiste:

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

#### Conformiteitscriterium :

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

### 2.6.2 Afneembare oppervlaktebesmetting

#### Vereiste:

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

#### Conformiteitscriterium :

De afneembare oppervlaktebesmetting van een monoliet mag niet groter zijn dan 0,4 Bq/cm<sup>2</sup> voor het totaal van de bèta/gammastralers en de zwak radiotoxische alfastralers en mag niet groter zijn dan 0,04 Bq/cm<sup>2</sup> 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.

## 2.7 Andere conformiteitscriteria

NIRAS zal §15.8.2 “Erkenning van de karakterisering van het ingebracht radioactief afval” aanvullen met nadere bepalingen omtrent de karakteristieken van de markeringen (bv. grootte van letters en cijfers, kleuren, technieken van aanbrengen, plaatsen waarop aanbrengen, ...) (zie HS15-014).

De sectie §15.8.3 “Overeenstemming met vergunningen” van hoofdstuk 15 zal geschrapt worden.

## 3 Aanpassing aan het veiligheidsrapport

HS 15 zal aangepast worden met hierboven vermelde vereisten en criteria.

#### **4 Referenties**

- [1] ONDRAF/NIRAS, nota 2014-3049, “Beproeving van een matrix tot interne sulfaat aantasting (DEF)”, Erik Coppens, 14 december 2014
- [2] 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.

## **1 HS15-002 Coherentie tussen hoofdstukken 15 en 7 & 8**

De mechanische en fysische conformiteitscriteria van de opvulmortel, de caisson (waaronder hijsogen) en de monolieten in hun geheel worden ontwikkeld - of dienen ontwikkeld te worden - in hoofdstuk 7 [2] en worden hernomen in bijlage 2 van hoofdstuk 8 [3].

FANC/Bel V vragen om voor de eerste Wetenschappelijke Raad de coherentie tussen de criteria hernomen in hoofdstuk 15 en deze ontwikkeld in voornoemde documenten te verzekeren.

Er wordt voorgesteld aan NIRAS om de mechanische en fysische conformiteitscriteria van de opvulmortel, de caisson (waaronder hijsogen) en de monolieten in hun geheel, die samengevat zijn in bijlage 2 van hoofdstuk 8, in hoofdstuk 15 over te nemen of er naar te refereren, eerder dan de voorgestelde ontwikkelingen in de paragrafen 15.2 tot 15.3.3 uit [1] te behouden.

FANC/Bel V zullen deze criteria analyseren in het kader van de analyse van hoofdstuk 7 (en bijlage 2 hoofdstuk 8).

## **2 Antwoord NIRAS**

NIRAS zal de mechanische en fysische conformiteitscriteria van de opvulmortel, de caisson (waaronder hijsogen) en de monolieten in hun geheel, die samengevat zijn in bijlage 2 van hoofdstuk 8, in hoofdstuk 15 overnemen.

Als dusdanig stelt NIRAS voor om de rijen met betrekking tot de monolieten te verwijderen uit Tabel 2 van Hoofdstuk 8. In de plaats daarvan zal een dergelijke tabel specifiek voor de monolieten ontwikkeld worden in Hoofdstuk 15. Deze zal de conformiteitscriteria voor de monolieten samenvatten die ontwikkeld zijn in de tekst van Hoofdstuk 15. Niettemin zal hiervoor in eerste instantie de bestaande rijen met betrekking tot de monolieten in Tabel 2 van Hoofdstuk 8 genomen worden.

De specifiek beschrijving met betrekking tot de mechanische en fysische criteria in Hoofdstuk 15 dient bewaard te blijven. Deze beschrijving is van belang voor de *coherentie* tussen de verschillende secties in Hoofdstuk 15 alsook met de hierboven vermelde samenvattende tabel. Deze beschrijving is tevens van belang voor het opstellen door NIRAS van de ACRIA voor monolieten, die Hoofdstuk 15 als vertrekpunt zal nemen.

Zie ook ons antwoord op HS15-001.

## **1 HS15-003 Mogelijke chemische verstoringen**

FANC/Bel V vragen om voor de eerste Wetenschappelijke Raad alle chemische verstoringen te identificeren die een significante impact kunnen hebben op de lange termijnveiligheid (p15-18 tot 15-19). Dit geheel beperkt zich namelijk niet tot het voorkomen van cellulose en chloor.

## **2 Antwoord NIRAS**

Materialen die beschouwd worden in dit antwoord:

1. Het beton van de caissons: De referentiesamenstelling van dit materiaal wordt vermeld in HS08-008.
2. De opvulmortel (waarmee de caissons gevuld worden en een monoliet vormen). De samenstelling van de mortel voor de opvulling van de monolieten is momenteel in ontwikkeling en een referentie-samenstelling (zie HS07-007) is bepaald.
3. Cementgebaseerde conditioneringsmatrices van homogeen of heterogeen geconditioneerd afval in type I en II monolieten.

Processen die een (negatieve) invloed hebben op de langetermijnveiligheid van de bergingsinstallatie zijn deze die de functies van de opvulmortel van de monoliet en het beton van de caisson en modules significant op negatieve wijze beïnvloeden.

Dergelijke processen worden onderverdeeld in deze die:

- geïnduceerd zijn door de interactie van het beton of de opvulmortel met de omgeving of interne processen,
- geïnduceerd zijn door reactie van het beton of opvulmortel met het afval,
- geïnduceerd zijn in het geconditioneerde afval, en een (mechanisch) effect hebben op het beton of opvulmortel rondom.

### **2.1 Processen geïnduceerd door interactie met de omgeving of interne processen in beton en opvulmortel.**

Rekening houdend met de karakteristieken van de omgeving van de site van Dessel enerzijds, en met de karakteristieken van het beton en opvulmortel - anderzijds, blijkt uit onderzoek van de verschillende mogelijke anno 2016 gekende chemische degradatiemechanismen dat atmosferische carbonatatie de enige bepalende factor is voor de gebruiksduur van de barrières, dit wordt geargumenteed in OD-187 [OD-187].

Onder meer de volgende aantastingsmechanismen werden in OD-187 in acht genomen:

- Biodegradatie van het beton
- Alkali-silica-reactie (ASR)



- Vorst-dooi-schade
- Secundaire ettringietvorming (DEF)
- Klassieke sulfaataanastig met inbegrip van thaumasietvorming.
- Carbonatatie
- Uitloging

De samenstelling van het beton en opvulmortel dient bijgevolg te voldoen aan de samenstelling zoals vermeld is in HS07-007 en HS08-008 en eventueel toegelaten vermelde variaties hierop opdat bovenstaande aantastingsmechanismen, waaronder DEF en ASR, uitgesloten zijn.

## 2.2 Processen geïnduceerd door interactie met het afval

We willen de lezer er op attent maken dat het onmogelijk is om een volledige lijst van alle mogelijke chemische verstoringen te bieden. Echter, verschillende potentiële interacties tussen afval en opvulmortel of beton - kunnen geïdentificeerd worden op basis van wetenschappelijke kennis die vandaag voor handen is, rekening houdend met de karakteristieken van specifieke afvalvormen enerzijds, en met de karakteristieken van het beton en de opvulmortel van de monolieten anderzijds.

Daar NIRAS te allen tijde zich wil vergewissen van de afwezigheid van enige andere pathologie/verstoring, stuurt en neemt NIRAS deel aan R&D-programma's met onder meer betrekking tot de degradatie van PVC en de effecten van concentraten op cementsteen. Dergelijke onderzoekprogramma's stellen ons in staat de huidige wetenschappelijke kennis te vergroten en te verifiëren dat er geen andere chemische verstoringen kunnen optreden. Tevens houdt het NIRAS, ook in dit kader, toezicht op de nationale en internationale ervaringsfeedback.

Indien nodig geacht, op basis van onder andere nieuwe kennis of feedback, zullen de conformiteitsdossiers van de families aangepast worden.

De geïdentificeerde effecten, basierend op de kennis anno 2016, zijn onderstaande:

- Hydrolyse, radiolyse en biodegradatie (dus door micro-organismen) van organische bestanddelen (PVC<sup>2</sup>), resulterend in gasproductie of in de productie van oplosbare species die een rol spelen in verdere verstorende fenomenen;
- Vrijzetting van oplosbare species (zoals chloriden of sulfaten) die kunnen aanleiding geven tot een versnelde structurele degradatie van de kunstmatige barrières (b.v. vervroegde corrosie van de wapening, aantasting van het beton of de mortel);
- Vrijzetting van oplosbare species (zoals chloriden of bepaalde degradatieproducten van cellulose) die kunnen aanleiding geven tot een vermindering van de sorptie-eigenschappen van de kunstmatige barrières;
- Corrosie van metalen (zoals aluminium of staal), resulterend in gasproductie;

---

<sup>2</sup> Bitumen en polymeer conditioneringsmatrices worden momenteel niet beschouwd.

Ook deze verstorende fenomenen worden beschreven in [OD-187] (in het bijzonder §3 en §4). Voor de meeste van deze fenomenen kan uitgesloten worden dat ze een negatieve invloed hebben op de functie van de kunstmatige betonbarrières, immers:

- In de omstandigheden van de oppervlakteberging is de aantasting van de cohesie van organische bestanddelen door hydrolyse of door radiolyse niet significant (zie §3.3.1 en §3.3.2 voor PVC).
- In de omstandigheden van de oppervlakteberging is de gasgeneratie als gevolg van corrosie van metalen relatief zwak (zie §3.3.4 en §3.3.3 alsook HS 06-INV-014 voor de afvalvorm, §3.4 voor de metalen verpakking van de colli).
- De netto gasgeneratie als gevolg van biodegradatie is verwaarloosbaar, omdat het gevormde CO<sub>2</sub> zal geneutraliseerd worden door de cementomgeving (zie §3.3.4), die een grote buffercapaciteit bezit.
- Eveneens omwille van deze buffercapaciteit zal er geen corrosie van de bewapening omwille van carbonatie als gevolg van biodegradatie optreden (zie Hoofdstuk 4, in het bijzonder §4.2)

Met betrekking tot bovenstaande fenomenen voorziet NIRAS dus geen specifieke maatregelen. De processen die niet uitgesloten zijn zich significant voor te doen in bepaalde gevallen en daarbij een negatieve invloed hebben vragen specifieke en gerichte aandacht. Daarom zal NIRAS bepaalde stoffen beperken of uitsluiten in de monoliet:

- uitsluiting van putrificeerbare stoffen in de afvalvorm, met uitzondering van cellulose
- beperking van de hoeveelheid cellulose in de afvalvorm: zie antwoord op HS-15-004
- beperking van de hoeveelheid chloride in de afvalvorm: zie antwoord op HS-15-005
- beperking van de hoeveelheid sulfaten in de afvalvorm: zie antwoord op HS-05-008
- beperking van complex- of chelaatvormende agentia (EDTA, DTPA, citroenzuur, wijnsteenzuur, oxaalzuur, picolinezuur en tributylfosfaat): 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 opvolgstrategie. Deze maatregelen dienen dan aan het veiligheidsrapport te worden toegevoegd. De hieruit geleerde lessen zullen een belangrijke bijdrage vormen tot een naar de toekomst gerichte dynamische aanpak voor het terugdringen van de aanwezigheid van deze agentia in het radioactief afval.

Er zullen geen bijkomende limieten gedefinieerd worden in Hoofdstuk 15 voor chemische verstoringen, anders dan de limieten die in hoofdstuk 15 en in de antwoorden HS15-004, HS15-005 en HS05-008 al opgenomen zijn.

### 2.3 Processen geïnduceerd in het geconditioneerde afval en die een (mechanisch) effect kunnen hebben op het beton en mortel rondom.

Ook hier willen we de lezer er op attent maken dat het onmogelijk is om een volledige lijst van alle mogelijke chemische verstoringen te bieden. De verstoringen in deze groep, die een eventueel negatief effect hebben, op het beton en mortel rond het geconditioneerd afval beperkt zich echter tot deze die een significante volumetrische volumevermeerdering van het de conditioneringsmatrix - materiaal 3) - induceren.

- Corrosie van metalen (zoals aluminium of staal), resulterend in zwelling door de vorming van corrosieproducten;
- Zwellen van organische componenten (2);
- ASR (*Alkali-Silica Reaction*) en DEF (*Delayed Ettringite Formation*), die aanleiding geven tot een versnelde structurele degradatie van beton of mortel.

Ook deze verstoringen worden beschreven in [OD-187] (in het bijzonder §3 en §4). Voor de meeste van deze fenomenen kan uitgesloten worden dat ze een negatieve invloed hebben op de functie van de kunstmatige betonbarrières, immers:

- Zwelling is niet relevant voor de families radioactief afval die momenteel beschouwd worden voor de oppervlakteberging.
- In de eerste 500 jaar van de oppervlakteberging, is zwelling door vorming van corrosieproducten gering (zie §3.3.3.1 van OD-187).

Wat betreft de stabiliteit van cement/beton conditioneringsmatrices van geconditioneerd afval in type I en II monolieten zal het volgende worden vereist om ASR en DEF te voorkomen:

- Voor wat betreft ASR wordt een strategische beproeving van de matrix(bestanddelen) met behulp van specifieke tests zoals ASTM C 1260 of ASTM C 1293.
- Voor wat betreft DEF dient de maximale temperatuur in de cementmatrix van het afvalcolli lager of gelijk aan 60°C te zijn, tenzij kan aangetoond worden aan de hand van de methode beschreven in nota 2014-3049 [1] dat DEF zich bij hogere temperaturen niet kan manifesteren.

NIRAS heeft tot nu geen eenduidige link tussen enerzijds de ACRIA en anderzijds DEF of ASR gehanteerd. In het verleden was de enige vereiste die onder meer hiermee gelinkt was de “stabiliteit van de afvalvorm”, die enige reactie zoals ASR en/of DEF diende uit te sluiten. Er werden geen specifieke testen op gedaan ter verificatie hiervan, maar men beperkte evenwel deze risico's door onder meer:

- gebruik te maken van hoogovencement (ter vermindering van het ASR risico en/of beperking van het effect, zelfs indien de granulaten reactief zijn tot ASR) [3],

Het merendeel van de de cementmatrices gebruikt voor heterogene en/of homogene cementering is op basis van hoogovencement (CEM III), zoals ondermeer: CILVA en DCM (beide processen van heterogene cementering

op Belgoprocess), TB01 (homogene cementering van harsen op Tihange), WB01 (homogene cementering van concentraten op Doel), WB05 (heterogene cementering van filters op Doel), ...

- de maximale temperatuur van het afvalcollo te beperken (ter vermindering van het DEF risico)

Voor heterogeen gecementeerd afval is dit risico quasi nihil, onafhankelijk van de gebruikte mortel of cement. Door de kleine volumes aan cementeus materiaal worden deze vaten tijdens uitharding niet warmer dan 60°C, wat zowat de ondergrens is voor destabilisatie van ettringiet [4] en dus DEF op latere leeftijd onmogelijk maakt.

Ook heeft NIRAS behalve WB01, geen weet van een pathologie die zich met zekerheid voordoet in de tot nu toe geproduceerde afvalvaten die gestockeerd zijn en regelmatig visueel worden geïnspecteerd te Belgoprocess.

Er wordt niet uitgesloten dat er geïsoleerde gevallen zijn die niet conform de vereisten zijn. Een voorbeeld van een dergelijk geval was B97-0821. Op dit vat, met supergecompacteerde persschijven, werd tijdens een routine-inspectie een anomalie vastgesteld. Zoutkristallen waren, zonder verder enige zichtbare schade aan te richten, doorheen de conditioneringsmatrix gemigreerd naar het stortoppervlak. Na controle van de logboeken en analyses op stalen van het vat [5] bleek de oorzaak te vinden in een malfunctioneren van een veiligheidssproeier. Hierdoor was een vat met assen, die droog hadden moeten zijn, nat aangeboden aan de supercompactator, waarna het vochtig gecompacteerd en geblokkeerd werd in het finale afvalcollo. Het vat vertoonde aldus een niet-conformiteit met een conformiteitscriteria op het afval dat gecontroleerd zal worden alvorens te bergen, namelijk “Het ingebrachte radioactief afval mag geen vrije vloeistoffen bevatten”.

Ook het vat T87-0066 is een geval van niet-conformiteit. In december 2016 werd een niet-conformiteit vastgesteld op dit colli. Er werd een uitloop van een transparante vloeistof vastgesteld doorheen een opening in de wand van het gecorrodeerde vat. Na destructieve inspectie en staalname dient besloten te worden dat de betreffende afvalvorm niet geconditioneerd is volgens de regels van de kunst en significante vrije hoeveelheden vloeistof opgemerkt werden. Het vat vertoonde aldus een niet-conformiteit met een conformiteitscriteria op het afval dat gecontroleerd zal worden alvorens te bergen, namelijk “Het ingebrachte radioactief afval mag geen vrije vloeistoffen bevatten”.

Voor reeds geproduceerd afval zal geval per geval het ASR en/of DEF risico geanalyseerd worden alsook geverifieerd worden of er geen andere anomalieën vastgesteld worden.

Om de veiligheid, kwaliteit en het vertrouwen in het gehele proces van producent tot berging te verhogen worden de ACRIA geüpdatet. Immers als gevolg van de vaststelling van gelvorming in verschillende colli geconditioneerd radioactief afval, werd het geheel van criteria met betrekking tot de conditioneringsmortel/beton onder

de loop genomen. Als gevolg hiervan worden de afvalcriteria aangepast en uitgebreid.

Deze uitbreiding van het geheel van criteria met betrekking tot de conditioneringsmortel/beton is in het document 2015-0543 [2] beschreven en voorziet onder meer in de specifieke tests tot het voorkomen ASR en DEF. Van de producenten wordt geëist dat ze zo snel mogelijk in regel zijn met deze nieuwe vereisten zodat enige vorm van ASR en/of DEF in de afvalvorm absoluut uitgesloten is.

### 3 Aanpassing aan het veiligheidsrapport

Sectie §15.4 van Hoofdstuk 15 zal aangepast worden in overeenstemming met het bovenstaande.

### 4 Referenties

- [OD-187] ONDRAF/NIRAS, Aspects phénoménologiques relatifs aux processus de dégradation chimiques des barrières ouvragées à base de liant hydraulique – Evaluation de la phase d’initiation de la corrosion des armatures des structures en béton armé, NIROND-TR 2011-58 F V2 (juillet 2014)
- [1] ONDRAF/NIRAS, nota 2014-3049, “Beproeving van een matrix tot interne sulfaat aantasting (DEF)”, Erik Coppens, 14 december 2014
- [2] ONDRAF/NIRAS, BRIEF 2015-0543, “Bijkomende testen m.b.t. de cementmatrix”.
- [3] J. Lindgard, et al., *Alkali-silica reactions (ASR): Literature review on parameters influencing laboratory performance testing*, Cement and Concrete Research 42 (2012) 223-243.
- [4] W. Wieker, et al., *Untersuchungen zum Einfluss der Alkalien auf die Stabilität der Sulfoaluminathydrate in Zementsteinen und Mörteln bei Warmbehandlung*, Institut für Bauingenieurswesen der TU Berlin (1996)
- [5] Van Hoof, N. , BELGOPROCESS VEM 2017-02361, Samenvatting laboresultaten van analyses afkomstig van vat B97-0821.
- [OD-011] ONDRAF/NIRAS, Formulation of the concrete for the modules, concrete containers and cementitious backfill, Note 2007-1876 (1) (12/03/2012)
- [HS-07] Hoofdstuk 7 – Ontwerp en constructie van de bergingscolli, NIROND-TR 2011-07 N V2, 30 september 2012
- [6] Van Hoof, N. BELGOPROCESS VEM 2017-02362, Samenvatting laboresultaten van analyses op stalen afkomstig van vat CNT T87-0066BK.

## 1 HS15-004 Cellulose-inhoud

Er wordt herinnerd aan de inhoud van de leidraad oppervlakteberging §7.1: « la présence, dans les déchets, de substances susceptibles de favoriser la migration des radionucléides (telles que les substances complexantes) doit être limitée autant que possible. »

FANC/Bel-V vragen aan NIRAS om aan deze vereiste gevolg te geven, niet in het minst voor de monolieten van type III.

## 2 Antwoord NIRAS

Door preventie zal de producent trachten te vermijden dat cellulosehoudende stoffen in de cyclus van het radioactief afval terechtkomen. Als dit niet vermijdbaar is, wordt door sorteren getracht het radioactief afval dat cellulosehoudende stoffen bevat, zoveel mogelijk apart aan NIRAS aan te bieden. NIRAS zal dan dit afval laten verwerken door verbranding, waarbij de cellulosehoudende stoffen vernietigd worden.

NIRAS zal voor afval geproduceerd na aanpassing van de ACRIA's (op basis van de vergunningsvoorwaarden) een absolute maximumlimiet hanteren op de aanwezigheid van cellulosehoudende stoffen in het oppervlaktebergingsafval. Deze limiet bedraagt 0,4 kg cellulose per monoliet. Tot aan deze limietwaarde is er geen invloed van de cellulosehoudende stoffen op de retentie-eigenschappen van de cementbarrières, zoals uitgelegd in nota 2015-0391 [2].

De limiet zal als volgt toegepast worden:

- Voor Type I en Type II monolieten is de limiet per collo 0,4 kg gedeeld door het aantal colli per monoliet. Voor de standaard 400 liter colli is de limiet bijgevolg 0,1 kg/collo.
- Voor Type III monolieten is de limiet 0,4 kg per monoliet.

NIRAS is in de praktijk in staat om dit criterium te hanteren. Immers, via de ophalingsaanvraag, waarbij de producent de karakteristieken van het afval rapporteert, kent NIRAS de aanwezige hoeveelheid cellulosehoudende stoffen.

Weliswaar heeft NIRAS tot nu toe een hogere limietwaarde voor cellulosehoudende stoffen gehanteerd in haar acceptatiecriteria voor geconditioneerd afval. Deze limiet bedraagt 10 gew% van de hoeveelheid cement in de afvalvorm (corresponderend met ongeveer 10 kg cellulose per 400 liter collo). Deze limiet was gebaseerd op een studie [1] uit 1998, waarin een spectrum tussen 7 en 10 gew% werd aangenomen waarbeneden er geen invloed van de cellulosehoudende stoffen op de retentie-eigenschappen van de cementbarrières zou zijn.

NIRAS zal een specifieke strategie uitwerken voor de cellulosehoudende colli - meer dan 0,4 kg cellulose /(aantal colli per monoliet). Dit zal onder meer inhouden dat de activiteit van deze colli voorlopig wordt meegeteld bij het opstellen van de operationele limieten, en dat de principes van een oplossing reeds worden uitgelegd, zijnde het opstellen van een specifiek dossier in de toekomst dat de afwijking van de

criteria voor deze vaten zal rechtvaardigen, waarbij deze colli in specifieke modules worden geborgen en er voor de veiligheidsevaluatie voor deze modules een verminderde Kd voor bepaalde radio-elementen in rekening zal worden gebracht, zodat het mogelijk effect op naburige colli en monolieten in rekening wordt gebracht.

We dienen de lezer er op te wijzen dat de maximale dosering aan cellulose waarvoor geen invloed verwacht wordt, sterk onderschat wordt. Met betrekking tot de kinetiek van degradatie mechanismen en redox-evoluties in de monoliet zijn conservatieve aannames geadopteerd voor het opstellen van de voorgestelde limiet.

Om de maximaal toelaatbare concentratie aan ISA (isosacharine zuur) in het poriewater (waarop maximale cellulose inhoud wordt gebaseerd) te berekenen zijn volgende conservatie aannames gepostuleerd:

- Er wordt verondersteld dat cellulose onmiddellijk degradeert tot ISA. Dit correspondeert met de theoretische maximumconcentratie van ISA in het poriewater. Men vermoed echter dat complete degradatie van cellulose waarschijnlijk duizend (1000) tot vijfduizend (5000) jaar in beslag neemt.
- Er wordt verondersteld dat cellulose houdend afval, volledig bestaat uit enkel cellulose. Dit is niet altijd het geval, hout bijvoorbeeld bestaat gemiddeld uit slechts 40 tot 60 massaprocenten uit cellulosevezels (droog gewicht), de overige bestanddelen zijn hemicellulose (ongeveer 20 procent) en voor 18 tot 30 procent uit lignine.
- Tevens veronderstelt men dat cellulose volledig degradeert tot ISA door alkalische degradatie. Ook dit is niet volledig correct.  $\alpha$ -ISA en  $\beta$ -ISA mogen dan wel de belangrijkste afbraakproducten zijn, een brede waaier aan korte organische ketens wordt eveneens geproduceerd. Deze ketens hebben een veel lager complexatie potentieel.
- Ook veronderstelt men dat ISA stabiel blijft gedurende alle tijdsstadia van de berging.
  - Eenmaal de kunstmatige barrières beginnen te degraderen zullen, dankzij het binnen dringen van zuurstofrijk regenwater, oxiderende condities geleidelijk aan overheersen. ISA kan in dergelijke omstandigheden, in aanwezigheid van stoichiometrische hoeveelheden zuurstof, 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 is immers reeds een microbiële activiteit geobserveerd die leidt tot de afbraak van ISA. Dit zou kunnen leiden tot een significante afbraak van ISA in de berging.

### **3 Aanpassing van het veiligheidsrapport**

In Sectie §15.4.1 van Hoofdstuk 15 zal het conformiteitscriterium aangepast worden in overeenstemming met het antwoord uit §2.

#### **4 Referenties**

- [1] ONDRAF/NIRAS, nota 2015-0391, “cAt: dégradation de la cellulose - Influence sur la sorption”, Robert Gens, 5 februari 2015
- [2] 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)



## **1 HS15-005 Chloride-inhoud**

FANC/Bel-V vragen aan NIRAS om zijn positie te verklaren rond het gebruik van een specifiek type caisson om de vaten te bergen met een hoog gehalte aan chloor.

Ook vragen FANC/Bel-V om in § 15.4.2 desgevallend een criterium te definiëren dat het mogelijk maakt om het afval met een hoog gehalte aan chloor (waarvoor specifieke ontwerpmaatregelen zouden worden genomen) te onderscheiden van het afval met een laag gehalte aan chloor.

## **2 Antwoord NIRAS**

### **2.1 Gebruik van een specifiek type caisson**

In de huidige vergunningsaanvraag gaat NIRAS ervan uit dat de 3 voorgestelde types monoliet volstaan. Er zullen dus binnen de huidige vergunningsaanvraag geen variante types gedefinieerd worden.

Indien in het kader van de conformiteitsdossiers het voldoen aan het hieronder (in punt 2) gedefinieerde conformiteitscriterium voor de betrokken afvalfamilie problematisch zou blijken te zijn, zal hiervoor een specifieke oplossing worden uitgewerkt. Deze oplossing zou kunnen bestaan uit het aanwenden van een variant type caisson met een chloridebestendige wapening (b.v. roestvaststaal).

### **2.2 Criterium chloorgehalte**

Afgezien van variante types caisson, specifiek ontworpen om de versnelde corrosie als gevolg van de aanwezigheid van chloorhoudende materialen in het afval tegen te gaan, moet in elke monoliet de aanwezigheid van chloride-ionen beperkt blijven. NIRAS wil dit bereiken door het opleggen van een absolute limiet van 0.4 gew% aan chloride-ionen<sup>3</sup> ten opzichte van de massa aan cement.

Deze limietwaarde is afkomstig van NBN B 15-001:2004, het Belgische supplement van de norm NBN EN 206-1, waar een grenswaarde van 0.4 gew% chloride t.o.v. cement voor gewapend beton wordt aangenomen.

De kritieke chloridewaarde (Ccrit) hangt af van talrijke parameters, waaronder in het bijzonder het corrosiepotentieel van de wapeningen en de kwaliteit van de staal-betoninterface [1]. In de literatuur is sprake van een waarde-interval van Ccrit van ongeveer 0.1 tot 3% aan gewicht (in vergelijking met cement) (zie figuur 2 in [1]). De door IETcc uitgevoerde metingen geven voor het beton van de monolieten een drempelwaarde van 0.28 gew% ten opzichte van beton (hetgeen overeenstemt met ongeveer 1.9 gew% ten opzichte van cement) [2]. Er wordt trouwens algemeen aanvaard dat de penetratie van chloride in cementmaterialen niet leidt tot de vorming van vaste fasen die zwellingsverschijnselen en/of barstvorming kunnen veroorzaken. Deze informatie vult de informatie van het ondersteunende document OD-038 §4.1.4.6 en §6.2.2 aan.

---

<sup>3</sup> Minerale chloride-ionen betekent oplosbare chloride zouten en dus niet chloride onder een andere vorm (zoals b.v. in PVC).

De absolute limiet van 0.4 gew% zal toegepast worden vanuit de conservatieve benadering dat de afvalvorm in rechtstreeks contact staat met het bewapeningsstaal van de monoliet.

De absolute limiet van 0.4 gew% zal daarom als volgt toegepast worden:

- Voor Type III monolieten is de limietwaarde van toepassing op de verhouding van de massa aan minerale chloride-ionen in het ingebrachte (ruw of verwerkt) radioactieve afval tot de massa aan cement aanwezig in de hoeveelheid opvulmortel gebruikt om dit afval mee te immobiliseren;
- Voor Type I en Type II monolieten moet voor elk van de ingebrachte colli geconditioneerd radioactief afval aan de limiet voldaan zijn. De limietwaarde is van toepassing op de verhouding van de massa aan minerale chloride-ionen in de afvalvorm van een bepaald collo tot de massa aan cement aanwezig in de immobilisatiematrix van dat zelfde collo.

### **3 Aanpassing van het veiligheidsrapport**

Aangezien de huidige vergunningsaanvraag zich beperkt tot de voorstelling van 3 types monoliet, zal de tekst in Sectie §15.4.2 van Hoofdstuk 15 worden aangepast zodanig dat er niet meer verwezen wordt naar een variant type caisson of monoliet. Het conformiteitscriterium zal ook aangepast worden in overeenstemming met het bovenstaande (Zie Sectie 2).

### **4 Referenties**

- [1] U. Angst, B. Elsener, C.K. Larsen, O. Vennesland, Critical chloride content in reinforced concrete: a review, *Cement and Concrete Research* 39 (2009) 1122-1138
- [2] Characterisation of cementitious matrices for surface disposal of LLW, ONDRAF/NIRAS NIROND-TR 2009-17 E V1, 2009 (sections 3.3.4.3 & 4.5.3)
- [3] F.P. Glasser, J. Marchand, E. Samson, Durability of concrete – Degradation phenomena involving detrimental chemical reaction, *Cement and Concrete Research*, 38 (2008) 226-246

## 1 HS15-006 Excessieve gasontwikkeling

FANC/Bel V vragen aan NIRAS om voor de eerste Wetenschappelijke Raad (in §15.4.3 van [1]) de stoffen «van organische oorsprong, waarvan kan worden verwacht dat zij na verloop van enkele jaren volledig ontbonden zullen zijn» te beschrijven alsook de manier waarop deze in het afval geïdentificeerd (zullen) worden.

## 2 Antwoord NIRAS

Condensatie polymeren incl. cellulose zullen onderhevig zijn aan depolymerisatie door alkalische hydrolyse. Deze depolymerisatie resulteert in monomeren (hydrolyse reacties kunnen gezien worden als het omgekeerde van het condensatie proces). De polymeren die aan hydrolyse onderhevig kunnen zijn omvatten volgende functionele groepen: epoxyharsen, amide in nylon en in polyurethaan, esters in polyesters en polycarbonaten.

§15.4.3 van [1] stelt op pagina 15-21 “Het ingebrachte radioactief afval mag geen stoffen van organische oorsprong bevatten, waarvan kan worden verwacht dat zij na verloop van enkele jaren volledig ontbonden zullen zijn.” Het conformiteitscriterium op p. 15-21 wordt geschrapt op basis van de ontwikkelingen hieronder in dit antwoord. Omdat dit criterium geschrapt kan worden, vormt de manier waarop deze stoffen in het afval geïdentificeerd worden ter aftoetsing van de conformiteitscriteria geen onderdeel meer van het veiligheidsrapport.

De twee paragrafen na het conformiteitscriterium op p. 15-21 worden eveneens geschrapt, met inbegrip van voetnoot 14.

De paragraaf vóór het conformiteitscriterium op p. 15-21 wordt vervangen door:

*“De gasgeneratie uit organische stoffen kan niet leiden tot een drukopbouw die het functioneren van de monolietbarrières zou verstoren [OD-187]. De normale omgevingsomstandigheden van het ingebracht 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.*

Ontwikkelingen waarop deze stellingname gebaseerd is zijn terug te vinden in versie 2 van OD-187 [2] (zie §3.3.4) en worden hieronder samengevat.

De gasgeneratie uit organische stoffen kan niet leiden tot een drukopbouw die het functioneren van de monolietbarrières zou verstoren. De normale omgevingsomstandigheden van het ingebracht 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.

Dit uitgangspunt van NIRAS steunt op recente informatie, die zal gedocumenteerd worden in 0. Hieronder citeren wij enkele pertinente paragrafen uit de herziene tekst (thuishorende in §3.3.4 Production de gaz van het document):

*« Le taux de saturation initial des matrices cimentaires n'excèdera pas 80% et ne devrait pas évoluer significativement à court et moyen termes, en tout cas au sein des monolithes. Dans ces conditions, la perméabilité au gaz sera suffisamment élevée pour permettre l'évacuation du gaz éventuellement produit sans générer de surpression dommageable pour les barrières ouvragées.*

*En ce qui concerne la contribution de la biodégradation à la production de gaz, celle-ci sera négligeable, d'autant que le CO<sub>2</sub> produit sera neutralisé par les matériaux cimentaires (voir section 4). Les conditions hydriques qui régneront dans le dépôt garantiront une perméabilité effective au gaz des composants cimentaires de l'EBS suffisamment élevée pour s'accommoder de la production de gaz potentiellement associée à la corrosion des métaux et/ou de la biodégradation des composés organiques. Des mesures seront réalisées dans le cadre du « cover test » en vue de définir les conditions hydriques ce qui permettra de valider les hypothèses retenues. »*

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

### **3 Aanpassingen aan het veiligheidsrapport**

De paragraaf vóór het conformiteitscriterium op p. 15-21 wordt vervangen door:

*“De gasgeneratie uit organische stoffen kan niet leiden tot een drukopbouw die het functioneren van de monolietbarrières zou verstoren [OD-187]. De normale omgevingsomstandigheden van het ingebracht 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.*

Het conformiteitscriterium op p. 15-21 wordt geschrapt.

De twee paragrafen na het conformiteitscriterium op p. 15-21 worden eveneens geschrapt, met inbegrip van voetnoot 14.

#### **4 Referenties**

- [1] Hoofdstuk 15 – Conformiteitscriteria voor bergingscolli, NIROND-TR 2011-15 N V2
- [2] NIROND-TR rapport 2011-58 F V2, “Aspects phénoménologiques relatifs aux processus de dégradation chimiques des barrières ouvragées à base de liant hydraulique – Evaluation de la phase d’initiation de la corrosion des armatures des structures en béton armé “.
- [3] A.V. Chambers., G.J. Holtom, F.M.I Hunter, D.J. Ilett, W.M. Tearle, S.J. Williams, pH evolution in supercompacted wastes, SERCO Report ERRA-0444,2004
- [4] M.A. Glaus and L. Van Loon, Degradation of cellulose under alkaline conditions : new insights from a 12 years degradation study, Environ.Sci.Technol., 42, 2906-2911, 2008.

## 1 HS15-007 Chemische interferenties

FANC/Bel V vragen aan NIRAS om de stoffen « die kunnen interageren met de hydratatie tijdens het uitharden van de immobilisatiemortel » en die verboden zijn in de monolieten van type III, te identificeren, gegeven het 'indicatieve' karakter van tabel p15-23 van [1].

## 2 Antwoord NIRAS

Het geven van een exhaustieve lijst van uitgesloten stoffen is niet mogelijk, gezien de omvang van het aantal mogelijke verbindingen en koppeling. Hoofdstuk 15 zal als volgt aangepast worden:

- De 7<sup>de</sup> paragraaf: *Bij de monoliet type III moet de aanwezigheid van bepaalde stoffen<sup>16</sup> 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 immobilisatiemortel en die als resultaat een onaanvaardbare vermindering van de kwaliteit van de immobilisatiematrix met betrekking tot zijn chemische retentie of zijn beperking van de waterdoorstroming kunnen hebben.*
- De voetnoot 16 op pagina 15-22: “Een à minima lijst van stoffen die potentiële verstoringen kunnen veroorzaken wordt gegeven door de tabel in deze paragraaf.”

De compatibiliteit van het ingebracht radioactief afval zal bekeken worden via conformiteitsdossiers voor afvalfamilie of voor variëteiten (Zie HS06-006). De compatibiliteit tussen het ingebracht radioactief afval en de immobilisatiemortel zal dus geargumenteed worden en indien nodig bevestigd worden aan de hand van compatibiliteitstesten (b.v. uitloogtesten en onderdompelingstesten) en niet op basis van een lijst met verbindingen die onmogelijk exhaustief kan zijn.

## 1 HS15-008 Gevaarlijke stoffen - Fysische gevaren

FANC/Bel-V vragen aan NIRAS om de stelling te rechtvaardigen dat de andere gevaarlijke stoffen van §15.4.5.1 p 15-25 geïmmobiliseerd zullen zijn in de monolieten, vooral in het licht van hun verwachte langetermijnevolutie (bv. scheuren). Indien niet het geval vragen FANC/Bel-V hoe NIRAS de aanvaardbaarheid zal beoordelen van de aanwezigheid van (een bepaalde hoeveelheid) gevaarlijke stoffen.

## 2 Antwoord NIRAS

NIRAS zal ook de aanwezigheid in het radioactief bergingsafval verbieden van de andere gevaarlijke stoffen van §15.4.5.1. Als dusdanig dient de immobilisatie van deze stoffen niet meer aangetoond te worden.

Daarom zal het conformiteitscriterium in §15.4.5.1 geherformuleerd worden zoals hieronder. In de formulering wordt verwezen worden naar de CLP-Verordening [1], die op haar beurt verwijst naar de GHS-classificatie [2].

*NIRAS zal de aanwezigheid in de monoliet verbieden van alle stoffen geklasseerd volgens de CLP-Verordening onder de "Fysische gevaren", waarvan het gevaar van die aard is dat de CLP-Verordening ervoor een etiket met een gevarenaanduiding (H-zin) voorziet, doorgaans in combinatie met een pictogram, beide ontleend aan de GHS-classificatie.*

Voor alle duidelijkheid, het gaat hier om de volgende stoffen:

- Ontvlambare gassen
- Ontvlambare aerosolen
- 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 die bijtend zijn voor metalen

De verboden gevaarlijke stoffen worden gekenmerkt door volgende pictogrammen:



Of, in combinatie met H290 (*Kan bijtend zijn voor metalen*), volgend pictogram:



Of, als er voor het betrokken gevaar geen pictogram voorzien is, volgende H-zinnen:

- H205 (Gevaar voor massa-explosie bij brand)
- H221 (Ontvlambaar gas)

### **3 Aanpassing van het Veiligheidsrapport**

Sectie §15.4.5.1 van het Veiligheidsrapport zal worden aangepast in de zin van bovenstaand antwoord.

### **4 Referenties**

- [1] Verordening (EG) Nr. 1272/2008 van het Europees Parlement en de Raad van 16 december 2008 betreffende de indeling, etikettering en verpakking van stoffen en mengsels tot wijziging en intrekking van de Richtlijnen 67/548/EEG en 1999/45/EG en tot wijziging van Verordening (EG) nr. 1907/2006
- [2] Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals, United Nations, 2007



## 1 HS15-010 Biologische conformiteitscriteria

FANC/Bel-V brengen § 7.1.9.1 van de leidraad oppervlakteberging [4] in herinnering: « La présence de substances pathogènes dans les déchets n'est pas autorisée ». FANC/Bel-V vragen aan NIRAS om hieraan voor de eerste Wetenschappelijke Raad gevolg te geven (§15.5).

## 2 Antwoord NIRAS

Het conformiteitscriterium in §15.5 zal geherformuleerd worden zoals hieronder.

*NIRAS zal de aanwezigheid in de monoliet verbieden van alle infectueuze stoffen.*

Voor de definitie van infectueuze stoffen verwijst NIRAS naar 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, infectieuze stoffen.

NIRAS verkiest het gebruik van de term en de definitie van “infectueuze stoffen” boven de term en de definitie van “biologische agentia”. Die laatste term wordt gebruikt in het Koninklijk Besluit van 4 augustus 1996 betreffende de bescherming van de werknemers tegen de risico's bij blootstelling aan biologische agentia op het werk, dat deel uitmaakt van de Codex voor het Welzijn op het Werk. Beide termen hebben betrekking op dezelfde stoffen, maar in zijn context is de term “infectueuze stoffen” preciezer gedefinieerd en kent een globalere toepassing.

De infectueuze stoffen, die verboden zijn, worden gekenmerkt door volgende pictogrammen:

- Volgens de Codex voor welzijn op het werk:



- Volgens het ADR:



## 3 Aanpassing van het Veiligheidsrapport

Sectie §15.5 van het Veiligheidsrapport zal worden aangepast in de zin van bovenstaand antwoord.

## 1 HS-15-011 Radiologische conformiteitscriteria

NIRAS geeft in §15.6.1 van [1] geen criteria met betrekking tot de caisson, afdichting of opvulmortel. FANC/Bel V vragen of er geen criterium is met betrekking tot de nodige weerstand van bepaalde materialen tegen straling, bijvoorbeeld voor de afdichtingen van type III monolieten. Dit opdat de materialen compatibel zouden zijn met de radiologische inhoud.

## 2 Antwoord NIRAS

Beton wordt gebruikt voor nucleaire toepassingen vanwege zijn geschiktheid als afscherming van straling in combinatie met zijn hoge sterkte. De structurele integriteit van de cementmatrix ondervindt geen nadelig effect van de straling, ook niet op langere termijn, binnen het bereik aan geïntegreerde dosis dat in de nucleaire industrie gangbaar is ( $10^8$ - $10^{10}$  Gray [1]).

Daarbij in overweging nemende dat de geïntegreerde dosis van het radioactief afval bestemd voor oppervlakteberging relatief laag is (~k Gray [OD-187]) ten opzichte van degene die in de nucleaire industrie gangbaar zijn, dient de structurele degradatie onder invloed van straling van de uit beton of mortel vervaardigde onderdelen van de monoliet geen deel uit te maken van de ontwerpbasis. Hoofdstukken 7 en 15 bevatten hier dan ook geen verwijzingen naar.

Voor de rubber is er geen probleem tijdens fase operationele omdat de afdichting van de afgewerkte monolieten berust op de caisson en de opvulmortel. De compatibiliteit tussen het afdichtingsrubber en de caisson stroomopwaarts aan de berging zal in de toekomst door de fabrikant van de caissons voor ontmantelingsafval moeten aangetoond worden. Er kunnen vandaag geen specifieke criteria gekoppeld worden aan de vereiste dat de afdichting moet weerstaan aan straling evenals de compatibiliteit met de opvulmortel.

Bijgevolg is er geen nood aan specifieke radiologische conformiteitscriteria met betrekking tot de caisson, de afdichting van de caisson of de immobilisatiematrix.

## 3 Referenties

- [1] USNRC, A review of the effects of radiation on microstructure and properties of concretes used in NPPs, NUREG/CR-7171 (2013)
- [OD-187] ONDRAF/NIRAS, Aspects phénoménologiques relatifs aux processus de dégradation chimiques des barrières ouvragées à base de liant hydraulique – Evaluation de la phase d'initiation de la corrosion des armatures des structures en béton armé, NIROND-TR 2011-58 V2 F (à publier)

## **1 HS-15-012 Inhoud aan Radium/Thorium**

- (1) Er wordt gevraagd om expliciet te preciseren of in §15.6.2.4 [1] weldegelijk de som van de activiteiten wordt bedoeld, dewelke de 1000 Bq/kg niet mag overschrijden.
- (2) FANC/Bel V vragen ook hoe dit criterium zal worden geverifieerd, vooral voor niet-homogeen afval.

## **2 Antwoord NIRAS**

- (1) NIRAS stelt voor om in het conformiteitscriterium de zinswending "... de totale activiteit van het erin aanwezige Ra-226 en Th-232 ..." te vervangen door "...de som van de activiteiten van het erin aanwezige Ra-226 en Th-232 ...".
- (2) Voor monolieten van Type I en II is het criterium van 1000 Bq/kg van toepassing op de som van de gedeclareerde activiteiten van Ra-226 en Th-232 gedeeld door de massa van de afvalvorm van het geconditioneerde afval. De massa van de afvalvorm is gelijk aan de massa van het collo minus de massa van de verpakking van het collo.

Voor monolieten van Type III is het criterium van 1000 Bq/kg van toepassing op de som van de gedeclareerde activiteiten van Ra-226 en Th-232 gedeeld door de massa van het ingebrachte radioactief afval.

## **3 Aanpassingen aan het veiligheidsrapport**

Hoofdstuk 15 van het veiligheidsrapport zal aangepast worden met bovenstaande verduidelijkingen.

## 1 HS-15-013 Kritikaliteit

Aan NIRAS wordt gevraagd om voor de eerste Wetenschappelijke Raad de oorsprong van de limietwaarden, voorgesteld in § 15.7, te verklaren. FANC/Bel-V willen er zich van vergewissen dat deze waarden volgende aspecten in rekening brengen:

- De configuratie van de colli in de installatie en de mogelijke evenementen en evoluties gedurende de operationele periode en de periode na de sluiting.
- Het transport op de site, specifiek verwijzend naar de transportcriteria uit [7].

## 2 Antwoord NIRAS

De oorsprong van de massalimieten voor U-235, Pu-239 en Pu-241 in een individueel collo en de toepassing van de sommatieregel worden verklaard in nota 2014-2340 [1].

NIRAS zal in het Veiligheidsrapport rekening houden met de kritikaliteit in de volgende omstandigheden:

- 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.
- kritikaliteit van uitgeloopte splijtbare nucliden die zich, op lange termijn, hypothetisch zouden kunnen verzamelen op de bodem van de modules.
- kritikaliteit tijdens het transport van de monoliet over de openbare weg, als *bijzonder onderdeel van de kritikaliteit tijdens de operationele periode*

### *Kritikaliteit tijdens de operationele periode*

De kritikaliteit tijdens de operationele periode wordt afgedekt door de in nota 2014-2340 [1] verklaarde massalimieten en de sommatieregel. Gelet op de algemene aard van het onderliggende kritikaliteitsmodel, zijn deze massalimieten en de sommatieregel a priori toepasbaar op eender welk collo. Het gaat hier dus om de volgende massalimieten:

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

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 is reeds in het verleden bevestigd door een bevoegde veiligheidsautoriteit, zoals uitgelegd in §7.1 van nota 2014-2340 [2]. We verwijzen in dit verband nog eens nadrukkelijk naar §3.6 van de goedgekeurde IPA 155X-03 [2];

*“De bestaande limieten, in de vorm van de somregel voor hoogverrijkt uranium en plutonium, werden hiermee herbevestigd; m.a.w. criticaliteit is uitgesloten indien aan de somregel voldaan wordt.”*

Zoals vermeld in §7.1 van nota 2014-2340 [1], is NIRAS van mening dat de toepassing van deze massalimieten en de sommatieregel conservatief kan uitgebreid worden tot het colli geconditioneerd afval in metalen 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.

Zoals vermeld in §7.1 van nota 2014-2340 [1], is NIRAS van mening dat de toepassing van deze massalimieten en de sommatieregel ook geldt in het geval dat de colli een onderdeel van de monoliet vormen. De bovenstaande massalimieten en de sommatieregel moeten dus gerespecteerd worden in elk van de individuele colli in de Type I en Type II monoliet.

Voor de andere colli geconditioneerd afval ingebracht in de Type I en Type II monolieten, zal NIRAS conservatief de limietwaarde van 15 g nemen. Deze waarde komt overeen met de laagste waarde uit de tabel waarnaar artikel 17ter van de FANC-wet 0 verwijst. Deze limietwaarde is van toepassing op het totaal van U-235, Pu-239 en Pu-241 aanwezig in het collo geconditioneerd afval. De betrokken colli zijn de 220-liter colli in metalen verpakking en de colli met een nominaal volume tussen 1000 en 1600 liter in betoncontainers. Deze limietwaarde moet gerespecteerd worden in elk van de individuele colli in de Type I en Type II monoliet.

NIRAS zal *conservatief* dezelfde limietwaarde van 15 g toepassen op de Type III monoliet in zijn geheel.

#### ***Kritikaliteit op lange termijn (van uitgeloopte splijtbare nucliden)***

Voor de kritikaliteit op lange termijn, zal NIRAS massalimieten in acht nemen die gebaseerd zijn op de *veiligheidsevaluatie in het VNS rapport VNS-TR-15-11 [3]*.

*Voor de Type I en Type II monolieten* zal NIRAS *conservatief* een massalimiet nemen van 50 g voor het totaal van het U-235 en Pu-239 in elk individueel collo geconditioneerd afval ingebracht in de monoliet. De waarde van 50 g is lager dan de laagste waarde vermeld in Tabel 1 van het VNS rapport. Het rapport verklaart eveneens waarom Pu-241 niet relevant is voor de kritikaliteit op lange termijn.

Voor de Type III monoliet zal NIRAS een massalimiet in acht nemen van 123 g voor het totaal van het U-235 en Pu-239 in de monoliet. De waarde van 123 g wordt vermeld in Tabel 1 van het VNS rapport.

#### ***Kritikaliteit tijdens het transport van de monoliet***

Voor de kritikaliteit tijdens het transport van de monoliet, wordt *geen specifieke massalimiet* opgelegd aan de splijtbare nucliden.

In het algemeen moet de monoliet beschouwd worden als een *collo dat splijststoffen bevat* (d.w.z. dat de limietwaarden uit §417 van SSR-6 [4] overschreden kunnen worden).

### ***Samenvatting van de massalimieten aan splijtbare nucliden mbt de kritikaliteit***

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

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

Voor de Type I en de Type II monoliet met standaard 400-liter colli, 600-liter colli of een oververpakking van het 400-liter collo, resulteert de combinatie van de sommatieregel voor de operationele kritikaliteit (massalimieten 326 g voor U-235, 219 g voor Pu-239 en 112 g voor Pu-241) met de beperking voor de kritikaliteit op lange termijn (50 g voor het totaal van U-235 en Pu-239) in een beperking van het Pu-241 die 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). NIRAS verkiest om enkel rekening te houden met de meest beperkende waarde, dus 86 g Pu-241.

Samengevat geeft dit volgende limieten, die rekening houden met zowel de operationele kritikaliteit als de kritikaliteit op lange termijn:

- Voor Type I en Type II monolieten:
  - indien het ingebracht geconditioneerd afval bestaat uit standaard 400-liter colli, 600-liter colli of oververpakte 400-liter colli:
    1. mag de som van de massa's aan U-235 en Pu-239 in elk individueel collo in de monoliet niet meer dan **50 g** bedragen
    2. mag de massa aan Pu-241 in elk individueel collo niet meer dan **86 g** bedragen
  - indien het ingebracht geconditioneerd afval bestaat uit andere types colli, mag de som van de massa's aan U-235, Pu-239 en Pu-241 in elk individueel collo niet meer dan **15 g** bedragen.
- Voor Type III monolieten mag de som van de massa's aan U-235, Pu-239 en Pu-241 in de monoliet niet meer dan **15 g** bedragen.

## **3 Aanpassing van het Veiligheidsrapport**

Sectie §15.7 van het ingediende Veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinstallatie zal aangepast worden om overeen te stemmen met het bovenstaande.

#### **4 Referenties**

- [1] ONDRAF/NIRAS, nota 2016-3187, “massalimieten van splijtbare nucliden in een individueel collo radioactief afval”, Chris De Bock, 12 juni 2014
- [2] Belgoproces document IPA (interne projectaanvraag) nr. 155X-03, goedgekeurd door Bel-V op 6 juni 2013
- [3] VNS rapport VNS-TR-15-11, “Criticality Safety Criteria for the Disposal Facility
- [4] IAEA Safety Standard SSR-6, “Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material”, 2012 Edition
- [5] Wet van 15 april 1994 betreffende de bescherming van de bevolking en van het leefmilieu tegen de uit ioniserende stralingen voortvloeiende gevaren en betreffende het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, kortweg FANC-wet genoemd.

## **1 HS15-014 Identificatie van bergingscolli**

Wat voorgesteld wordt in §15.8.1 is geen criterium. Voor FANC/Bel-V horen deze aspecten eerder thuis in het Beheersysteem (hoofdstuk 3). Wel wordt gevraagd aan NIRAS om, desgevallend, de criteria te beschrijven die betrekking hebben op de markering van de colli (bvb. markeringstype, grootte...).

## **2 Antwoord NIRAS**

NIRAS stelt voor om voor de beschrijving van de achtergrond van de vereiste erkenningen grotendeels te verwijzen naar Hoofdstuk 3. Aldus zouden de beschrijvende gedeeltes in §15.8.1.1 en §15.8.2, op een korte paragraaf na, vervangen worden door een verwijzing naar Hoofdstuk 3.

Net zozeer is het aangebracht zijn van een duurzame en unieke identificatiecode, die dient als noodzakelijk hulpmiddel bij de afvalboekhouding, een vereiste waarover objectief kan geoordeeld worden. NIRAS zal in §15.8.2 dit criterium aanvullen met nadere bepalingen omtrent de karakteristieken van de markeringen (bv. grootte van letters en cijfers, kleuren, technieken van aanbrengen, plaatsen waarop aanbrengen, ...).



## **1 HS15-015 Transport**

FANC/Bel V stellen aan NIRAS voor om de ontwikkelingen in §15.8.3 te schrappen. Ze zijn namelijk niet gelinkt aan de conformiteitscriteria.

FANC/Bel V vragen daarentegen om voor de eerste Wetenschappelijke Raad de conformiteitscriteria te definiëren die betrekking hebben op transportvereisten, meer bepaald op de kwalificatie van de monoliet als type IP-2 verpakking die door NIRAS wordt beoogd (zie bv. p7-4 van [2]).

## **2 Antwoord NIRAS**

NIRAS beoogt geen IP-2 kwalificatie van de monolieten. In hoofdstuk 7 van het veiligheidsrapport werd verkeerdelijk vermeld dat NIRAS een IP-2 kwalificatie van de monolieten beoogt. Dit zal worden rechtgezet.

## **3 Aanpassing aan het veiligheidsrapport**

Sectie §15.8.3 van hoofdstuk 15 zal geschrapt worden.

Sectie §7.2.4 van Hoofdstuk 7 zal als volgt worden aangepast.

De zin “*Als gekwalificeerde IP-2 verpakking (volgens de opgelegde vereisten van het IAEA [R7-1]), mag de monoliet getransporteerd worden op de openbare weg zonder transportcontainer of met een niet ‘IP’ gekwalificeerde transportcontainer.*” zal geschrapt worden. Bijlage 2 van Hoofdstuk 8 zal overeenkomstig aangepast worden.