

Auteur:

Verantwoordelijke deskundige FANC: [REDACTED]

Medewerkers

Deskundigen FANC: [REDACTED]

Deskundigen Bel V: [REDACTED]

Classificatie:	Geen
Nummer:	2020-05-29-FB-5-4-2-NL
Datum:	2020-06-15
Titel:	Advies van het FANC m.b.t. het plan over het langetermijnbeheer van geconditioneerd hoogradioactief en/of langlevend afval, het bijhorend milieueffectenrapport en de niet-technische samenvatting daarvan.
Samenvatting:	<p>Het FANC formuleert dit advies in toepassing van de wet van 13 februari 2006 betreffende de beoordeling van de gevolgen voor het milieu van bepaalde plannen en programma's en de inspraak van het publiek bij de uitwerking van de plannen en programma's in verband met het milieu. Dit advies loopt geenszins vooruit op het standpunt van het FANC in de volgende fasen van het besluitvormingsproces, met inbegrip van een eventuele vergunningsaanvraag voor een geologische berging en het bijhorend milieueffectenrapport.</p> <p>Het FANC heeft dit advies opgesteld in overleg met zijn technische ondersteuning Bel V .</p>
Datum van ingebruikstelling:	2020-06-13

Document goedkeuring

<u>Revisie</u>	<u>Auteur</u>	<u>Verificatie</u>	<u>Goedkeuring</u>
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

Verdeling

Intern:	[REDACTED]
Extern: NIRAS:	[REDACTED]
Bel V :	[REDACTED]
FANC WEB SITE	[REDACTED]

Inhoudstafel

1. Context.....	3
2. Herhaling van het doel van het plan en het milieueffectenrapport.....	3
3. Beschouwingen m.b.t. opslag en geavanceerde nucleaire technologieën als alternatieve oplossingen voor het langetermijnbeheer	4
3.1. Beschouwingen m.b.t. opslag.....	4
3.2. Beschouwingen over geavanceerde nucleaire technologieën	5
4. Advies van het FANC m.b.t. het langetermijnbeheer van hoogactief en/of langlevend radioactief afval	7
5. FANC-advies over het plan	9
6. Terminologie gebruikt in het kader van dit advies.....	11
Bijlage 1: Bemerkingen m.b.t. het milieueffectenrapport.....	12
Bijlage 2: Bemerkingen m.b.t. de niet-technische samenvatting	17
Referenties.....	18

Dit document moet in zijn geheel worden gelezen om elke verkeerde interpretatie die het gevolg kan zijn van een gedeeltelijke lezing te voorkomen. Elk citaat eruit moet hier duidelijk naar verwijzen.

Dit document is een Nederlandse vertaling van het FANC-advies, in het Frans geschreven. De Franse versie blijft de referentieversie voor de interpretatie van dit advies.

1. Context

De opdracht van het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) is ervoor te zorgen dat de bevolking, de werknemers en het milieu worden beschermd tegen de gevaren van ioniserende straling [1].

Het FANC formuleert dit advies in toepassing van de wet van 13 februari 2006 [2] betreffende de beoordeling van de gevolgen voor het milieu van bepaalde plannen en programma's en de inspraak van het publiek bij de uitwerking van de plannen en programma's in verband met het milieu. Overeenkomstig artikel 12 van deze wet en als bevoegde regelgevende autoriteit, werd het FANC door de Nationale instelling voor radioactief afval en verrijkte splijtstoffen (NIRAS) verzocht om een advies uit te brengen over de volgende documenten:

- Het plan voor het langetermijnbeheer van geconditioneerd hoogradioactief en/of langlevend afval [3],
- Het bijhorend milieueffectenrapport [4],
- De niet-technische samenvatting [5].

Het FANC heeft dit advies opgesteld in overleg met zijn technische ondersteuning Bel V dat belast is met de uitvoering van regelmatige controles en veiligheidsbeoordelingen in de belangrijkste Belgische nucleaire installaties.

Dit advies beperkt zich tot de aspecten die tot het bevoegdheidsgebied van het FANC behoren, namelijk de nucleaire veiligheid en beveiliging. Het loopt geenszins vooruit op het standpunt van het FANC in de volgende fasen van het besluitvormingsproces, met inbegrip van een eventuele vergunningsaanvraag voor een geologische berging en het bijhorend milieueffectenrapport.

Dit document omvat:

- Een herhaling van het doel van het plan en het milieueffectenrapport (deel 2);
- Beschouwingen met betrekking tot opslag en geavanceerde nucleaire technologieën als alternatieve oplossingen voor het langetermijnbeheer (deel 3);
- Het advies van het FANC over het langetermijnbeheer van hoogradioactief en/of langlevend afval (deel 4);
- Het advies van het FANC over het plan (deel 5);
- De in dit document gebruikte terminologie (deel 6);
- De bemerkingen van het FANC m.b.t. het milieueffectenrapport en de niet-technische samenvatting (bijlagen).

2. Herhaling van het doel van het plan en het milieueffectenrapport

In dit deel wordt een kort overzicht gegeven van de doelstellingen van het plan en het milieueffectenrapport die door NIRAS werden ingediend.

Het plan, dat de vorm heeft van een ontwerp van koninklijk besluit, beoogt de basis te leggen voor het nationaal beleid inzake het langetermijnbeheer van geconditioneerd hoogactief en/of

langlevend radioactief afval. De voorgestelde beheersoplossing heeft betrekking op een systeem van geologische berging op het Belgisch grondgebied [3].

Het plan specificeert bewust niet de strategie voor de uitwerking en de toepassing van deze oplossing, maar voorziet in de verdere ontwikkeling hiervan in een later stadium, volgens een nog vast te stellen besluitvormingsproces. Noch de site (geologische gastformatie, locatie, bergingsdiepte), noch de modaliteiten voor de uitvoering van deze oplossing worden hierin vermeld en evenmin wordt er reeds een planning of een deadline vastgelegd [4].

Het plan heeft dus slechts betrekking op een eerste deel van het nationaal beleid inzake hoogactief en/of langlevend radioactief afval. Dit eerste deel zal dus nog, indien het wordt goedgekeurd, op zijn minst verder moeten worden aangevuld met twee andere delen [3]:

- De bepaling van het besluitvormingsproces ter begeleiding van de ontwikkeling van de oplossing voor het langetermijnbeheer, met inbegrip van de belangrijkste fasen ervan;
- De bepaling van de site(s) waar de oplossing voor het langetermijnbeheer zal worden geïmplementeerd.

Bij dit plan hoort een milieueffectbeoordeling. Deze beoordeling is gebaseerd op een op 31 december 2018 opgestelde referentie-inventaris van bestaand en voorzien radioactief afval van de categorieën B en C. De impact van een mogelijke bijkomende inventaris op de milieueffecten wordt onderworpen aan algemene kwalitatieve beschouwingen. Deze aanvullende inventaris bestaat uit afval dat vergelijkbaar is met datgene wat nu tot de categorieën B en C behoort en/of uit afval van andere types dan dat van deze beide categorieën en waarvoor geen langetermijnbeheer mogelijk is in een bergingsinstallatie aan – of nabij – de oppervlakte. [4].

Overeenkomstig de wet [2] zullen de resultaten van de publieke raadpleging en de adviezen van het Adviescomité, de Federale Raad voor Duurzame Ontwikkeling, de Gewestregeringen, het FANC en de andere geraadpleegde instanties door NIRAS in aanmerking worden genomen in het beleidsvoorstel dat ter goedkeuring aan de Ministerraad zal worden voorgelegd. De voorlegging aan de Ministerraad vindt pas plaats nadat het FANC advies heeft uitgebracht over de nieuwe versie van dit voorstel, overeenkomstig de bepalingen van artikel 179, § 6, 1^e lid van de wet van 8 augustus 1980 [6].

3. Beschouwingen m.b.t. opslag en geavanceerde nucleaire technologieën als alternatieve oplossingen voor het langetermijnbeheer

Onafhankelijk van wat wordt vermeld in het milieueffectenrapport [4] worden in dit gedeelte de voordelen en risico's beschreven die gepaard gaan met opslag en geavanceerde nucleaire technologieën (als alternatieve oplossing voor de geologische berging) waarop het FANC en Bel V de adviezen in de hoofdstukken 4 en 5 hebben gebaseerd.

3.1. Beschouwingen m.b.t. opslag

Een opslaginstallatie is ontworpen met het oog op de latere terugname van het opgeslagen afval. Dit is waarin opslag fundamenteel verschilt van berging.

In het geval van hoogactief en/of langlevend afval is opslag dus slechts een tijdelijke beheersoplossing. In vergelijking met berging heeft opslag het voordeel dat het afval gemakkelijker bereikbaar is voor controles of om eventuele problemen te verhelpen, en het biedt tevens een grotere flexibiliteit. De veiligheid en beveiliging van opslaginstallaties, hoewel deze deels op passieve maatregelen kunnen berusten, vereisen echter voortdurend actieve maatregelen (bijvoorbeeld continu onderhoud van de installatie), terwijl de veiligheid en

beveiliging van een bergingsinstallatie voor de periode na afsluiting enkel op passieve maatregelen berust.

Voor opslagperiodes van enkele decennia zijn de stralingsrisico's identiek aan deze van de bestaande opslaginstallaties. Deze stralingsrisico's nemen echter toe met de voorziene opslagtermijnen, want hoe langer de opslagtermijn, hoe belangrijker de volgende factoren zullen zijn:

- het cumulatief aantal mensen dat aan ioniserende straling wordt blootgesteld en/of de omvang van hun gecumuleerde blootstelling;
- de gevolgen van de veroudering van het afval en de installatie;
- de cumulatieve waarschijnlijkheid van incidenten of ongevallen die tot mogelijk significante radiologische gevolgen kunnen leiden;
- de cumulatieve waarschijnlijkheid van kwaadwillige handelingen (bv. terrorisme, diefstal van radioactieve stoffen, enz.).

Er kunnen echter verschillen zijn, afhankelijk van het feit of de opslaginstallatie boven- of ondergronds wordt gebouwd. In vergelijking met opslag aan de oppervlakte is het onderhoud van een ondergrondse opslag complexer en houdt bijkomende risico's in door de ondergrondse activiteiten. Ook het beheer van ongevallen en de terugname van het afval zijn moeilijker. Aan de andere kant zal een ondergrondse opslag waarschijnlijk beter beveiligd zijn, een betere insluiting kunnen waarborgen in geval er straling binnen de opslaginstallatie vrijkomt, en zal ze minder kwetsbaar zijn voor externe gebeurtenissen, zoals bijvoorbeeld aardbevingen, vliegtuiginslag en extreme weersverschijnselen.

Ongeacht het soort installatie houdt een langdurige opslag een last en een risico in voor de toekomstige generaties. Bovendien zijn er tal van onderhoudsactiviteiten nodig en op termijn ook een herconditionering van het afval, herstelwerken aan de installatie en/of de bouw van nieuwe installaties. Deze activiteiten zullen leiden tot een toename van het volume aan radioactief afval waarvoor in de loop van de tijd een steeds grotere opslagcapaciteit nodig zal zijn. Beslissingen over de wenselijkheid en de implementatie van een mogelijke bergingsoplossing zouden op die manier ook op de toekomstige generaties worden overgedragen, zonder dat deze laatsten van de voordelen hebben genoten van de technologieën die dit afval hebben gegenereerd en zonder enige garantie dat de kosten die hiermee gepaard gaan, kunnen worden gedekt door de beschikbare financiële middelen.

En tot slot, hoe langer de opslagperiodes zijn, hoe groter de contextuele onzekerheden die de voorwaarden voor een veilige uitbating in gevaar kunnen brengen. Deze onzekerheden kunnen van politieke, institutionele, sociale, economische (bijv. stopzetting van de financiering), conflictueuze (bijv. oorlog, terrorisme), of nog andere aard zijn (bijv. achterlating, verlies van kennis of herinnering).

3.2. Beschouwingen over geavanceerde nucleaire technologieën

Geavanceerde nucleaire technologieën, zoals scheiding en transmutatie, zijn in ontwikkeling. Scheiding en transformatie door de transmutatie van langlevende isotopen in minder langlevende isotopen zouden in theorie kunnen worden gezien als een oplossing voor het beheer van het langlevend afval. Deze theoretische beschouwingen moeten echter nog worden geconfronteerd met de praktische uitvoering ervan.

De huidige ontwikkelingen spitsen zich toe op de opwerking van verbruikte splijtstof, met het oog op het sluiten van de splijtstofcyclus¹ en de reductie van de radiotoxiciteit van het afval op lange termijn. De scheidingstechnieken zijn evenwel complex om uit te voeren en laten momenteel geen industriële scheiding toe van alle lagere actiniden², noch kan een perfecte scheiding worden bereikt. Er zal altijd een fractie, zij het dan een veel kleinere, van deze actiniden in het uiteindelijk afval blijven zitten waarvoor maatregelen voor het langetermijnbeheer nodig zijn. Ook de extractie van lagere actiniden uit bestaand verglaasd afval, afkomstig van de opwerking van brandstof in het verleden, lijkt moeilijk haalbaar. Scheiding en transmutatie worden ook soms geopperd voor de behandeling van bepaalde fissieproducten die aanzienlijk bijdragen tot de stralingsrisico's op lange termijn, zoals jodium-129, cesium-135, selenium-79 en technetium-99. De noodzaak van een isotopenscheiding naast een chemische scheiding en de lage reactiesnelheid in een speciale transmutatiereactor betekenen desgevallend dat de uitvoering van scheiding en transmutatie zeer complex blijft voor deze fissieproducten.

Daarom zijn geavanceerde nucleaire technologieën momenteel niet in staat om alle radionucliden die op lange termijn aanzienlijke stralingsrisico's met zich mee kunnen brengen, te elimineren.

Afhankelijk van de toekomstige ontwikkelingen in dit gebied kunnen geavanceerde nucleaire technologieën niettemin deel uitmaken van de strategie voor het beheer van verbruikte splijtstof, met name met het oog op de vermindering van het volume, de restwarmte of de radiotoxiciteit op de lange termijn. Deze reducties gelden op basis van equivalente energieproductie³ en zullen pas effectief worden na een voldoende aantal bestralingscycli in reactoren en na de opwerking van de kernbrandstof, gespreid over een periode van ten minste 100 jaar.

De eventuele voordelen van deze technologieën moeten worden beoordeeld in het kader van een geoptimaliseerde aanpak die de hele splijtstofcyclus bestrijkt en verder gaat dan de veiligheidsaspecten van het langetermijnbeheer van radioactief afval. Deze beoordeling zal ook rekening moeten houden met de maatschappelijke dimensie en zal, voor de verschillende opties, volgende elementen in perspectief moeten plaatsen:

- de risico's op proliferatie en diversie m.b.t. splijtstoffen;
- de behoeften aan natuurlijke bronnen en de gevolgen voor het milieu;
- de operationele veiligheid, waarbij de voordelen op het gebied van de veiligheid in de front-end van de cyclus (afname van de behoefte aan primaire grondstoffen en extractieactiviteiten) en in de back-end van de cyclus (gelinkt

¹ De sluiting van de cyclus laat de exploitatie via splijting toe van bijna al het geëxtraheerde uranium, in plaats van enkel het direct splijtbaar uranium, gelinkt aan de isotoop 235 (natuurlijk aanwezig voor ongeveer 0,7%).

² De samenstelling van de kernbrandstof, initieel bestaande uit uraniumoxide of een mengsel van uranium- en plutoniumoxides, evolueert bij de bestraling in een reactor. We vinden er de fissieproducten terug, waarvan bepaalde langlevend zijn, en elementen uit de chemische familie van de actiniden, geproduceerd uit de opeenvolgende activiteiten van het initieel uranium. Er wordt nog een onderscheid gemaakt tussen de hogere actiniden, in grotere hoeveelheden aanwezig in de verbruikte kernbrandstof (uranium- en plutoniumisotopen) en de lagere actiniden, zoals neptunium, americium, curium. De lagere actiniden zijn zeer radiotoxisch gedurende lange periodes, maar kunnen een vervanging vormen voor uranium als brandstof voor kernreactoren en aldoende getransmuteerd worden.

³ Het spreekt voor zich dat de omvang van het nucleair programma een grote impact heeft op de inventaris; de vergelijking wordt derhalve gewoonlijk uitgevoerd op basis van een equivalente (elektrische) kernenergieproductie.

aan de reductie van de radiotoxiciteit van het uiteindelijke afval) worden afgewogen tegen de belasting opgelegd door de extra installaties die nodig zijn om de splijtstofcyclus te sluiten, in het bijzonder de installaties voor de opwerking en fabricage van de splijtstof en de voor transmutatie bestemde reactoren;

- de langetermijnveiligheid, in de wetenschap dat de radiotoxiciteit van de actiniden slechts één van de kenmerken is die bijdragen tot het stralingsrisico voor de bevolking en het milieu op lange termijn;
- de maatschappelijke, ethische en filosofische bekommernissen, met name met betrekking tot de lasten voor het beheer van radioactief afval en de vrijheid van toekomstige generaties om hun eigen keuzes te maken op het gebied van energie en afvalbeheer;
- de robuustheid ten aanzien van de contextuele onzekerheden, zoals politieke, institutionele, sociale, economische of technische onzekerheden, rekening houdend met de tijdsperiodes waarover de geavanceerde brandstofcycli zich uitstrekken. In het geval van een onderbreking van het proces kan de hoge radiotoxiciteit van de splijtstof in alle fasen van de cyclus aanzienlijke risico's inhouden voor het beheer van splijtstoffen en radioactief afval.

Tot slot moet worden opgemerkt dat het gebruik van reactoren die transmutatie mogelijk maken, moet gebeuren binnen het kader dat is toegestaan door de wet houdende de geleidelijke uitstap uit kernenergie voor industriële elektriciteitsproductie [7].

4. Advies van het FANC m.b.t. het langetermijnbeheer van hoogactief en/of langlevend radioactief afval

Rekening houdend met de state-of-the-art en met de hiervoor beschreven elementen, is het FANC van mening dat geologische berging, hetzij in galerijen, hetzij in diepe boorgaten, de veiligste langetermijnoptie is voor het beheer van hoogactief en/of langlevend radioactief afval. Dit is omdat:

- **Een berging op termijn berust op uitsluitend passieve maatregelen;**
- **Dit type afval een niveau van insluiting en afzondering vereist dat enkel kan worden bereikt door een geologische formatie op voldoende diepte;**
- **Deze optie het mogelijk maakt om de lasten voor toekomstige generaties te beperken. Bovendien is deze optie minder gevoelig aan contextuele onzekerheden.**

Opgemerkt moet worden dat de optie van geologische berging ook de berging van andere soorten radioactief afval mogelijk maakt, die bijvoorbeeld om veiligheidsredenen niet in een bergingsinstallatie aan – of nabij – de oppervlakte kunnen worden geplaatst.

Het FANC merkt evenwel op dat de veiligheid van een geologische berging op het Belgisch grondgebied of van een multinationale berging in een later stadium nog zal moeten worden aangetoond. Dit bewijs zal moeten worden geleverd op basis van veiligheidsdossiers in het kader van een nog te bepalen besluitvormingsproces.

Voor de uitvoering van het nog vast te stellen besluitvormingsproces is een holistische en geoptimaliseerde aanpak nodig waarbij rekening wordt gehouden met:

- de onderlinge afhankelijkheid tussen de verschillende stadia van het afvalbeheer;

- de kenmerken van de verschillende afvalstoffen die in de inventaris zijn opgenomen;
- de kenmerken van de sites en de mogelijke gastformaties;
- de voor- en nadelen op het gebied van veiligheid, beveiliging en milieueffecten;
- het maatschappelijk draagvlak.

Dit heeft met name betrekking op de keuze:

- om al dan niet een deel van, of alle verbruikte splijtstof in de toekomst op te werken;
- van de timing en de fasering van het bergingsprogramma dewelke ook de uitbatingsduur van de opslaginstallaties zal bepalen;
- van de bergingssite(s);
- van de overwogen opties voor de berging (berging in galerijen en/of in diepe boorgaten).

Opslaginstallaties zijn de facto geen definitieve oplossing omdat de "intentie om het afval terug te halen" inherent is aan hun ontwerp. Ze vormen echter een fase in het afvalbeheer in afwachting van een berging. Gelet op de in punt 3.1 vermelde beschouwingen is het belangrijk de duur van de opslag van het afval niet langer te maken dan de periode die noodzakelijk is tot haar berging.

Geavanceerde nucleaire technologieën worden momenteel ontwikkeld in het kader van de opwerking en de sluiting van de splijtstofcyclus en dekken dus niet alle soorten hoogactief en langlevend afval waarvoor een oplossing voor het langetermijnbeheer wordt gezocht. Zij maken het evenmin mogelijk om de toxiciteit ervan tot een voldoende laag niveau terug te brengen, ook op lange termijn, om hun berging aan het oppervlak toe te laten. Deze technologieën bieden dus als zodanig geen alternatief voor geologische berging, maar kunnen bijvoorbeeld worden overwogen in het kader van de beperking van de radiologische inventaris die op lange termijn moet worden geborgen.

Andere beheersopties (bijvoorbeeld zeeberging, berging in een ijskap of in de ruimte) kunnen van meet af aan worden uitgesloten op basis van zuiver juridische argumenten of oncontroleerbare veiligheidsrisico's.

Het is belangrijk dat er zo snel mogelijk een nationaal beleid komt voor het langetermijnbeheer van hoogactief en/of langlevend radioactief afval dat het resultaat is van de nucleaire praktijken in België. Het uitblijven van beslissingen voor dergelijk afval op korte termijn zou er immers op neerkomen dat de verantwoordelijkheid voor het beheer ervan wordt afgeschoven op de toekomstige generaties en dat de risico's in verband met de uitbating van de opslagplaatsen worden vergroot.

Bij de uitwerking van een nationaal beleid moet rekening worden gehouden met de veiligheids- en beveiligingsaspecten, met inbegrip van de maatschappelijke aspecten. Bij de bepaling van het nationaal beleid moet voldoende flexibiliteit mogelijk zijn. Daarom is het belangrijk dat er te werk wordt gegaan volgens een participatief besluitvormingsproces waarbij de verschillende stakeholders worden betrokken en dat in opeenvolgende fasen wordt georganiseerd en formeel wordt goedgekeurd. Wanneer beslissingen gevolgen hebben voor de veiligheid, zoals de keuze van de gastformatie, of de keuze van de site, zal er rekening moeten worden gehouden met het advies van het FANC over het bijbehorend veiligheidsdossier.

Tot slot blijven de standpunten van het FANC over de geologische berging en het langetermijnbeheer van B&C-afval in het kader van de nationale beleidsvorming en het nationaal programma opgenomen in [8] van toepassing.

5. FANC-advies over het plan

Rekening houdend met het in deel 4 gegeven advies is het FANC voorstander van het door NIRAS voorgestelde ontwerp van nationaal beleid, mits er rekening wordt gehouden met de hierna volgende bemerkingen over het plan. De bemerkingen m.b.t. het bijbehorend milieueffectenrapport [4] en de niet-technische samenvatting [5] worden respectievelijk in de bijlagen 1 en 2 verstrekt. Deze zullen moeten in acht genomen worden tijdens de effectenbeoordelingen die horen bij de volgende stappen in het besluitvormingsproces.

Art. 1§4 – Definitie van « geologische berging »

Omwille van de conformiteit met de definitie van « berging » gegeven in artikel 179, § 5, van de wet van 8 augustus 1980 [6], moet « de geologische berging » worden vervangen door «geologische berging » (d.w.z. de handeling van het bergen).

M.b.t. de definitie zelf:

- Aangezien de geologische bergingsinstallatie tijdens de operationele periode ook gebouwen aan de oppervlakte omvat, kan de term "diepte" niet verwijzen naar de "installatie";
- De verduidelijking: "om de bevolking en het milieu tegen de stralingsrisico's van dergelijk afval te beschermen" is hier niet zinvol, want dit is reeds gedekt door art. 179 - §6 - 3° van de wet van 8 augustus 1980 [6]. Daarenboven zijn er nog andere mogelijke significante risico's (chemische...).

Het FANC stelt derhalve de volgende definitie voor:

« Geologische berging: berging zoals bepaald in artikel 179, § 5 van de wet van 8 augustus 1980 [6], op diepte in een geologische formatie».

Art. 1§5 – Definitie van « geologisch bergingssysteem »

De wet van 8 augustus 1980 [6] definieert de bergingsinstallatie niet als de combinatie van de afvalverpakkingen en kunstmatige barrières. Bovendien maken alleen die delen van de geologische omgeving die één of meer veiligheidsfuncties vervullen deel uit van het bergingssysteem.

Het FANC stelt daarom de volgende definitie voor:

"Geologisch bergingssysteem: een systeem dat bestaat uit afval, afvalverpakkingen, kunstmatige barrières en geologische formaties die een of meer veiligheidsfuncties vervullen."

Art. 2 Radioactief afval bedoeld in dit besluit

De vertaling naar het Frans van "vast geconditioneerd radioactief afval" door "déchets radioactifs solides conditionnés" zou moeten vervangen worden door "déchets radioactifs conditionnés sous forme solide".

"... al het andere radioactieve afval waarvan de kenmerken in overeenstemming zijn met de geologische berging" mogen niet worden geassocieerd met vast geconditioneerd hoogradioactief afval of met vast geconditioneerd langlevend laag- en middelactief afval. Het kan hier immers gaan over andere soorten afval, zoals kortlevend laag- en middelactief radioactief afval dat mogelijk niet compatibel is met de conformiteitscriteria voor de toekomstige oppervlakteberging. Bovendien moet worden gespecificeerd dat het a priori alleen gaat om afval dat om veiligheidsredenen niet in een bergingsinstallatie aan - of nabij – de oppervlakte had kunnen worden geplaatst.

Het FANC vraagt zich af waarom het plan beperkt wordt tot "vast geconditioneerd" radioactief afval. Deze formulering doet vermoeden dat vloeibaar of niet-geconditioneerd afval dat momenteel bestaat niet wordt afgedekt.

Art. 3 §1 Participatieve uitvoering van het nationaal beleid

Er moet worden bepaald wat wordt bedoeld met "op participatieve wijze" bij het definiëren van het besluitvormingsproces.

Art. 3 §3 Aanvraag voor een oprichtings- en exploitatievergunning

Deze paragraaf is reeds gedekt door de bestaande regelgeving [9] en kan dus worden geschrapt.

Art. 4. Definiëring van de oplossing voor het langetermijnbeheer

De mogelijkheid van een multinationale berging mag niet worden uitgesloten. De mogelijkheid dat een oplossing voor het langetermijnbeheer op één of meer sites kan worden geïmplementeerd, moet expliciet worden vermeld.

Art. 5 Voorstel van het besluitvormingsproces

Art. 5 §2.a

Er moet worden vastgesteld welke instanties de stappen formeel moeten goedkeuren.

Het FANC is van mening dat wanneer de beslissingen gevolgen hebben voor de veiligheid, zoals de keuze van de gastformatie of de keuze van de site, deze beslissingen moeten worden ondersteund door een veiligheidsdossier dat voor advies aan het FANC moet worden voorgelegd.

Art. 5 §2.c

Er moet rekening worden gehouden met de wetenschappelijke en technische ontwikkelingen inzake berging. Het is dus niet nodig om specifiek het domein van de diepe boorgaten te vermelden.

Er moet ook rekening worden gehouden met de ervarings-feedback op zowel nationaal als internationaal niveau.

Art.5 §2.e

Er moet worden verduidelijkt wat wordt bedoeld met "in zijn globaliteit".

6. Terminologie gebruikt in het kader van dit advies

Opslag: het onderbrengen van verbruikte splijtstof of radioactief afval in een installatie met de bedoeling die splijtstof of dat afval terug te halen. [6]

Verbruikte splijtstof: de kernsplijtstof die bestraald is in een reactorkern en permanent eruit is verwijderd; verbruikte splijtstof kan worden beschouwd hetzij als een bruikbare bron die kan worden hergebruikt of opgewerkt, hetzij als radioactief afval dat bestemd is voor berging. [6]

Berging: de plaatsing van verbruikte splijtstof of radioactief afval in een installatie zonder de bedoeling die splijtstof of dat afval terug te halen, maar zonder afbreuk te doen aan de mogelijkheid om, in voorkomend geval, over te gaan tot recuperatie van afval. [6]

Bergingsinstallatie: elke installatie die de berging van radioactief afval als voornaamste doel heeft. [6]

Contextuele onzekerheden: onzekerheden die verband houden met de context waarin de oplossing voor het afvalbeheer zal worden geïmplementeerd. Deze onzekerheden hebben onder meer betrekking op de politieke, institutionele, sociale, economische en technologische context.

Radiologisch risico: Het product van de waarschijnlijkheid van schade aan, of aantasting van de gezondheid van werknemers en de bevolking als gevolg van ioniserende straling en de ernst van die schade of aantasting.

Flexibiliteit: heeft betrekking op het besluitvormingsproces en verwijst naar de mogelijkheid om terug te komen op beslissingen die tijdens de geleidelijke invoering van een beleid voor het langetermijnbeheer van radioactief afval werden genomen.

Terughaalbaarheid: de technische mogelijkheid om het afval op een veilige manier uit een installatie terug te halen.

Nucleaire veiligheid/Veiligheid: de toestand van deugdelijke bedrijfsomstandigheden, de voorkoming van ongevallen en de beperking van de gevolgen van ongevallen, die er toe bijdragen dat werkers en de bevolking beschermd worden tegen de aan ioniserende straling afkomstig van kerninstallaties verbonden gevaren. [11]

Beveiliging/ fysieke beveiligingsmaatregelen: alle administratieve, organisatorische en technische maatregelen met als doel het beschermen van kernmateriaal tijdens de productie, het gebruik, de opslag of het vervoer tegen de risico's van ongeoorloofd bezit en diefstal en het beschermen van kernmateriaal tijdens de productie, het gebruik, de opslag alsook de nucleaire installaties, het nationaal en internationaal nucleair vervoer tegen de risico's van sabotage. De genoemde maatregelen hebben eveneens tot doel te beschermen tegen voornoemde handelingen. [1]

Bijlage 1: Bemerkingen m.b.t. het milieueffectenrapport

Reglementaire bepalingen

De tekst geeft soms de voorkeur aan verwijzingen naar internationale teksten eerder dan naar nationale voorschriften. Bij wijze van voorbeeld: figuur 4 van [4] m.b.t. het vergunningsproces, waarbij wordt verwezen naar een tekst van de IAEA, is niet conform met het koninklijk besluit van 20 juli 2001 houdende het algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende stralingen [9] volgens dewelke een oprichtings- en exploitatievergunning gezamenlijk worden uitgegeven.

Anderzijds worden de reglementaire beveiligings- [10] en veiligheidsvoorschriften [11] van toepassing op installaties van klasse I niet vermeld in het wettelijk en reglementair kader van [4] (§1.1). Deze voorschriften vormen nochtans belangrijke elementen waarmee rekening moet worden gehouden voor de ontwikkeling en evaluatie van mogelijke opties voor het langetermijnbeheer van radioactief afval.

De regelgeving wordt niet altijd juist geïnterpreteerd, zoals bijvoorbeeld:

- In het geval van de berging door fusie met de geologische gastformatie wordt onjuiste informatie verstrekt, alsook een verkeerde interpretatie van de regelgeving, want artikel 34.1 van het koninklijk besluit van 20 juli 2001 [9] verbiedt de lozing van vloeibare radioactieve afvalstoffen in de bodem, wat verschilt van de berging van radioactief afval (in dit geval door fusie). Het is dus niet correct te vermelden dat deze optie in strijd is met het Belgisch wettelijk en reglementair kader, zoals trouwens verder in de tekst wordt vermeld.
- Er wordt vermeld dat de berging via directe injectie verboden wordt door artikel 34.1 van het koninklijk besluit van 20 juli 2001 [9] wat niet helemaal correct is, gezien dit artikel van toepassing is op de lozingen waarvoor een dispersie- en verdunningsstrategie in de omgeving van toepassing is, in tegenstelling tot de berging waarbij een concentratie- en insluitingsstrategie wordt nagestreefd.

Hypotheses voor de evaluatie van milieueffecten

Gezien de algemene aard van het voorstel van het plan, is de evaluatie gebaseerd op een aantal hypothesen die bedoeld zijn om de ideeën te verduidelijken over wat de verschillende opties voor het langetermijnbeheer van geconditioneerd hoogactief en/of langlevend afval kunnen inhouden. Er wordt echter niet altijd toelichting gegeven bij de rechtvaardiging voor, of de conservatieve aard van de milieueffecten van bepaalde hypothesen.

Het gaat hier in het bijzonder over de volgende keuzes:

1. Opwerking van een deel van de verbruikte splijtstof

De desbetreffende inventaris van de verbruikte splijtstof (blz. 21-22 van [4]) is gebaseerd op een niet-conservatieve hypothese van Synatom volgens welke ongeveer 1000 tHM verbruikte splijtstof uit commerciële kernreactoren nog verder zal worden opgewerkt (waaronder alle in België aanwezige MOX) naast de 672 tHM UOX die in het verleden zijn opgewerkt. Deze hypothese is niet compatibel met het huidig moratorium op de opwerking. [12]

Daarenboven omvatten de Nationale Beleidsmaatregelen, volgens artikel 179 van de wet van 1980 [6], de aanvaarde hypothesen voor het verder gebruik van de

verschillende types van verbruikte splijtstof, op voorstel van de houders van de verbruikte splijtstof en na raadpleging van de Instelling en van de bevoegde regelgevende autoriteit. Tot op heden werd de betrokken regelgevende autoriteit (d.w.z. het FANC) evenwel nog niet over deze hypothese geraadpleegd.

2. *Verwachte levensduur van de bestaande opslaggebouwen*

NIRAS is van oordeel:

- Dat de opslaggebouwen ontworpen zijn in overeenstemming met de radiologische kenmerken van het afval dat ze moeten herbergen en dat ze een maximale levensduur hebben van een honderdtal jaar (p.9 van [4]);
- Dat de zes opslaggebouwen gelegen te Dessel, op een site die door haar industriële dochteronderneming Belgoprocess wordt geëxploiteerd, een levensduur hebben van 75 jaar die voor sommigen ervan verlengd kan worden tot een honderdtal jaar, mits akkoord van het FANC (p.59 de [4]);
- Dat het jaar waarin de uitbating van het gebouw 136X naar verwachting zal worden stopgezet, 2130 (Tabel 7 van [4]) is, wat overeenstemt met een levensduur van 130 jaar voor dit gebouw.

Deze hypothesen m.b.t. de levensduur van de bestaande opslaggebouwen worden niet gerechtvaardigd en lijken a priori niet conservatief. De verwachte levensduur die in tabel 7 van [4] wordt vermeld, overschrijdt evenwel de levensduur waarmee bij het ontwerp van sommige gebouwen rekening werd gehouden. Zo bedraagt de levensduur die in aanmerking werd genomen bij het ontwerp van gebouw 127 50 jaar [13], terwijl de door NIRAS verwachte levensduur 64 jaar is. Ook de levensduur die in aanmerking werd genomen bij het ontwerp van gebouw 136 bedraagt 75 jaar [14], terwijl de door NIRAS verwachte levensduur 130 jaar is [15].

De aanvaardbaarheid vanuit het standpunt van de veiligheid van een eventuele verlenging van de levensduur van deze installaties moet door de exploitant ervan worden aangetoond, in overeenstemming met de regelgeving die op deze installaties van toepassing is en rekening gehouden met de mogelijke gevolgen van de veroudering van hun componenten en afvalverpakkingen. Daarom moet bij toekomstige evaluaties, bij de bepaling van de fasering en de planning van de activiteiten en bij de uitvoering van het plan, rekening worden gehouden met de mogelijkheid dat de levensduur van deze opslaggebouwen niet kan worden verlengd.

3. *Fasering en duur van de activiteiten*

De duur en de fasering van de activiteiten die in aanmerking komen voor de bouw, de exploitatie en de sluiting van een systeem voor geologische berging in galerijen in België worden weergegeven in figuur 15 van [4].

Op basis van de verstrekte informatie zullen er, zodra de nucleaire oprichtings- en exploitatievergunning werd verleend, respectievelijk 40 en 80 jaar nodig zijn voor de berging van B- en C-afval. Aangezien het niet mogelijk is om vooruit te lopen op de tijd die ons scheidt van een eventuele vergunning, en gezien deze timing en de levensduur van de bestaande opslaggebouwen, is het duidelijk dat zelfs als het plan met de fasering, zoals voorzien door NIRAS, onmiddellijk wordt uitgevoerd, er verschillende nadelen in verband met de langetermijnopslag zullen moeten worden beheerd.

De fasering en de duur van de activiteiten werden t.a.v. het FANC niet gerechtvaardigd. Ze zullen dus moeten worden opgemaakt en geoptimaliseerd in het kader van een nog te bepalen besluitvormingsproces. Met de onzekerheden van deze fasering en de duur ervan zal bij elke toekomstige evaluatie rekening moeten worden gehouden.

Er moet in deze fasering ook rekening worden gehouden met de fase van de reglementaire controle die zal volgen op de sluiting van de installatie en waarin de ontmanteling van de bovengrondse nucleaire installaties moet worden uitgevoerd.

Tot slot werden in tabel 10 van [4] met de identificatie van de activiteiten voor de uitvoering van een geologische berging in galerijen, de milieueffecten die samenhangen met de karakterisering van de site (proefboringen, eventueel ondergronds laboratorium) voorafgaand aan de bouw van de bergingsinstallatie, niet opgenomen. Met deze aspecten zal rekening moeten worden gehouden bij de evaluaties in het kader van de volgende fasen van het besluitvormingsproces.

4. *Keuze van een enkele bergingsite*

NIRAS stelt dat de gevolgen van een berging in afzonderlijke installaties groter zouden zijn dan die van berging in één enkele installatie, vanwege de duplicatie van de bovengrondse installaties, maar ook van de toegangen tot de bergingszones van de ondergrondse installatie (p.67 van [4]). Bij gebrek aan een geselecteerde site en een gastformatie kan er evenwel niet worden gesteld dat de effecten van een berging in afzonderlijke installaties groter zouden zijn dan deze van de berging in één enkele installatie. Bovendien moet de keuze van een of meerdere sites voor het langetermijnbeheer van al het hoogactief en/of langlevend afval het resultaat zijn van een optimalisatieproces van de bescherming, waarbij rekening wordt gehouden met alle hiervoor relevante factoren (d.w.z. een holistische aanpak) [8].

Kenmerken van de site en de gastformatie

Met de invloed van de site en de gastformatie wordt niet steeds rekening gehouden in de evaluatie.

De resultaten die werden vastgesteld in het kader van het R&D-programma in het ondergronds laboratorium HADES moeten met de nodige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd wanneer ze worden veralgemeend tot kleiformaties:

- P35 van [4]: Er wordt vermeld dat kleiformaties een groot zelfdichtingsvermogen bezitten (self-sealing). Dit vermogen kan sterk variëren afhankelijk van de formatie.
- P25 van [4]: De haalbaarheid van het uitgraven van een berging met het beperken van de beschadigde zone kon worden aangetoond in de Boomse klei, maar zal nog moeten worden geverifieerd wanneer een andere formatie (of site) wordt gekozen.
- P26 van [4]: De overdraagbaarheid van de invloed van de temperatuur op de eigenschappen van Boomse klei naar andere formaties (of sites) moet worden geverifieerd. De bewering dat « *het verwarmingsexperiment PRACLAY, dat tot dusver aangeeft dat de eigenschappen van klei, die gunstig zijn voor de insluiting van geconditioneerd hoogactief afval, niet noemenswaardig worden beïnvloed door de warmte* » zou nog moeten worden gestaafd en genuanceerd door middel van een referentie. Uit de literatuur blijkt met name dat de migratie van radionucliden doorheen bepaalde kleisoorten net wel door de temperatuur kan worden beïnvloed [15].

Mogelijk geschikte gastformaties voor een geologische berging

De formaties die uit het oogpunt van de veiligheid mogelijk geschikt zijn voor een geologische berging moeten worden geïdentificeerd op basis van een systematische vergelijking van potentieel gunstige formaties [8]. De informatie verstrekt in [4] is onvolledig en moet in latere fasen nog worden aangevuld. Bepaalde informatie is soms niet juist, zoals bijvoorbeeld deze over de kristallijne gesteenten (§3.4.2.2 - p.36), want:

- De vulkanische intercalaties zijn niet allemaal minder dik dan 10m [16]. Daarenboven zijn deze intercalaties geen kristallijne gesteenten sensu stricto, wat een term is die eerder van toepassing is op dieptegesteenten en metamorfe gesteenten, maar niet op vulkanische gesteenten.
- De intrusies van kristallijne gesteenten gesitueerd in het zuiden van het Massief van Brabant komen niet allemaal aan de oppervlakte. De intrusies die tot dusver ontdekt werden in de diepte werden nog niet ontgonnen en kunnen groter zijn dan deze die aan de oppervlakte zijn gevonden [16].
- De kristallijne sokkel bevindt zich tevens op diverse diepten op andere plaatsen dan in het Massief van Brabant [17].

Geschikte diepte voor de installatie van een geologische berging in galerijen

Volgens de informatie verstrekt op p.16 is het de gevaarlijkheid van het afval, bepaald door de activiteit en de levensduur ervan, die een indicatie geeft voor de minimale bergingsdiepte. Deze bewering moet echter worden genuanceerd, omdat de minimale bergingsdiepte ook afhangt van andere beschouwingen die verband houden met de kenmerken van de site, zoals de mogelijke omvang van erosieverschijnselen, of de aanwezigheid van natuurlijke hulpbronnen.

Bovendien zijn de door de IAEA aanbevolen diepten [18] minimumwaarden. Het is dus niet juist om te stellen dat geconditioneerd laag- en middelactief langlevend afval in stabiele geologische formaties van enkele tientallen tot honderden meters diepte moet worden opgeslagen (p.16). Deze afvalstoffen kunnen dus worden beheerd in het kader van een gemeenschappelijke bergingsoplossing met geconditioneerd hoogactief afval op een diepte van enkele honderden meters of nog dieper.

De op p. 24 verstrekte uitleg dat de dieptes die in de praktijk in aanmerking worden genomen voor de geologische berging van geconditioneerd hoogactief afval in galerijen, eventueel samen met geconditioneerd laag- en middelactief langlevend afval, meestal in de orde van 400 tot 500 meter liggen, moet ook worden genuanceerd. Drie landen hebben namelijk al geopteerd voor de berging van categorie A- en/of B-afval op een diepte van meer dan 600 m (Duitsland, Canada en de Verenigde Staten) (Tabel 3 van [4]) en twee typeconcepten die voor de beoordeling werden gebruikt, hebben een diepte van 650 m (Tabel 8 van [4]). Daarnaast worden in verschillende andere landen (bijvoorbeeld Zwitserland [19] en Nederland [20]) in uitgevoerde studies ook dieptes van meer dan 500 meter overwogen. In Tabel 3 van [4] wordt een geval vermeld (berging A en B afval in Duitsland) waarbij de diepte 800 tot 1300 m bedraagt.

Bovendien is het niet juist om te stellen dat een grotere diepte, en daarmee een toename van technische moeilijkheden, operationele risico's en kosten, niet zou kunnen worden gecompenseerd door een aanzienlijke toename van de bescherming van mens en milieu op de lange termijn (p.24 van [4]). De voor- en nadelen qua veiligheid door een grotere diepte zijn immers sterk afhankelijk van de kenmerken van de site en de gastformatie.

Oplossing geologische berging in diepe boorgaten

De evaluatie van de voor- en nadelen van geologische berging in diepe boorgaten (§3.2 en §3.3 van [4]) is onvolledig, omdat essentiële veiligheidsaspecten soms niet aan bod komen. Zo werd bijvoorbeeld de hoge mate van afzondering door de geologische berging in diepe boorgaten niet opgenomen in Tabel 2 waarin deze optie wordt vergeleken met de geologische berging in galerijen. Het zal dus nodig zijn om deze optie in toekomstige beoordelingen meer systematisch te evalueren.

Op p. 3 van [4] wordt gesteld dat geologische berging in diepe boorgaten een aanvullende beheersoptie kan zijn voor de geologische berging in galerijen voor beperkte hoeveelheden afval waarvan men de terugname bijzonder moeilijk zou willen maken. In dit stadium is er evenwel geen reden om de diepe boorgaten te beperken tot een beperkte hoeveelheid afval.

Berging door fusie met de geologische gastformatie wordt als alternatief afgewezen, maar is een variant op de berging in diepe boorgaten. Bovendien wordt het feit dat er onbeheersbare risico's aan verbonden zijn, niet verder besproken.

Link met andere plannen en programma's

Er wordt niet verwezen naar eventueel noodzakelijke plannen en programma's m.b.t.:

- NORM-afval;
- de toekomst van de verbruikte splijtstof;
- geavanceerde nucleaire technologieën;
- toekomstige plannen en programma's die kunnen interfereren met de geologische berging, bijvoorbeeld geothermische projecten, of projecten voor de geologische CO₂-sequestratie.

Evaluatie van de milieueffecten

Er wordt geen rekening gehouden met het feit dat uitgegraven rotsen (bijvoorbeeld zwarte leisteen uit steenkoolbekkens met een aanzienlijke natuurlijke stralingsactiviteit) een mogelijk stralingsrisico kunnen vormen.

Multinationale geologische berging

In de besprekingen over multinationale geologische berging wordt niet ingegaan op de kwestie van het Luxemburgs afval.

Monitoring na afsluiting

Bij het overwegen van de monitoring na afsluiting is het belangrijk om de periodes voor en na het opheffen van de reglementaire controle te scheiden. [8]

Flexibiliteit

De behoefte aan een zekere mate van flexibiliteit is niet alleen het gevolg van mogelijke wijzigingen in de inventaris, zoals gesuggereerd in §11.1.2 (blz. 96). Flexibiliteit impliceert een besluitvormingsproces en verwijst naar de mogelijkheid om op beslissingen terug te komen die tijdens de gefaseerde uitvoering van een bergingssysteem werden genomen. De redenen om terug te komen op eerder genomen beslissingen kunnen van diverse aard zijn: politieke, maatschappelijke, economische, technische aard, of voor milieu- of veiligheidsredenen.

Bijlage 2: Bemerkingen m.b.t. de niet-technische samenvatting

De opmerkingen in bijlage 1 die ook van toepassing zijn op de niet-technische samenvatting, worden in dit deel niet herhaald.

Hoe geologische berging werkt (§3.2 p8-9 van [5])

De veiligheidsfuncties "Afzondering", "Insluiting", "Vertraging" worden anders behandeld dan in [4]. De veiligheidsfuncties kunnen zowel aan kunstmatige barrières als aan het gastgesteente worden toegewezen. Specificeren dat *"radioactieve stoffen zich zo langzaam verspreiden in natuurlijke barrières dat hun activiteit binnen het bergingssysteem bijna volledig uitdooft door het radioactief verval"* is niet correct voor alle radionucliden, in het bijzonder voor de langlevende mobiele radionucliden.

Referenties

- [1] Wet van 15 april 1994 betreffende de bescherming van de bevolking en van het leefmilieu tegen de uit ioniserende stralingen voortspruitende gevaren en betreffende het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle
- [2] Wet van 13 februari 2006 betreffende de beoordeling van de gevolgen voor het milieu van bepaalde plannen en programma's en de inspraak van het publiek bij de uitwerking van de plannen en programma's in verband met het milieu.
- [3] Project van Plan - Voorontwerp van koninklijk besluit tot vaststelling van het goedkeuringsproces voor de nationale beleidsmaatregelen met betrekking tot het langetermijnbeheer van geconditioneerd hoogradioactief en/of langlevend afval en tot bepaling van de beheeroplossing op lange termijn voor dit afval – overgemaakt aan de Voogdijminister van NIRAS per brief van 25 juni 2018
- [4] NIRAS, Milieueffectenrapport (*Strategic Environmental Assessment – SEA*) voor het voorontwerp van koninklijk besluit tot vaststelling van het goedkeuringsproces voor de nationale beleidsmaatregelen met betrekking tot het langetermijnbeheer van geconditioneerd hoogradioactief en/of langlevend afval en tot bepaling van de beheeroplossing op lange termijn voor dit afval - NIROND-TR 2020-07 N
- [5] NIRAS – Strategisch Milieueffectenrapport (SEA) over een eindbestemming voor het hoogactieve en/of langlevende afval in België - NIROND-TR 2020-08
- [6] Wet van 8 augustus 1980 betreffende de budgettaire voorstellen 1979-1980.
- [7] Wet van 31 januari 2003 houdende de geleidelijke uitstap uit kernenergie voor industriële elektriciteitsproductie
- [8] FANC – Reglementaire aspecten en standpunten van het FANC m.b.t. de geologische berging en het langetermijnbeheer van B&C-afval in het kader van de uitwerking van het nationaal beleid en het nationaal programma. Schrijven overgemaakt aan de FOD Economie op 16 maart 2015 – Ref. 2015-03-06-FB-5-1-3-FR
- [9] Koninklijk besluit van 20 juli 2001 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende stralingen
- [10] Koninklijk besluit van 17 oktober 2011 betreffende de fysieke beveiliging van het kernmateriaal en de nucleaire installaties
- [11] Koninklijk besluit van 30 november 2011 houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties
- [12] Kamer van Volksvertegenwoordigers, Resolutie 541/9-91/92 betreffende het gebruik van plutonium- en uraniumhoudende brandstoffen in Belgische kerncentrales en de opportuniteit van de opwerking van nucleaire brandstofstaven, 1993. <http://www.dekamer.be/digidoc/DPS/K2335/K23350812/K23350812.pdf>.
- [13] Belgoprocess verslag "Gebouw 127X bestemd voor de opslag van geconditioneerd middelactief vast afval, Gebouw 127X op de site 1 van BELGOPROCESS: Algemene beschrijving en veiligheidsaspecten" met als ref. VEM/2013-03862, Revisie 3, 2019.
- [14] Belgoprocess verslag "Opslaggebouw voor geconditioneerd afval afkomstig van de opwerking van bestraalde brandstof (gebouw 136 op de site 1 van Belgoprocess)", met als ref. VEM/2009-00811, revisie 1, 2017.

- [15] Van Loon, L. R., Müller, W., & Iijima, K. (2005). Activation energies of the self-diffusion of HTO, $^{22}\text{Na}^+$ and $^{36}\text{Cl}^-$ in a highly compacted argillaceous rock (Opalinus Clay). *Applied Geochemistry*, 20(5), 961-972.
- [16] Herbosch, A. & Debacker, T.N. (2018). A new geological map of the outcrop areas of the Brabant Massif (Belgium). *Geologica Belgica*, Volume 21 (2018), number 1-2, 41-58. URL: <https://popups.uliege.be:443/1374-8505/index.php?id=5910.>)
- [17] Verniers, J. et al (2002). The Cambrian to mid Devonian basin development and deformation history of eastern Avalonia, east of the Midlands Microcraton: new data and a review. In: Winchester, J.A., Pharaoh T.C. & Verniers, J. (Eds.), *Palaeozoic Amalgamation of Central Europe*. Geological Society, London, Special Publication, 201, 47-93.
- [18] IAEA, International Atomic Energy Agency, *Classification of Radioactive Waste*, General Safety Guide No. GSG-1, Vienna, November 2009
- [19] Confédération Suisse (2011). Plan sectoriel « Dépôts en couches géologiques profondes » - Conception générale. Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC - Office fédéral de l'énergie OFEN Division Droit et sécurité, 2 avril 2008 (révisé van 30 november 2011).
- [20] Yuan, J., Vardon, P. J., Hicks, M. A., Hart, J., & Fokker, P. A. (2017). Technical feasibility of a Dutch radioactive waste repository in Boom Clay: Tunnel.