

# ***STRATEGIC ENVIRONMENTAL ASSESSMENT (SEA) OVER HET AFVALPLAN VAN NIRAS***

## ***NIET-TECHNISCHE SAMENVATTING***

Opdrachtgever: NIRAS

Documentnummer: 5249-507-079

Versie: 03

Datum: 2/06/2010

## DOCUMENTINFORMATIE

<b>Titel</b>	Strategic Environmental Assessment (SEA) over het Afvalplan van NIRAS
<b>Subtitel</b>	Niet-technische samenvatting
<b>Titel kort</b>	SEA Afvalplan NIRAS – niet-technische samenvatting
<b>Opdrachtgever</b>	NIRAS
<b>Documentnummer</b>	5249-507-079

## DOCUMENTGESCHIEDENIS (BOVENSTE RIJ IS HUIDIGE VERSIE)

<b>Versie</b>	<b>Datum</b>	<b>Opmerkingen</b>
03	2/06/2010	Definitieve versie
02	10/05/2010	Verwerking opmerkingen NIRAS
01	23/04/2010	

## DOCUMENTVERANTWOORDELIJKHEID

<b>Auteur(s)</b>	Elisabeth Kuijken	<b>Datum</b> 2/06/2010
<b>Document screener(s)</b>	Koen Couderé	<b>Datum</b> 2/06/2010

## BESTANDSINFORMATIE

<b>Bestandsnaam</b>	P:\PROJECTEN\80-5249 SEA AFVALPLAN NIRAS\5-OUTPUT\50-WERKDOCUMENTEN\507 - NIET-TECHNISCHE SAMENVATTING\5249-507-079-03 SEA AFVALPLAN - NIET-TECHNISCHE SAMENVATTING.DOCX
<b>Aanmaakdatum</b>	20/04/2010
<b>Laatste bewaring</b>	01/06/2010
<b>Afdrukdatum</b>	01/06/2010

## INHOUD

<b>0</b>	<b>Voorwoord</b> .....	<b>v</b>
<b>1.</b>	<b>De SEA en het Afvalplan</b> .....	<b>1</b>
1.1	Wie is NIRAS? .....	1
1.2	Over welk radioactief afval gaat het? .....	1
1.3	Wat is het Afvalplan?.....	2
1.4	Waarom een SEA voor het Afvalplan?.....	2
1.5	Welke zijn de inspraakmogelijkheden? .....	3
<b>2.</b>	<b>Methodologie</b> .....	<b>4</b>
2.1	Het afwegingskader.....	4
2.2	Het proces: getrapte aanpak .....	5
2.3	De werkwijze.....	6
2.3.1	Radiologische impacts.....	6
2.3.2	Geen ruimtelijke afbakening.....	6
2.3.3	Robuustheid .....	7
2.3.4	Een kwalitatieve beoordeling ondersteund door een brede internationale kennisbasis .....	8
<b>3.</b>	<b>Beheeropties</b> .....	<b>9</b>
3.1	Beheeropties die definitief kunnen worden.....	9
3.1.1	Actief beheer .....	9
3.1.2	Passief beheer .....	9
3.1.2.1	Geologische berging.....	9
3.1.2.2	Berging in diepe boorgaten.....	11
3.2	Niet-definitieve beheeropties .....	13
3.2.1	Langdurige opslag in afwachting van een beslissing voor een beheeroptie die definitief kan worden .....	13
3.2.2	Opslag in afwachting van de industriële toepassing van geavanceerde nucleaire technologieën.....	13
3.3	Status quo-optie .....	14
<b>4.</b>	<b>Effectbeschrijving en –beoordeling</b> .....	<b>16</b>
4.1	Impact op de natuur .....	16
4.1.1	Fysische effecten.....	16
4.1.2	Radiologische effecten .....	17
4.1.3	Effecten van toxische chemische componenten .....	17
4.2	Impact op landschap, bouwkundig erfgoed en archeologie .....	18
4.3	Impact op grondstoffen.....	18

4.3.1	Bodem.....	18
4.3.2	Water .....	19
4.4	Impact op de menselijke gezondheid.....	20
4.4.1	Lucht .....	20
4.4.2	Geluid.....	21
4.4.3	Radiologische effecten .....	21
4.4.4	Integratie van de effecten op de menselijke gezondheid .....	22
4.5	Sociale aspecten.....	23
4.6	Financieel-economische aspecten.....	24
4.7	Ethische aspecten.....	24
4.8	Beveiliging en safeguards.....	26
<b>5.</b>	<b>Robuustheid van de beheeropties .....</b>	<b>28</b>
5.1	Robuustheid t.o.v. natuurlijke evoluties.....	28
5.2	Robuustheid t.o.v. veranderingen in de intrinsieke fysische en technische stabiliteit.....	29
5.3	Robuustheid t.o.v. externe niet-natuurlijke gebeurtenissen.....	30
5.4	Maatschappelijke robuustheid .....	31
<b>6.</b>	<b>Besluit.....</b>	<b>33</b>

## **LIJST VAN FIGUREN**

Figuur 1:	Schematische indeling van het geconditioneerde radioactief afval .....	1
Figuur 2:	De vier dimensies van het langetermijnbeheer van radioactief afval.....	2
Figuur 3:	Doelstelling, aspecten en deelaspecten voor de korte termijn .....	4
Figuur 4:	Doelstelling, aspecten en deelaspecten voor de korte termijn .....	5
Figuur 5:	Getrapte aanpak voor de beoordeling van de milieueffecten van een optie voor het beheer op lange termijn van het afval van categorieën B en C.....	6
Figuur 6:	De referentie-bergingsarchitectuur voor geologische berging.....	10
Figuur 7:	Concept voor berging in diepe boorgaten .....	12
Figuur 8:	Gebouw B136 voor de opslag van afval van categorieën B en C .....	15



## 0 VOORWOORD

Voor u ligt de niet-technische samenvatting van de Strategic Environmental Assessment (SEA) over het Afvalplan van NIRAS, dat een voorstel doet over het beheer op lange termijn van hoogradioactief en/of langlevend afval in België.

Volgens de Wet van 13 februari 2006 moet het Afvalplan het voorwerp uitmaken van een milieueffectenrapportage. De SEA beschrijft en beoordeelt de effecten van het Afvalplan op het milieu in brede zin en is aldus een antwoord op deze verplichting.

### Leeswijzer

**Hoofdstuk 1** beschrijft de doelstellingen van het Afvalplan en geeft aan op welk radioactief afval het van toepassing is. Er wordt verduidelijkt waarom de SEA opgesteld wordt en welke inspraakmogelijkheden er zijn.

Het langetermijnbeheer van radioactief afval is een atypisch onderwerp in de milieueffectenrapportage. **Hoofdstuk 2** beschrijft de methodologische bijzonderheden die hieruit voortvloeien.

In **hoofdstuk 3** worden de verschillende mogelijke beheeropties voor hoogradioactief en/of langlevend afval beschreven.

In **hoofdstuk 4** worden de effecten van de verschillende beheeropties beschreven en beoordeeld. Het betreft de effecten op het milieu cf. de Wet van 13 februari 2006, maar ook de sociale, economische en ethische aspecten en het aspect beveiliging en safeguards (non-proliferatie van nucleair materiaal) komen aan bod.

**Hoofdstuk 5** bevat een beoordeling van de robuustheid van de beheeropties, d.w.z. van de mate waarin ze bestand zijn tegen allerlei veranderingen op korte en lange termijn.

Tenslotte worden in **hoofdstuk 6** conclusies getrokken uit de SEA.

Voor meer informatie verwijzen we naar **de SEA**.

De SEA steunt op een uitgebreide nationale en internationale kennisbasis. Een lijst van de geraadpleegde literatuur vindt men in **de SEA**.

### Noot

De oorspronkelijke versies van de SEA en van de niet-technische samenvatting werden in het Nederlands geschreven. Deze documenten zijn beschikbaar in het Nederlands, het Frans en het Duits.





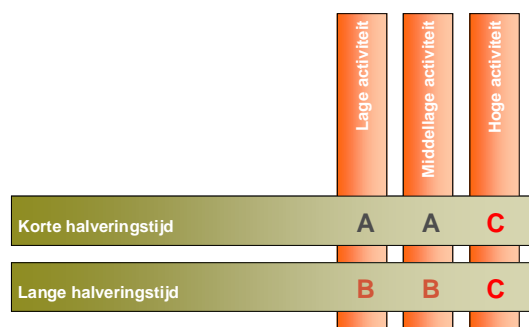
## 1. DE SEA EN HET AFVALPLAN

### 1.1 Wie is NIRAS?

NIRAS is de Nationale Instelling voor Radioactief Afval en verrijkte Spleitstoffen. Deze openbare organisatie is onder meer bevoegd voor het langetermijnbeheer van radioactief afval. NIRAS is dan ook de initiatiefnemer van het Afvalplan.

### 1.2 Over welk radioactief afval gaat het?

Radioactief afval is afkomstig uit diverse sectoren, o.a. de kerncentrales, de bedrijven voor productie van kernbrandstof, installaties voor verwerking en conditionering van radioactief afval, onderzoeksinstellingen en ziekenhuizen. Het geconditioneerde radioactief afval is het afval dat verkleind is in volume (indien mogelijk) en geïmmobiliseerd is in bv. cement, glas of bitumen. In dit geconditioneerde afval wordt een onderscheid gemaakt tussen de categorieën A, B en C (zie onderstaande figuur). De indeling gebeurt volgens activiteit en halveringstijd. De activiteit is verbonden met het risico op gezondheidsschade door radioactieve straling. De halveringstijd van een radionuclide is de tijd waarin de helft van de aanwezige radioactieve kernen gedesintegreerd zijn, en zegt iets over de lengte van de periode tijdens dewelke het afval nog een gevaar voor mens en milieu kan betekenen. Afval van categorie C geeft bovendien warmte af.



**Figuur 1: Schematische indeling van het geconditioneerde radioactief afval**

Het volume hoogradioactief en/of langlevend afval hangt af van een aantal factoren (zie hoofdstuk 2 van de SEA).

- Wordt de opwerking van bestraalde spleitstof hervat of niet? Momenteel geldt er in België een moratorium op de opwerking van bestraalde spleitstof. In het geval van hervatting van opwerking wordt het totale volume geschat op 11.100 m<sup>3</sup> afval van categorie B en 600 m<sup>3</sup> afval van categorie C. Zonder opwerking is dit 10.430 m<sup>3</sup> afval van categorie B en 4.500 m<sup>3</sup> afval van categorie C.
- Ook de eventuele verlenging van de levensduur van de drie oudste kernreactoren (Doel 1 en 2 en Tihange 1) heeft een invloed op het volume afval van categorieën B en C.
- Het volume afval van categorie B kan veranderen door de eventuele overname door NIRAS van het UMTRAP-afval van Umicore.
- De acceptatiecriteria voor de oppervlakteberging van afval van categorie A te Dessel kunnen ertoe leiden dat een bepaalde hoeveelheid afval verschuift van categorie A naar categorie B (of omgekeerd).

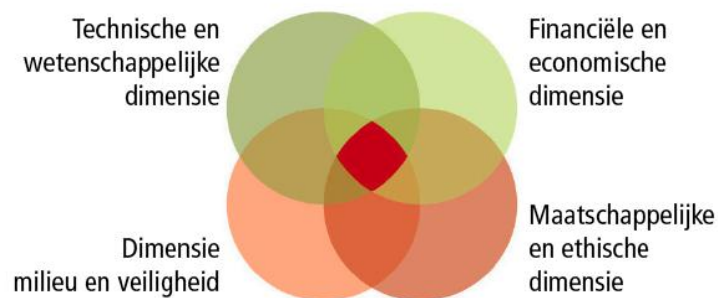
### 1.3 Wat is het Afvalplan?

In België bevindt het langetermijnbeheer van hoogradioactief en/of langlevend afval (d.w.z. afval van de categorieën B en C) zich op dit moment nog in het stadium van vergevorderd onderzoek en ontwikkeling; de regering heeft nog geen beslissing genomen over hoe het langetermijnbeheer moet gebeuren. In afwachting daarvan wordt het afval in kwestie voorlopig veilig opgeslagen.

Het opstellen van een Afvalplan is één van de opdrachten die NIRAS bij wet toegewezen kreeg. Het Afvalplan van NIRAS brengt nu alle nodige elementen samen zodat de federale regering met kennis van zaken een algemene strategische beslissing, of met andere woorden een principebeslissing, kan nemen over het langetermijnbeheer van hoogradioactief en/of langlevend afval. Hieronder vallen ook de bestraalde splijtstof van de kerncentrales, de overtollige hoeveelheden verrijkte splijtstof en de plutoniumhoudende stoffen indien deze als afval aangegeven worden.

Het Afvalplan is dus gericht op het langetermijnbeheer van het afval van de categorieën B en C. Het slaat enkel op het bestaande afval of het afval waarvan de productie gepland is, vooral in het kader van het huidige nucleaire programma en de eventuele verlenging ervan.

Voor het beheer van radioactief afval hanteert NIRAS internationaal aanvaarde principes, zoals de beginselen m.b.t. duurzame ontwikkeling in de Verklaring van Rio, de principes van het beheer van radioactief afval van het Internationaal Atoomagentschap (International Atomic Energy Agency, IAEA) en de principes van stralingsbescherming van de Internationale Commissie voor Stralingsbescherming (International Commission on Radiological Protection, ICRP). Deze principes brachten NIRAS ertoe de overwogen beheeropties in het Afvalplan en in de SEA te evalueren op basis van vier dimensies.



Figuur 2: De vier dimensies van het langetermijnbeheer van radioactief afval

### 1.4 Waarom een SEA voor het Afvalplan?

De milieueffectenbeoordeling op het niveau van plannen en programma's op federaal niveau wordt bepaald door de Wet van 13 februari 2006. In deze wet wordt gesteld dat een milieueffectenbeoordeling met inspraak van het publiek vereist is voor "het algemeen programma voor het beheer op lange termijn van het radioactief afval, voorzien in artikel 2, § 3, van het Koninklijk Besluit van 30 maart 1981 houdende bepaling van de opdrachten en de werkingsmodaliteiten van de openbare instelling voor het beheer van radioactief afval en splijtstoffen, zoals gewijzigd" (artikel 6 §1, eerste punt).

Het Afvalplan van NIRAS is het algemeen programma voor het beheer op lange termijn van het radioactief afval en valt dus onder de plicht tot milieueffectenbeoordeling op het niveau van plannen en programma's. Deze milieueffectenbeoordeling zal hier aangeduid worden met de term "Strategic Environmental Assessment" of SEA.

Het voorliggende document bevat een niet-technische samenvatting van de SEA voor een breed publiek.

## **1.5 Welke zijn de inspraakmogelijkheden?**

Tijdens de voorbereidende fase, voorafgaand aan de wettelijke procedure, organiseerde NIRAS een maatschappelijke consultatie. De bevindingen werden meegenomen bij de opstelling van het Ontwerp van Afvalplan of Ontwerpplan. Parallel werd het Ontwerpregister van de SEA opgesteld; dit is een voorbereidend document waarin de reikwijdte en het detailleringsniveau van de SEA vastgesteld worden. Het Ontwerpregister werd voor advies voorgelegd aan het SEA-Adviescomité. De verkregen adviezen werden verwerkt in de SEA.

Het Ontwerpplan en de SEA worden vanaf 7 juni 2010 het voorwerp van een officiële raadpleging zoals voorzien in de Wet van 13 februari 2006. Daarbij zal NIRAS het advies vragen van de bevolking in het algemeen, het SEA-Adviescomité, de Federale Raad voor Duurzame Ontwikkeling, de gewestregeringen en alle andere instanties die NIRAS relevant acht (in dit geval het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, FANC).

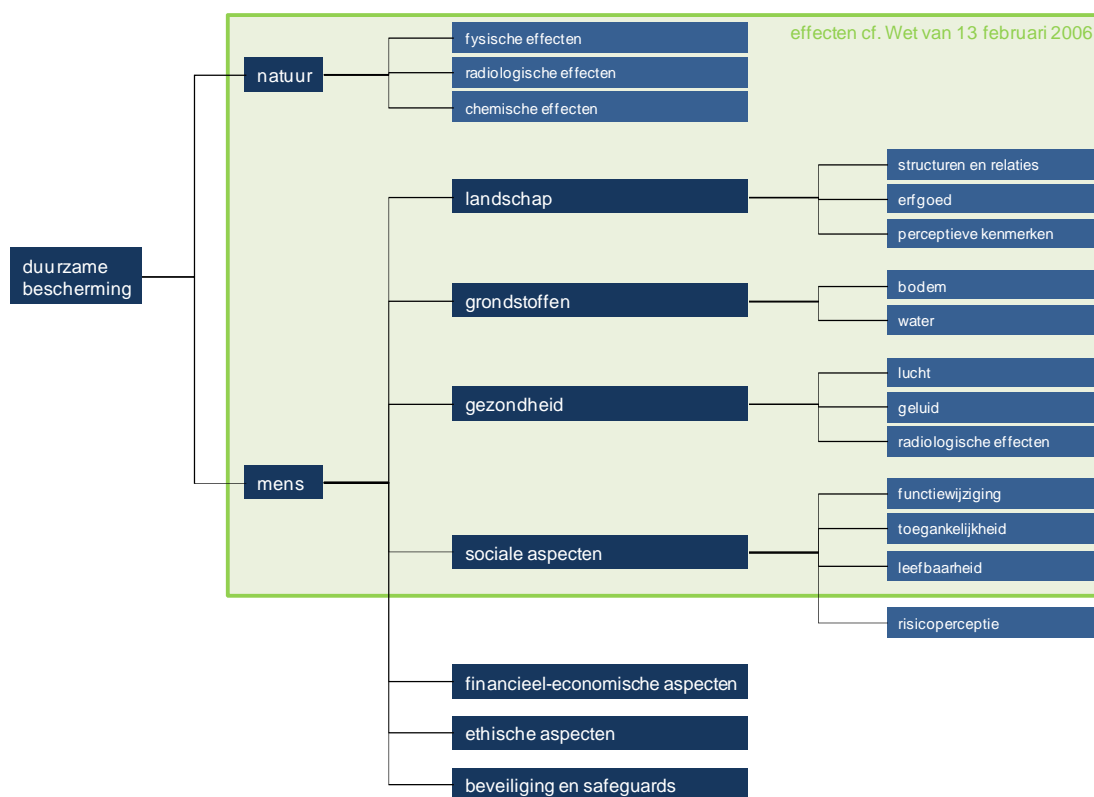
## 2. METHODOLOGIE

Deze SEA verschilt aanzienlijk van “klassieke” milieueffectenbeoordelingen. In dit hoofdstuk worden kort een aantal methodologische bijzonderheden beschreven. Voor meer informatie verwijzen we naar hoofdstuk 5 van de SEA.

### 2.1 Het afwegingskader

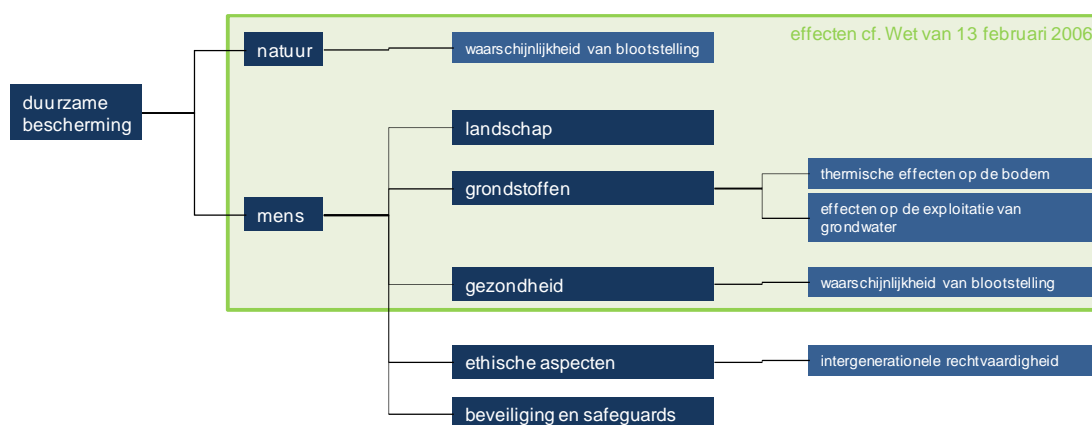
Het Afvalplan en de SEA worden gekenmerkt door een uitzonderlijk lange tijdshorizon. Mens en milieu moeten immers gedurende tienduizenden jaren of langer beschermd worden tegen de radioactiviteit van het afval van de categorieën B en C. Al die tijd moet de gekozen beheeroptie in staat zijn om de veiligheid te waarborgen. Dit stelt bijzondere eisen aan de manier waarop de effectbeoordeling uitgevoerd wordt. In de praktijk wordt in deze SEA een aparte analyse uitgevoerd voor de korte termijn en de lange termijn.

De **korte termijn** is een periode van ongeveer 100 jaar volgend op de principebeslissing. Tijdens deze periode vindt de voorbereiding, bouw, exploitatie en eventuele sluiting en/of ontmanteling van de beheerinstallaties plaats. Omdat deze fase gekenmerkt wordt door activiteiten waarvan de milieu-impact op hoofdlijnen gekend is of te kennen valt, is het zinvol om voor deze fase een beoordeling van de “klassieke” milieueffecten uit te voeren, zoals bepaald in de Wet van 13 februari 2006. Daarnaast worden nog een aantal thema's besproken die in het kader van de vier dimensies uit Figuur 2 relevant zijn. Door dit brede referentiekader laat de centrale doelstelling zich omschrijven als “duurzame bescherming” (zie Figuur 3).



Figuur 3: Doelstelling, aspecten en deelaspecten voor de korte termijn

Met de **lange termijn** bedoelen we de periode die begint na de korte termijn (d.w.z. na 100 jaar) en die tienduizenden tot zelfs honderduizenden jaren duurt. Hoewel we voor deze periode in onze regio nog wel kunnen uitgaan van geologische stabiliteit, zijn uitspraken met betrekking tot de te verwachten maatschappelijke evoluties zinloos. Een beoordeling van de effecten volgens de structuur van de Wet van 13 februari 2006 is voor de lange termijn dan ook niet zinvol. Voor de lange termijn wordt er bijgevolg niet zozeer gekeken naar de effecten zelf, maar naar de waarschijnlijkheid dat zich een onaanvaardbaar effect voordoet. Er worden een aantal “klassieke” milieuthema’s onderzocht, maar het afwegingskader is ook hier ruimer dan wat voorgeschreven is volgens de Wet van 13 februari 2006 (zie Figuur 4).



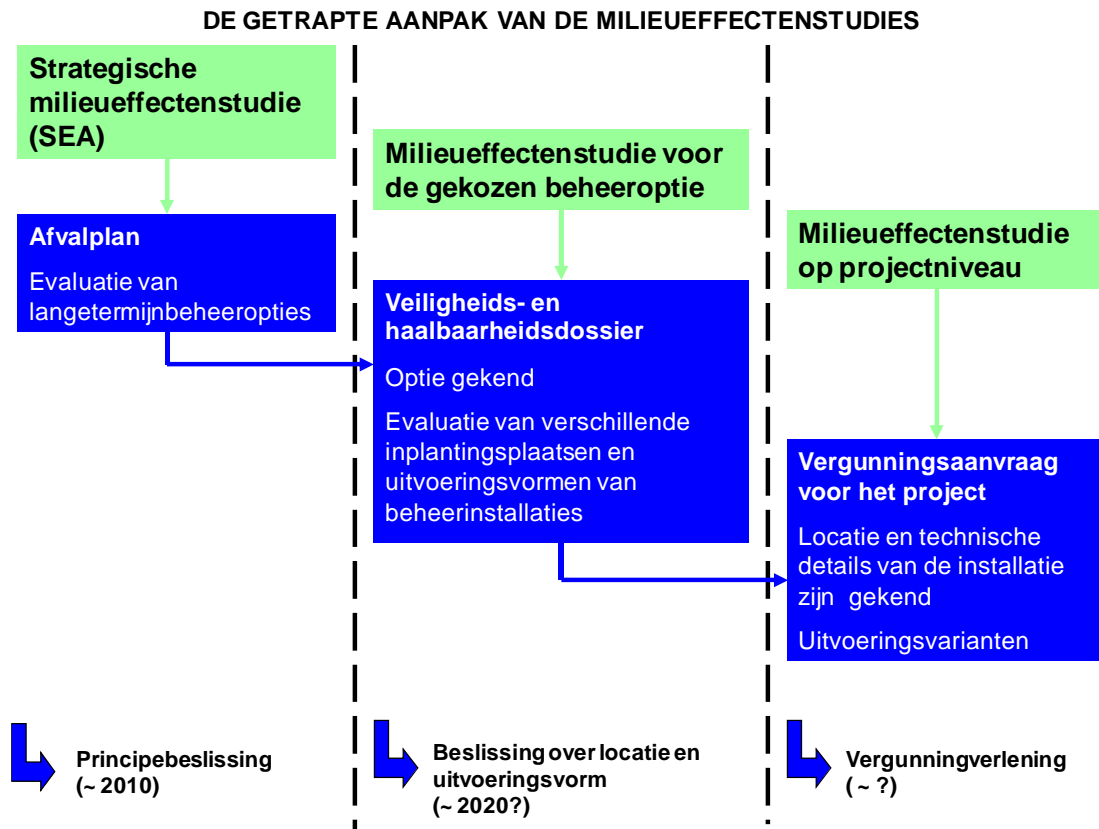
**Figuur 4: Doelstelling, aspecten en deelaspecten voor de korte termijn**

Ook de te beoordelen beheeropties zullen verschillend zijn voor de korte en de lange termijn. Voor de korte termijn is het mogelijk om een aantal duidelijk omschreven beheeropties te bestuderen. Voor de lange termijn heeft het geen zin om zich vast te klampen aan de beheeropties zoals we ze op dit moment kunnen definiëren en herleidt de keuze zich tot de principiële keuze tussen actief beheer (waarbij de bescherming van mens en milieu voortdurend steunt op menselijke handelingen) of passief beheer (waarbij geen menselijke handelingen meer nodig zijn om de bescherming van mens en milieu te garanderen).

## 2.2 Het proces: getrapte aanpak

Het Afvalplan en de SEA ondersteunen een principebeslissing, die pas later gevolgd zal worden door meer concrete beslissingen over bv. de locatie en de uitvoeringsvariant. Daarom wordt de milieueffectenbeoordeling in zijn geheel beschouwd als een proces in verschillende stappen, waarvan deze SEA de eerste vormt.

Het basisprincipe van deze getrapte aanpak is eenvoudig: de milieueffectenbeoordeling gebeurt in verschillende achtereenvolgende fasen, waarbij in elke fase de beoordeling qua detailniveau niet verder gaat dan wat mogelijk en verdedigbaar is gezien de mate van detail waarin het plan zelf uitgewerkt is en de beslissing die het plan moet ondersteunen. Dit betekent dus dat sommige onderdelen of niveaus van de beoordeling doorgeschoven worden naar latere (meer projectgerichte, minder strategische) stappen. Dit betekent geenszins dat de beoordeling niet volledig of niet nauwkeurig zou zijn: wanneer alle fasen afgewerkt zijn, zijn het plan en zijn materialisatie immers in detail beoordeeld (zie Figuur 5).



Figuur 5: Getrapte aanpak voor de beoordeling van de milieueffecten van een optie voor het beheer op lange termijn van het afval van categorieën B en C

## 2.3 De werkwijze

### 2.3.1 Radiologische impacts

Doordat de SEA betrekking heeft op een plan voor het langetermijnbeheer van hoogradioactief en/of langlevend afval, zijn de radiologische effecten zeer relevant. Deze worden zowel voor de korte termijn als voor de lange termijn bestudeerd.

Het is uitdrukkelijk niet de bedoeling dat in dit stadium radiologische dosisberekeningen zullen gebeuren voor mens of natuur. De strategische aard van de studie, de generieke beschrijving van de beheeropties en de onzekerheid over de locatie of locaties waar de beheeroptie geïmplementeerd zou worden, impliceren dat dosisberekeningen in dit kader haalbaar noch wenselijk zijn. Dit betekent echter niet dat er voorbijgegaan zal worden aan bestaande kennis. Er bestaat inderdaad een zeer uitgebreide nationale en internationale kennisbasis met betrekking tot de radiologische effecten van het beheer op lange termijn van radioactief afval, die uiteraard gebruikt wordt om de (vaak kwalitatieve) effectbeoordeling te onderbouwen en te stofferen.

### 2.3.2 Geen ruimtelijke afbakening

Het feit dat deze SEA betrekking heeft op een principebeslissing brengt met zich mee dat er geen scherpe ruimtelijke afbakening van het plangebied of effectgebied gegeven kan worden. Een beslissing over de locatie waar de beheeroptie geïmplementeerd zou worden is op dit moment immers nog niet aan de orde. Dit heeft voornamelijk gevolgen voor de

beoordeling voor de korte termijn; voor de lange termijn houden we immers enkel rekening met de waarschijnlijkheid dat er zich bepaalde onaanvaardbare effecten zouden voordoen, zonder dit te verbinden aan een bepaalde locatie.

De onzekerheid over de ontvangende omgeving kan opgevangen worden door te werken met **typeomgevingen**. Deze dienen uiteraard reeds zo goed mogelijk aangepast te zijn aan de ruimtelijke vereisten verbonden aan een bepaalde beheeroptie. Deze kunnen dan verder aangevuld worden met aannames die de omgeving in een dergelijke mate van detail typeren dat een voldoende basis gelegd wordt voor de beschrijving en beoordeling van de effecten. Er dient evenwel over gewaakt te worden dat de typeomgeving voldoende generiek blijft, zodat gevolgtrekkingen een brede relevantie behouden. In deze SEA definiëren we vier typeomgevingen: stedelijk gebied, landbouwgebied, natuurgebied en industriegebied. Deze worden beschreven aan de hand van een aantal kenmerkende eigenschappen (zie hoofdstuk 5 van de SEA).

Een aanvullende oplossing om met de onzekerheid over de omgeving om te gaan is het gebruik van **niet-locatiegebonden criteria**. Zo kan men voor de effecten op de lucht de emissies van de installatie beschouwen (d.w.z. uitgestoten hoeveelheid van vervuulende stoffen) in plaats van de immissie (d.w.z. de resulterende concentratie in het ontvangende milieu). Vooral voor de lange termijn zijn niet-locatiegebonden criteria aangewezen omdat de onzekerheid over (de evolutie van) de omgeving zeer groot is.

Grensoverschrijdende effecten worden in deze fase nog niet besproken aangezien de locatie waar de gekozen beheeroptie geïmplementeerd zal worden nog niet gekend is.

### 2.3.3 Robuustheid

De onmogelijk precies te voorziene evoluties op lange termijn brengen een hoge mate van **onzekerheid** met zich mee. De mate waarin de verschillende beheeropties blootgesteld worden aan de onzekerheid verbonden met veranderingen is telkens dezelfde. Wat echter verschilt, is de mate waarin die onzekere veranderingen gevolgen hebben voor de goede werking van de beheeroptie zelf en voor de te verwachten impacts (niet in het minst de radiologische). De mate waarin een beheeroptie minder of meer beïnvloed wordt door (de onzekerheid van) veranderingen duiden we hier aan met de term **robustheid**. De robustheid is dus een intrinsieke eigenschap van de beheeroptie.

De hierboven genoemde veranderingen kunnen van uiteenlopende aard zijn:

- Natuurlijke evoluties: bv. klimaatverandering als gevolg van het broeikaseffect, aardbeving, overstroming
- Veranderingen in de intrinsieke fysische en technische stabiliteit van de beheeroptie: bv. slechte afdichting van de installatie, gasvorming
- Externe niet-natuurlijke gebeurtenissen: bv. exploratieboring door een ondergrondse bergingsinstallatie, neerstorten van een vliegtuig op een bovengrondse installatie
- Maatschappelijke evoluties: bv. overbevolking, oorlog

In veiligheidsevaluaties worden steeds een aantal mogelijke evolutiescenario's bekeken die een invloed kunnen hebben op het beheer. Maatschappelijke evoluties worden er echter niet systematisch in besproken. Daarom werken we voor de SEA over het Afvalplan zelf het begrip "maatschappelijke robustheid" uit. Maatschappelijke robustheid definiëren we als de mate waarin de beheeropties bestand zijn tegen mogelijke toekomstige maatschappelijke ontwikkelingen en onzekerheden. Beheeropties die ongevoelig zijn voor – of zich kunnen

aanpassen aan – maatschappelijke veranderingen zullen betere garanties bieden voor de bescherming van mens en milieu.

Maatschappelijke robuustheid wordt beschreven aan de hand van drie aspecten:

- Flexibiliteit is de mate waarin men kan terugkomen op beslissingen die men in het verleden genomen heeft. Het gaat niet alleen om de technische mogelijkheid om het afval uit een beheerinstallatie terug te halen als dat nodig of wenselijk is. Flexibiliteit heeft betrekking op alle stadia van het besluitvormingsproces en de implementatie van de beheeroptie.
- Autonomie is de mate waarin de beheeroptie zelfstandig kan blijven functioneren wanneer het actief beheer door de mens wegvalt.
- Veiligheid wordt in deze context gedefinieerd als de mate waarin de beheeroptie de veiligheid voor mens en milieu kan garanderen bij ongunstige maatschappelijke ontwikkelingen. Dit kunnen onbedoelde dreigingen zijn, maar ook kwaadwillige handelingen.

Aan de hand van een aantal mogelijke ontwikkelingen in verschillende maatschappelijke domeinen (o.a. wetenschap, instellingen, economie, demografie) worden enkele toekomstbeelden voor de korte termijn (rond het jaar 2100) en voor de lange termijn (rond het jaar 3000) opgesteld. Vervolgens wordt de maatschappelijke robuustheid van de beheeropties onderzocht door ze te confronteren met de toekomstbeelden en na te gaan of de bescherming van mens en milieu gegarandeerd blijft. Meer details vindt men in Bijlage C van de SEA.

#### **2.3.4 Een kwalitatieve beoordeling ondersteund door een brede internationale kennisbasis**

Aangezien deze SEA zich op een strategisch niveau bevindt en vertrekt van beheeropties waarvan de details nog in latere fasen uitgewerkt moeten worden, wordt de grootte van de impacts niet berekend of ingeschat aan de hand van modellen. Elke poging daartoe zou een vals gevoel van nauwkeurigheid geven, een nauwkeurigheid die op dit moment niet voor alle beheeropties in dezelfde mate kan gehaald worden, en die in wezen ook niet nodig is om een principebeslissing te kunnen nemen.

De beschrijving en de beoordeling van de effecten is dan ook gebaseerd op een expertenoordeel. Het expertenoordeel steunt op en wordt onderbouwd door de zeer uitgebreide kennisbasis over de beheeropties die gedurende de voorbije decennia op internationaal niveau opgebouwd is. Door een jarenlange intense samenwerking op internationaal niveau (in de schoot van onder andere het IAEA, de Europese Unie en de OESO) en door multilaterale contacten met beheerinstanties voor radioactief afval in tal van andere landen heeft NIRAS (en via NIRAS ook de deskundigen die de SEA uitvoeren) toegang tot deze kennisbasis.

Aan de hand van deze studies en van analogieën met vergelijkbare eerder of elders gerealiseerde plannen of met reeds bestaande gelijkaardige installaties is het mogelijk om een wetenschappelijk gefundeerd expertenoordeel uit te spreken, zonder in deze fase reeds specifieke modellen te moeten gebruiken.



### **3. BEHEEROPTIES**

De bestudeerde beheeropties voor afval van de categorieën B en C worden in dit hoofdstuk kort beschreven. Voor meer details verwijzen we naar hoofdstuk 7 van de SEA.

Een aantal beheeropties komen voor ons land niet in aanmerking omdat ze in strijd zijn met de Belgische wetgeving of met internationale overeenkomsten die door België geratificeerd zijn. Het gaat o.a. om zeeberging, berging in een ijskap of berging in de ruimte.

De beheeropties die wel in aanmerking komen, omvatten enerzijds de beheeropties die definitief kunnen worden en anderzijds de niet-definitieve beheeropties. Bij de beheeropties die definitief kunnen worden, maakt men een onderscheid tussen actief beheer (waarbij de bescherming van mens en milieu voortdurend steunt op menselijke handelingen) en passief beheer (waarbij geen menselijke handelingen meer nodig zijn om de bescherming van mens en milieu te garanderen). De niet-definitieve beheeropties houden in dat men de beslissing over een definitieve beheeroptie doorschuift naar de toekomstige generaties. De status quo-optie komt neer op het voortzetten van de huidige opslag in de bestaande installaties.

#### **3.1 Beheeropties die definitief kunnen worden**

##### **3.1.1 Actief beheer**

NIRAS beschouwt slechts één mogelijke actieve beheeroptie die definitief kan worden: de zogenaamde eeuwigdurende opslag. Bij deze optie wordt het afval “voor eeuwig” opgeslagen in speciaal daartoe ontworpen installaties met bijbehorende controlemechanismen (“eternal stewardship”). Eeuwigdurende opslag kan gezien worden als een voortdurende herhaling, over honderdduizenden jaren, van steeds nieuwe etappes van herconditionering en opslag, die elkaar met een interval van 100 à 300 jaar opvolgen.

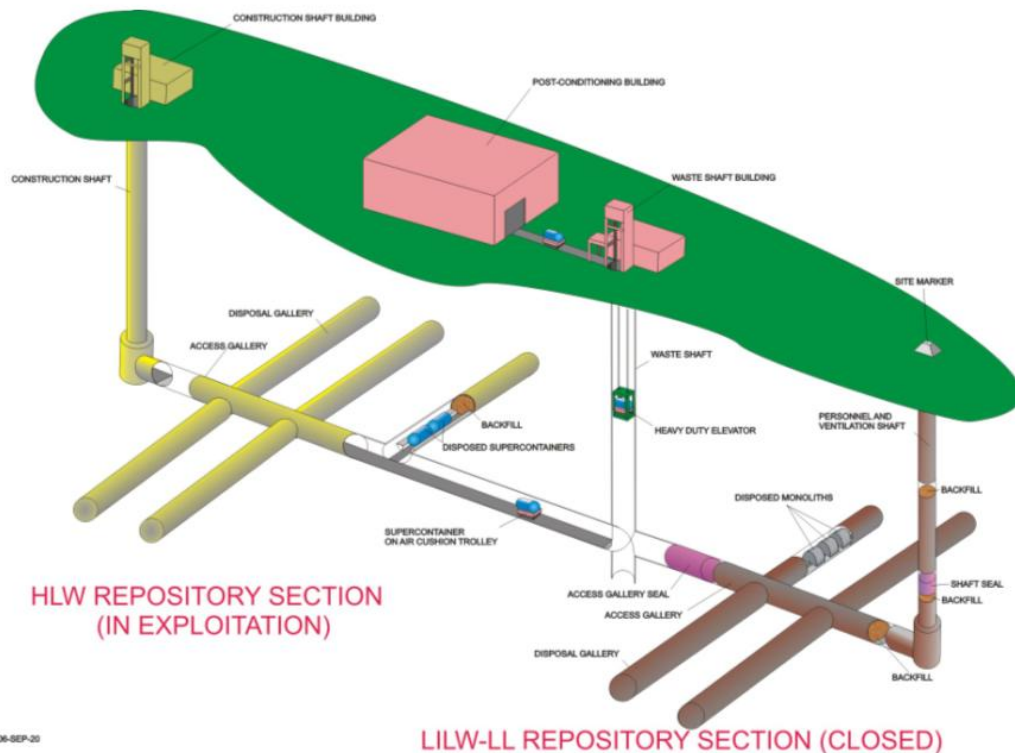
De bescherming van mens en milieu steunt bij eeuwigdurende opslag op de verpakking van het afval en op de opslaginstallatie, die voortdurend onder toezicht moet blijven. De verpakking en de installatie zijn dezelfde als bij langdurige opslag (zie paragraaf 3.2.1); om de 100 à 300 jaar worden ze vervangen. Bij dit proces ontstaat bijkomend radioactief afval, zodat de hoeveelheid afval toeneemt na elke cyclus van langdurige opslag. Ook de effecten van de bouw van de installaties (zie hoofdstuk 4) doen zich in elke cyclus voor.

Eeuwigdurende opslag vereist dat de nodige kennis en knowhow steeds naar de volgende generaties doorgegeven worden. Verder zullen voor de periodieke vervanging van de verpakking en de gebouwen telkens financieringsmechanismen beschikbaar moeten zijn.

##### **3.1.2 Passief beheer**

###### **3.1.2.1 Geologische berging**

Bij geologische berging wordt het radioactief afval in de verpakking op een diepte van enkele honderden meters in een speciaal ontworpen installatie in een geschikte geologische laag geplaatst en omgeven door opvulmateriaal. Na de exploitatiefase wordt de bergingsinstallatie geleidelijk afgesloten en is actief beheer niet meer nodig om de veiligheid te verzekeren. Toch kan monitoring voorzien worden.



**Figuur 6: De referentie-bergingsarchitectuur voor geologische berging**

De geschikte geologische laag, die gastformatie genoemd wordt, moet o.a. de beweging van radionucliden kunnen beperken, moet goed bestand zijn tegen mogelijke toekomstige fenomenen in de ondergrond en moet de uitvoering van bouwwerken toelaten. Verder moet er ook rekening gehouden worden met de huidige en potentiële menselijke activiteiten op en nabij de site.

De veiligheid van mens en milieu berust op de kunstmatige barrières (de verpakking van het afval, het opvulmateriaal en de afdichting van de galerijen en de schachten) en op de natuurlijke barrière (de geologische gastformatie). Op lange termijn degraderen de kunstmatige barrières en verhindert de gastformatie de beweging van de radionucliden. Terugneembaarheid kan geïmplementeerd worden, maar wordt steeds moeilijker en duurder naarmate de installatie geleidelijk afgesloten wordt.

Er bestaat internationaal een brede consensus over geologische berging als de aanbevolen optie voor het langetermijnbeheer van hoogradioactief en/of langlevend afval. Sommige landen hebben dit zelfs in hun wetgeving vastgelegd (bv. Zwitserland, Japan, Finland, Frankrijk, Zweden). De concrete uitwerking van geologische berging verschilt wel van land tot land.

Internationaal zijn verschillende soorten gesteente bestudeerd als mogelijke gastformaties. Een eerste geologische berging in een evaporietgesteente (zout) voor afval van categorie B is sinds het einde van de jaren '90 operationeel in Carlsbad, New Mexico (Verenigde Staten). Finland is het enige Europese land waar reeds een installatie voor geologische berging gebouwd wordt. Hieraan gingen uitgebreide studies vooraf waarbij verschillende mogelijke sites vergeleken werden. De gekozen site (Olkiluoto) ligt in de buurt van een bestaande nucleaire installatie. In Zweden werden de voorbije jaren eveneens een aantal mogelijke sites voor geologische berging grondig onderzocht en vergeleken. In de loop van de zomer 2009 werd de site van Forsmark geselecteerd, een site die eveneens dicht bij een

nucleaire installatie ligt. Frankrijk heeft in 2006 voor geologische berging in een kleilaag gekozen. Zeer recent heeft Duitsland het programma voor geologische berging in een zoutkoepel in Gorleben hervat. De Konrad-site bevindt zich in een oude ijzermijn en wordt tegen 2013 operationeel gemaakt voor de berging van afval van categorie B.

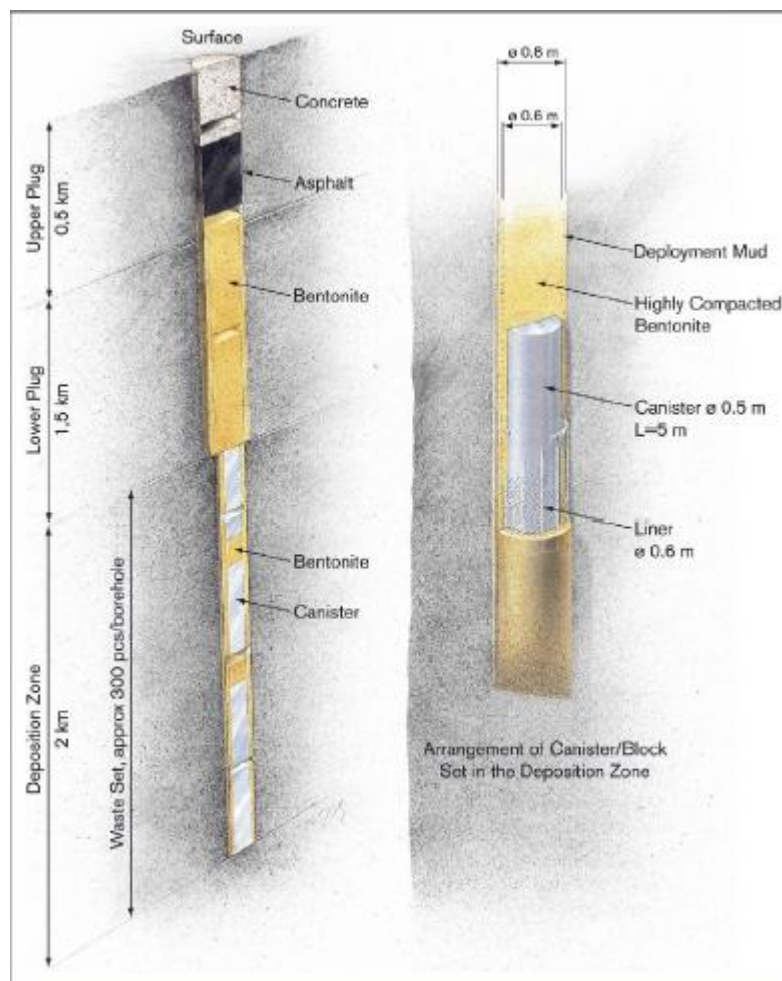
In België is weinig verharde klei onderzocht als mogelijke gastformatie. De **Boomse Klei** bevindt zich in de ondergrond in de provincies Antwerpen en Limburg. Ze is zeer homogeen en plastisch (d.w.z. breuken en barsten dichtten zich vanzelf). Ze laat geen grondwaterbewegingen toe en vele metalen en radionucliden worden vastgehouden. Bovendien is het gesteente op verschillende plaatsen op voldoende diepte aanwezig en dik genoeg. Afgezien van grondwater bevinden zich ook geen uitzonderlijke exploitierbare grondstoffen in de buurt van deze formatie die de veiligheid van het systeem in het gedrang zouden kunnen brengen. Na decennia van onderzoek is men ervan overtuigd dat de Boomse Klei als gastgesteente zou kunnen fungeren voor geologische berging in België.

De **leperiaanklei** bevindt zich voornamelijk in de ondergrond van West- en Oost-Vlaanderen. De eigenschappen van de leperiaanklei zijn deels gelijkaardig met de eigenschappen van de Boomse Klei. In het Belgische onderzoeks- en ontwikkelingsprogramma wordt de leperiaanklei voorlopig beschouwd als alternatief gastgesteente.

De benodigde omvang van de geologische bergingsinstallatie hangt af van het volume en van de warmte-afgifte van het afval. Aan de oppervlakte zou een site van naar schatting ca. 75 hectare nodig zijn.

### 3.1.2.2 Berging in diepe boorgaten

Bij berging in diepe boorgaten worden afvalcontainers van enkele meters lang en 50 tot 100 cm diameter op elkaar gestapeld in een smal boorgat van enkele kilometers diep. Tussen elke twee containers komt opvulmateriaal (bv. klei) en ook het bovenste gedeelte van het boorgat wordt opgevuld. Na de sluiting van het boorgat is geen menselijke tussenkomst meer voorzien en is terugneembaarheid redelijkerwijze niet meer mogelijk.



**Figuur 7: Concept voor berging in diepe boorgaten**

De integriteit van de verpakking van het afval en van het opvulmateriaal kan op grote diepte niet voor een lange periode gegarandeerd worden. Het gastgesteente is na enige tijd de enige barrière tussen het radioactief afval en het milieu en moet dus met de nodige zorg uitgekozen worden.

Over de aanwezigheid van geschikte gastformaties voor berging in diepe boorgaten in België is praktisch niets geweten. De ondergrond op enkele kilometers diepte is tot nu toe weinig onderzocht door middel van boringen. Voor de implementatie van berging in diepe boorgaten zouden dus nog vele jaren onderzoek nodig zijn om potentieel geschikte gastgesteenten te identificeren, zonder garantie op succes.

De technologie voor berging in diepe boorgaten is op dit moment nog niet in gebruik, hoewel de nodige kennis bestaat om ze te ontwikkelen.

Voor de berging van het Belgische hoogradioactief en/of langlevend afval zouden ongeveer 60 boorgaten nodig zijn. Studies in Zweden, het Verenigd Koninkrijk en de Verenigde Staten bevelen aan om een afstand van minstens 500 meter tussen twee boorgaten te laten. Een site met 60 boorgaten zou daardoor een zeer grote oppervlakte innemen (grootte-orde 13 km<sup>2</sup>). Berging in diepe boorgaten kan wel een interessante optie zijn voor landen met kleine hoeveelheden hoogradioactief en/of langlevend afval waar zich een geschikte gastformatie bevindt.

## **3.2 Niet-definitieve beheeropties**

### **3.2.1 Langdurige opslag in afwachting van een beslissing voor een beheeroptie die definitief kan worden**

Deze beheeroptie houdt in dat het radioactief afval opgeslagen wordt in aangepaste installaties voor een periode van 100 tot 300 jaar. De bedoeling is dat de toekomstige generaties ten laatste na afloop van deze periode een beslissing zullen nemen over de manier waarop het beheer voortgezet wordt. Langdurige opslag impliceert de bouw van nieuwe opslaginstallaties en het bijbehorende actief beheer: controles, periodiek onderhoud van de installatie en regelmatige verificatie van de integriteit van de containers en van het afval zelf. Deze niet-definitieve beheeroptie stemt overeen met de eerste fase van eeuwigdurende opslag (zie paragraaf 3.1.1), maar impliceert dat op termijn een definitieve beheeroptie geïmplementeerd wordt, wat tot bijkomende effecten leidt en de lasten van het beheer doorschuift naar toekomstige generaties (zie hoofdstuk 4).

De bescherming van mens en milieu steunt bij langdurige opslag op de verpakking van het afval en op de opslaginstallatie, die voortdurend onder toezicht moet blijven. De verpakking zorgt o.a. voor de insluiting van de radionucliden en zorgt ervoor dat zich bv. bij een ongeval geen radioactieve straling kan verspreiden. Voor afval van categorie B is een betonnen container geschikt; voor afval van categorie C worden containers in metaal voorzien. In beide gevallen zou de levensduur tot 300 jaar kunnen bedragen.

De opslaginstallatie moet het afval beschermen tegen ongunstige invloeden zoals aardbevingen en neerstortende vliegtuigen. Er is aangetoond dat betonnen constructies met wapening een levensduur van minstens 100 jaar kunnen hebben. Bijzondere aandacht moet besteed worden aan het beheersen van de temperatuur en de luchtvochtigheid in de installatie om corrosie van de verpakkingen te vermijden.

De uitrusting van de opslaginstallatie (machines, ventilatie, systemen voor monitoring en controle, ...) moet gedurende de volledige levensduur operationeel blijven. Daartoe zullen ze periodiek onderhouden en vervangen moeten worden. Ook de informatie over het afval en de technische kennis over het beheer moeten bewaard blijven zolang de opslaginstallatie gebruikt wordt. Gezien de lange levensduur van de installatie is dit een technische en maatschappelijke uitdaging. Tenslotte is ook een financieringsmechanisme nodig dat de toekomstige generaties de middelen verschaft om de installatie op een veilige manier te exploiteren.

Voor langdurige opslag zou een site van ca. 40 hectare nodig zijn.

### **3.2.2 Opslag in afwachting van de industriële toepassing van geavanceerde nucleaire technologieën**

Deze beheeroptie houdt in dat men nu nog geen beslissing neemt over het beheer op lange termijn, maar besluit te wachten op de industriële toepassing van nieuwe technologieën. Concreet gaat het om "partitioning en transmutatie", waarbij het grootste deel van de valoriseerbare componenten uit de bestraalde splijtstof afgescheiden wordt en waarbij de radiotoxiciteit van bepaalde radionucliden verminderd kan worden. Voor een meer gedetailleerde beschrijving verwijzen we naar hoofdstuk 7 van de SEA. Deze technologieën zijn op dit moment nog in ontwikkeling. Toepassing op industriële schaal zou pas binnen 30 tot 40 jaar mogelijk zijn. Tot op het moment dat deze technologieën beschikbaar zijn, zou de bestraalde splijtstof opgeslagen worden. De verpakking van het afval en de installaties zijn dezelfde als voor de langdurige opslag in afwachting van een beslissing voor een beheeroptie die definitief kan worden (zie paragraaf 3.2.1).

Een keuze voor geavanceerd beheer vereist dat men kiest voor een (deels) gesloten splijtstofcyclus, waarbij de nuttige fracties van de bestraalde splijtstof gerecycleerd ("opgewerkt") worden. Dit impliceert tevens een engagement op langere termijn (meer dan 100 jaar) voor elektriciteitsproductie door kernenergie en voor opwerking.

Deze beheeroptie vereist bovendien vroeg of laat een nieuwe beslissing over het langetermijnbeheer van het reeds bestaande en voorziene afval, dat niet verder behandeld kan worden met geavanceerde nucleaire technologieën. De implementatie van een definitieve beheeroptie brengt bijkomende effecten met zich mee (zie hoofdstuk 4). Bovendien moet ook voor het hoogradioactief en/of langlevend afval dat door deze nieuwe technologieën onvermijdelijk geproduceerd zal worden het beheer op lange termijn verzekerd worden.

### **3.3 Status quo-optie**

Deze beheeroptie houdt in dat men beslist om geen beslissing te nemen over het langetermijnbeheer; de principebeslissing wordt dus voor onbepaalde tijd uitgesteld. Dit komt neer op het voortzetten van de huidige beheeractiviteiten in de bestaande opslaggebouwen: periodieke controle van de verpakking, herconditionering van het afval wanneer nodig, controle en onderhoud van de installaties. De duur hiervan wordt beperkt door de levensduur van de huidige installaties (ca. 75 jaar) en de snelheid waarmee ze opgevuld raken. Als de levensduur van de bestaande opslaginstallaties verstreken is of als ze volledig gevuld zijn, dan zullen de installaties gerenoveerd moeten worden of zullen er nieuwe opslaginstallaties gebouwd moeten worden. Er bestaat internationaal een brede consensus dat het voortzetten van tijdelijke opslag geen oplossing is voor de lange termijn (zie onder andere de genomen beslissingen in Canada, Zweden, Finland, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk). Op termijn moet dus een definitieve beheeroptie geïmplementeerd worden, wat tot bijkomende effecten leidt (zie hoofdstuk 4).

De Belgische opslaggebouwen bevinden zich op de site van Belgoprocess in Dessel (o.a. gebouwen B127, B129 en B155 voor afval van categorie B en gebouw B136 voor afval van de categorieën B en C) en op de sites van de kerncentrales van Doel en Tihange (voor de opslag van bestraalde splijtstof). De opslaggebouwen op de site van Belgoprocess hebben niet voldoende capaciteit om de totale verwachte hoeveelheid afval van categorie B op te vangen. De capaciteit zou met 3 à 10% uitgebreid moeten worden, naargelang er wel of niet voor opwerking gekozen wordt. In het geval van voortzetting van opwerking zou ook de capaciteit van gebouw B136 fors uitgebreid moeten worden. Als de beslissing om de bestraalde splijtstof niet op te werken gehandhaafd blijft, zou de opslagcapaciteit op de sites van de kerncentrales van Doel en Tihange uitgebreid moeten worden. Voor de uitbreiding van de capaciteit zou een beperkte bijkomende ruimte-inname van in totaal ca. 8 hectare nodig zijn.



**Figuur 8: Gebouw B136 voor de opslag van afval van categorieën B en C**

In de SEA wordt de status quo-optie beschouwd als het “nulalternatief”, d.w.z. de optie die als vergelijkingsbasis dient voor de beoordeling van de effecten van de andere beheeropties. Merk op dat de definitie van een nulalternatief enkel zin heeft voor de korte termijn (ca. 100 jaar). Vroeg of laat (bv. op het moment dat de opslaginstallaties vol zullen zijn) zal men een beslissing moeten nemen over het langetermijnbeheer. Het concept “nulalternatief” is dus niet van toepassing op de lange termijn.

## 4. EFFECTBESCHRIJVING EN –BEOORDELING

In dit hoofdstuk wordt een kort overzicht gegeven van de beschrijving en beoordeling van de effecten. Voor meer details verwijzen we naar hoofdstuk 9 van de SEA.

### 4.1 Impact op de natuur

#### 4.1.1 Fysische effecten

Voor de **korte termijn** worden de volgende fysische effecten op de natuur beschouwd:

- Direct ecotoopverlies
- Verstoringseffecten door o.a. geluid en trillingen, licht, veranderingen in de water- of luchtkwaliteit of in de grondwaterstand
- Impact op ecologische verbindingen (interactie tussen de verschillende componenten van de ecotoop): versnippering en barrièrewerking

Deze effectgroepen zijn slechts te beoordelen als men een goed zicht heeft op de locatie waar de beheerinstallaties zich zullen bevinden. Omdat deze locatie nog niet gekend is, wordt er gewerkt met typeomgevingen (zie paragraaf 2.3.2) en is de effectbeschrijving en –beoordeling kwalitatief. In de beoordeling wordt er rekening gehouden met de omvang en de duur van de impact en de kwetsbaarheid van de (type)omgeving.

Voor het directe verlies van ecotopen is de ruimte-inname bepalend. De ruimte-inname van eeuwigdurende of langdurige opslag en die van geologische berging liggen ruwweg in dezelfde grootte-orde. Voor berging in diepe boorgaten is een veel grotere oppervlakte nodig, maar het lijkt onwaarschijnlijk dat de ecotopen in de volledige zone verloren gaan. De status quo-optie impliceert slechts een beperkte bijkomende ruimte-inname. Voor alle beheeropties is de ernst van de impact het grootst in natuurgebied, minder groot in extensief landbouwgebied en beperkt in industriegebied, stedelijk gebied of intensief landbouwgebied.

Verstoring door geluid en trillingen is vooral te verwachten tijdens de aanleg. Voor langdurige of eeuwigdurende opslag zal de geluidsverstoring naar verwachting groter zijn dan voor geologische berging en berging in diepe boorgaten. Dit is te verklaren door de kortere periode waarover de aanlegwerkzaamheden gespreid zijn. Ook de typeomgeving speelt hier een rol: in natuurgebied of extensief landbouwgebied is de verstoring het grootst, zeker als de werkzaamheden tijdens het broedseizoen gebeuren. In industriegebied, stedelijk gebied of extensief landbouwgebied wordt de verstoring als beperkt tot verwaarloosbaar beschouwd.

De verstoring door wijzigingen in de luchtkwaliteit of in de waterhuishouding is naar verwachting beperkt tot verwaarloosbaar voor alle beheeropties.

De lichthinder is aanzienlijk als de site zich in natuurgebied of extensief landbouwgebied bevindt, waar zich soorten bevinden die gevoelig zijn voor dit type verstoring. Er kan immers aangenomen worden dat de site verlicht wordt in het kader van de beveiliging. In industriegebied, stedelijk gebied of intensief landbouwgebied is de lichthinder reeds aanzienlijk en wordt de bijkomende hinder als beperkt beschouwd.

De impact op de ecologische verbindingen hangt af van de ruimte-inname (zie boven) en van de mate waarin de natuurlijke bewegingen van organismen beperkt worden. Bij gebrek



aan informatie over de locatie is dit laatste aspect moeilijk te beoordelen. In het algemeen kan men echter stellen dat de ernst van de impact het grootst zal zijn in natuurgebieden.

De impact op de natuur op **lange termijn** is zeer moeilijk in te schatten, omdat deze afhankelijk is van een aantal momenteel niet gekende aspecten zoals het klimaat. Wel kan men stellen dat bij passief beheer in principe op termijn een natuurlijke ontwikkeling mogelijk is voor de site. Bij actief beheer daarentegen blijven er permanent bovengrondse installaties aanwezig, wat een natuurlijke ontwikkeling in de weg staat.

#### 4.1.2 Radiologische effecten

Voor de evaluatie van de radiologische effecten op de fauna en de flora wordt de jaarlijkse geabsorbeerde dosis bestudeerd, d.w.z. de hoeveelheid stralingsenergie die geabsorbeerd wordt per kg materie en per jaar. Door diverse internationale organisaties zijn studies uitgevoerd over de invloed van straling op fauna en flora, met de bedoeling om drempelwaarden af te leiden.

In dit stadium is het nog niet mogelijk om de jaarlijkse dosis kwantitatief in te schatten voor de verschillende beheeropties. Daarom is de beoordeling in kwalitatieve termen gebeurd aan de hand van de waarschijnlijkheid van afwezigheid van significante blootstelling.

In het algemeen kan men stellen dat de impact van straling op de biodiversiteit groter zal zijn in de gebieden waar de biodiversiteit het grootst is (d.w.z. natuurgebieden en in mindere mate landbouwgebieden).

Tijdens de **korte termijn** is er weinig verschil tussen de beheeropties. De korte termijn is immers een operationele fase: de installaties worden gebouwd, het afval wordt geconditioneerd en in de installatie geplaatst, en menselijk toezicht blijft aanwezig. Er wordt aangenomen dat de installaties zowel voor opslag als voor berging dankzij technologische verbeteringen een betere bescherming zullen bieden dan de bestaande installaties. Ook voor de status quo-optie kan de waarschijnlijkheid van afwezigheid van significante blootstelling echter als vrij hoog beschouwd worden op basis van gegevens over de huidige routinelozingen. In geval van geologische berging of berging in diepe boorgaten is een deel van het afval tegen het einde van de korte termijn reeds ondergronds geborgen, wat de waarschijnlijkheid van blootstelling nog verlaagt.

Ook voor de **lange termijn** wordt de waarschijnlijkheid van afwezigheid van significante blootstelling als hoog beschouwd, tenminste in normale omstandigheden. Eeuwigdurende opslag bestaat uit cycli van langdurige opslag en biedt dus op lange termijn in principe dezelfde bescherming als op korte termijn. Wel leidt de periodieke herconditionering van het afval telkens tot een zekere operationele dosis voor de werknemers. Voor geologische berging tonen studies in binnen- en buitenland aan dat er geen negatieve impact te verwachten is ten gevolge van blootstelling aan straling. Over berging in diepe boorgaten is veel minder onderzoek uitgevoerd. Door de zeer grote diepte kan echter aangenomen worden dat de concentraties van radionucliden in de biosfeer zo laag zullen zijn dat ze niet zullen resulteren in een effect op fauna en flora.

#### 4.1.3 Effecten van toxische chemische componenten

Toxische chemische componenten zoals zware metalen komen voor in het radioactief afval, maar ook in de verpakking en het opvulmateriaal. De hoeveelheid chemische componenten vermindert niet in de tijd, in tegenstelling tot de radionucliden waarvan de radioactiviteit vermindert door radioactief verval. Als over honderdduizenden jaren de radioactiviteit door radioactief verval zeer sterk vermindert is, kan de chemische toxiciteit het dominante risico

worden. De chemische impact kan beschreven worden aan de hand van concentraties, die in principe vergeleken kunnen worden met drempelwaarden. Hierover is echter slechts weinig kwantitatieve informatie beschikbaar.

Voor de **korte termijn** hangt de chemische impact sterk samen met de radiologische impact. We verwijzen dus naar paragraaf 4.1.2.

Er zijn slechts enkele studies uitgevoerd over de chemische impact op **lange termijn**. Deze wijzen uit dat er geen schadelijke effecten op fauna en flora te verwachten zijn als gevolg van de vrijzetting van chemische componenten in geval van geologische berging.

## 4.2 Impact op landschap, bouwkundig erfgoed en archeologie

De volgende effectgroepen worden bestudeerd:

- Impact op landschapsstructuren en –relaties
- Impact op bouwkundig erfgoed
- Impact op archeologische waarden
- Visuele impact

Op **korte termijn** zijn de verschillen tussen de beheeropties niet zo groot. In alle gevallen wordt een aanzienlijke oppervlakte ingenomen, waar de landschappelijke waarden grotendeels vernietigd zullen worden. Dit gaat gepaard met een significante visuele impact. Ook de aanwezige archeologische waarden (die zich in de bovenste bodemlagen bevinden) worden vernietigd. Indien er bouwkundig erfgoed aanwezig is op de site of in de nabije omgeving, zal dit minstens onrechtstreeks schade ondervinden. De beoordeling van de impact is uiteraard sterk afhankelijk van de locatie. De impact kan beperkter zijn als voor een site met beperkte landschappelijke en erfgoedwaarde gekozen wordt. Voor de status quo-optie wordt slechts een kleine uitbreiding van de bestaande installaties voorzien en is de impact op het landschap verwaarloosbaar.

De impact op het landschap op **lange termijn** is nauwelijks in te schatten door de onzekerheden over o.a. het klimaat. Wel kan men stellen dat bij passief beheer het landschap in principe op termijn hersteld of opnieuw ontwikkeld kan worden. Bij actief beheer is dit niet mogelijk omdat er permanent bovengrondse installaties aanwezig blijven op de site. In principe kunnen er bij geologische berging in het begin van de lange termijn effecten zijn op het bouwkundig erfgoed in de wijde omgeving van de site door een beperkte thermische uitzetting van de bodem als gevolg van de warmteafgifte van het afval. Aan de oppervlakte zou dit tot een opheffing van maximaal ca. 15 centimeter leiden. Schade door differentiële verhogingen lijkt echter onwaarschijnlijk. Dit effect zal geleidelijk verdwijnen wanneer de oppervlakte opnieuw haar oorspronkelijke positie aangenomen heeft.

## 4.3 Impact op grondstoffen

### 4.3.1 Bodem

Voor de **korte termijn** worden de volgende effecten bestudeerd:

- Fysische bodemverstoring: wijziging van het bodemprofiel of het bodemgebruik, structuurwijziging en verandering van de waterhuishouding
- Niet-radiologische bodemverontreiniging tijdens de aanleg door bv. olie van werfvoertuigen

- Grondverzet

De fysische bodemverstoring wordt ingeschat aan de hand van de oppervlakte waarop zich gebouwen, infrastructuur, verharding of uitgegraven bodem zullen bevinden. Voor eeuwigdurende of langdurige opslag en voor berging in diepe boorgaten wordt de oppervlakte verstoorde bodem geraamd op ca. 14,5 hectare. Voor geologische berging wordt een iets grotere oppervlakte (ca. 20 hectare) voorzien; dit is te verklaren door de grote oppervlakte die nodig is om de uitgegraven bodem op te slaan. De status quo-optie impliceert slechts een beperkte bijkomende bodemverstoring.

Bodemverontreiniging zal naar verwachting gekoppeld zijn aan de zones waar bouwactiviteiten gebeuren. De beoordeling van de bodemverontreiniging is dus dezelfde als die van de fysische bodemverstoring.

Het grondverzet is het grootst bij geologische berging. Dit is in hoofdzaak te wijten aan de opslag en afdekking van de uitgegraven grond op de site. Bij berging in diepe boorgaten komt een kleinere hoeveelheid grond vrij. Langdurige of eeuwigdurende opslag vereist enkel de aanvoer van grond voor ophoging van het terrein onder de gebouwen. De status quo-optie impliceert een beperkt grondverzet.

De beoordeling van de bodemverstoring en de bodemverontreiniging hangt af van de typeomgeving. In stedelijke of industriële omgevingen, die gekenmerkt zijn door reeds sterk verstoorde bodems, zullen deze effecten als minder negatief beoordeeld worden dan in een natuurlijke of agrarische omgeving, waar mogelijk nog relatief onverstoorde bodems aangetroffen worden. Het grondverzet is onafhankelijk van de type-omgeving.

In het begin van de **lange termijn** doen zich in geval van geologische berging thermische effecten in de gastformatie voor. Door de warmteafgifte van het afval warmt ook het gastgesteente op. In geval van berging in klei worden de watervoerende lagen boven de gastformatie echter niet zodanig opgewarmd dat de normen overschreden worden. De thermische impact zal gepaard gaan met een geleidelijke en homogene opheffing van de bodem boven de bergingsinstallatie en in de wijde omgeving (grootte-orde ca. 15 centimeter). Na de thermische fase zal dit effect geleidelijk weer verdwijnen.

Bij berging in diepe boorgaten heeft de warmteafgifte van het afval een veel kleinere invloed omdat de afstand tot de oppervlakte groter is en omdat temperatuur van het gastgesteente op grote diepte veel hoger ligt.

#### 4.3.2 Water

Voor de **korte termijn** worden de volgende effecten bestudeerd:

- Effect op grondwaterstand en –stromingen
- Vorming van hydraulisch contact tussen verschillende aquifers (watervoerende lagen)
- Verdroging en piekafvoer door toenemende verharding

Installaties voor langdurige of eeuwigdurende opslag kunnen bovengronds of net onder de oppervlakte gebouwd worden. Bij ondergrondse opslag kan er een effect zijn op de grondwaterstand en –stroming, afhankelijk van de omvang van de installatie, de diepte, de wijze van uitvoering van de werken en het bodemtype. Bij geologische berging en berging in diepe boorgaten worden de watervoerende lagen boven de gastformatie slechts beïnvloed ter hoogte van de schachten, respectievelijk de boorgaten. Deze zijn beperkt in diameter en zullen dus naar verwachting geen noemenswaardige invloed hebben op de

grondwaterstroming. Bemaling van de ondiepe aquifers is in principe niet nodig tijdens de aanleg. De beoordeling van het effect op de grondwaterstand en –stroming is afhankelijk van de kenmerken van het watersysteem en is dus plaatsgebonden.

Hydraulisch contact tussen verschillende aquifers kan optreden bij geologische berging, bij berging in diepe boorgaten of (in mindere mate) bij de ondergrondse variant van langdurige of eeuwigdurende opslag. Veel hangt echter af van de wijze waarop en de zorg waarmee de werken uitgevoerd worden. Bij correcte uitvoering is het effect onbestaande.

Een toename van de verharde oppervlakte leidt enerzijds tot een verdroging van de bodem doordat het hemelwater niet meer kan infiltreren. Het hemelwater wordt versneld afgevoerd naar het oppervlaktewater. Bij piekafvoer kunnen overstromingen ontstaan. De bijkomende verharde oppervlakte is naar verwachting het grootst voor langdurige of eeuwigdurende opslag (ca. 14,5 hectare). Voor geologische berging en berging in diepe boorgaten wordt minder verharding verwacht (ca. 9 hectare). De bijkomende verharding in geval van status quo is beperkt (ca. 1 hectare).

Voor de **lange termijn** wordt de impact op de exploitatie van grondwater voor drinkwaterproductie beschouwd. Hoewel de kunstmatige en (in geval van passief beheer) natuurlijke barrières ervoor zorgen dat de concentratie van radionucliden in het grondwater dermate beperkt blijft dat er geen gevaar is voor de menselijke gezondheid, zou de overheid als ultieme preventieve maatregel de exploitatie van aquifers kunnen verbieden in een bepaalde zone rond de site.

## 4.4 Impact op de menselijke gezondheid

### 4.4.1 Lucht

Enkel de impact op de luchtkwaliteit op korte termijn wordt onderzocht in de SEA. De belangrijkste emissiebronnen zijn het transport, de werfmachines, de manipulatie van uitgegraven materiaal en de productie van beton. Dit impliceert dat vooral de emissies van NO<sub>2</sub>, fijn stof (PM<sub>2,5</sub> en PM<sub>10</sub>) en wegwaaiend en neervallend stof van belang zijn voor de evaluatie.

In de SEA (hoofdstuk 9) wordt een inschatting gemaakt van het aantal vrachtwagentransporten voor grondverzet en aanvoer van bouwmaterialen en opvulmateriaal. Het totale aantal transporten is het grootst voor geologische berging, te wijten aan het aanzienlijke grondverzet. Het aantal transporten in geval van berging in diepe boorgaten ligt lager door het kleinere grondverzet. Voor langdurige of eeuwigdurende opslag is het aantal transporten nog kleiner, maar doordat het grondverzet geconcentreerd is in een veel kortere periode, resulteert dit tijdelijk in hogere emissies dan voor berging. Deze emissies zijn echter in absolute termen beperkt en leiden niet tot een significante verslechtering van de luchtkwaliteit.

Het effect van opwaaiend en neervallend stof bij de manipulatie van het uitgegraven materiaal is sterk afhankelijk van het weer, maar kan met geschikte maatregelen (o.a. aanpassing van de snelheid van de voertuigen, bevochtiging van werfwegen) beperkt worden.

Beton kan aangevoerd worden of ter plaatse geproduceerd worden. In dat laatste geval moeten de grondstoffen (zand, grind en cement) aangevoerd worden. Het verschil ligt vooral in de plaats waar de emissies verbonden met de betonproductie zich voordoen.

Bij opslag zijn na de plaatsing van het afval in de installatie nog beperkte emissies te verwachten, o.a. door verwarming van de gebouwen. Deze emissies zullen omwille van technologische vooruitgang evenwel afnemen met de tijd. Bij geologische berging en berging in diepe boorgaten moet er na de plaatsing van het afval nog opvulmateriaal aangevoerd worden. Door de spreiding over een lange periode zal de impact echter naar verwachting beperkt zijn.

#### **4.4.2 Geluid**

Enkel de geluidseffecten op korte termijn worden onderzocht in de SEA. De belangrijkste geluidsproducerende effecten tijdens de aanleg zijn het grondverzet en de boor- en bouwactiviteiten. Na de aanleg zijn de aanvoer van het radioactief afval, de manipulatie van het afval op de site, de plaatsing in de installatie en het aanbrengen van opvulmateriaal relevant.

De relatief korte periode waarover het grondverzet gespreid zou worden in geval van langdurige of eeuwigdurende opslag kan leiden tot negatieve geluidseffecten voor de bewoners langs de transportroutes. Een spreiding over een langere periode kan de impact significant verminderen. Voor geologische berging en berging in diepe boorgaten is het totale aantal vrachtwagenbewegingen voor grondverzet groter, maar zijn de werkzaamheden gespreid over een veel langere periode, zodat de impact beperkt is.

De aanvoer van grondstoffen (beton en staal voor de bouw van de opslaginstallaties) en opvulmateriaal leidt naar verwachting niet tot significante geluidseffecten door de spreiding over een lange periode.

De omvang van de geluidshinder zal afhankelijk zijn van de omgeving die doorkruist wordt door de transporten. In landbouw- en natuurgebieden is het niveau van het omgevingsgeluid lager dan in stedelijke of industriegebieden, zodat er een grotere kans is op een significante toename van het geluidsniveau. Anderzijds is het aantal gehinderden groter in dichtbevolkte gebieden (bv. steden en dorpskernen) dan in dunbevolkte gebieden.

#### **4.4.3 Radiologische effecten**

De radiologische effecten op de mens kunnen beschreven worden aan de hand van de effectieve dosis. Dit is de hoeveelheid energie die door de straling afgezet wordt per massa-eenheid, vermenigvuldigd met correctiecoëfficiënten die rekening houden met de aard van de straling en met de verschillende organen in het menselijk lichaam. De effectieve dosis wordt uitgedrukt in Sievert (Sv). Er wordt ook gewerkt met de jaarlijkse effectieve dosis.

De gemiddelde effectieve jaardosis in België wordt geschat op 4,6 mSv, waarvan 2,5 mSv afkomstig is van natuurlijke bronnen en 2,1 mSv afkomstig is van verschillende toepassingen van ioniserende straling, vooral in de geneeskunde. De reglementaire dosislimieten voor ioniserende stralingen zijn gebaseerd op Europese richtlijnen die zelf gebaseerd zijn op de aanbevelingen van internationale instanties. Zo bedraagt de grenswaarde voor de jaarlijkse effectieve dosis voor de bevolking als gevolg van blootstelling buiten de natuurlijke straling en de medische blootstelling 1 mSv. Voor werknemers in de nucleaire industrie ligt de limiet voor de jaarlijkse effectieve dosis op 20 mSv. In internationale aanbevelingen wordt voor installaties voor het beheer op lange termijn een referentiewaarde van 0,1 à 0,3 mSv/jaar vermeld.

Net zoals voor de radiologische effecten op fauna en flora (zie paragraaf 4.1.2) wordt de radiologische impact op de mens op kwalitatieve wijze beschreven aan de hand van de waarschijnlijkheid van afwezigheid van significante blootstelling.

Tijdens de **korte termijn** is het verschil tussen de beheeropties niet groot. Er wordt aangenomen dat de installaties zowel voor opslag als voor berging dankzij technologische verbeteringen een betere bescherming zullen bieden dan de bestaande installaties. Ook de voor de status quo-optie kan de waarschijnlijkheid van afwezigheid van significante blootstelling echter als vrij hoog beschouwd worden op basis van gegevens over de huidige blootstelling en routinelozingen. In geval van geologische berging of berging in diepe boorgaten is een deel van het afval tegen het einde van de korte termijn reeds ondergronds geborgen, wat de waarschijnlijkheid van significante blootstelling verlaagt.

Als er vooraf geavanceerde nucleaire technologieën (partitioning en transmutatie, zie paragraaf 3.2.2) toegepast worden op de bestraalde splijtstof, vermindert de radiotoxiciteit van het afval sneller, maar de invloed op de radiologische impact van de berging blijft beperkt.

Actief beheer leidt op **lange termijn** tot een significant gezondheidsrisico voor de werknemers, aangezien het voortdurende toezicht en de periodieke herconditionering van het afval steeds opnieuw leiden tot blootstelling. De risico's voor de bevolking zouden in normale omstandigheden wel beperkt blijven.

De radiologische impact van geologische berging op lange termijn is reeds in verschillende landen (o.a. Frankrijk, Zwitserland en Finland) onderzocht. De resultaten van deze studies tonen aan dat de potentiële radiologische blootstelling van mens en milieu als gevolg van geologische berging niet groter zou zijn dan de blootstelling verbonden met de natuurlijke achtergrondstraling. Over de radiologische impact van berging in diepe boorgaten is weinig bekend. We kunnen er echter van uitgaan dat, mits de keuze van een geschikt gastgesteente en in normale omstandigheden, de radiologische effecten nog lager kunnen zijn dan voor geologische berging.

#### 4.4.4 Integratie van de effecten op de menselijke gezondheid

In de SEA wordt een evaluatie gemaakt van de effecten van radiologische blootstelling op de menselijke gezondheid aan de hand van een aantal parameters die de kans op blootstelling bepalen:

- Bronsterkte
- Afstand tussen bron en receptor (eigen aan de beheeroptie)
- Barrières
- Kans op contact

Bovendien wordt er voor de korte termijn gekeken naar het effect van emissies van schadelijke stoffen in de lucht en van geluidsemissies op de menselijke gezondheid.

Op **korte termijn** zal de bronsterkte ten opzichte van de huidige situatie toenemen doordat de exploitatie van de kerncentrales samen met andere (o.a. medische) toepassingen in de komende decennia tot bijkomend radioactief afval zal leiden. De afstand tussen bron en receptor is naar verwachting voor alle beheeropties vrij klein, althans voor de werknemers die tijdens de operationele fase het beheer zullen verzorgen. De kunstmatige barrières spelen voor alle beheeropties een gelijkaardige rol. Wat betreft de kans dat mensen in contact komen met het radioactief afval worden de niet-definitieve beheeropties iets negatiever beoordeeld omdat het aantal transporten hoger kan liggen dan bij de definitieve beheeropties (bv. als in een later stadium het afval naar een installatie voor definitief beheer vervoerd moet worden). Globaal levert dit een iets grotere kans op blootstelling voor de niet-definitieve beheeropties.

De impact van de atmosferische emissies en de geluidsemissies is naar verwachting groter bij opslag dan bij berging doordat de aanlegwerkzaamheden in geval van berging over een langere periode gespreid zijn (zie paragrafen 4.4.1 en 4.4.2).

Bij actief beheer neemt het volume afval op **lange termijn** toe doordat de periodieke herconditionering nieuw radioactief afval genereert (zie paragraaf 3.1.1). Bij passief beheer blijft het volume afval in principe onveranderd. De activiteit van het afval neemt op lange termijn af. De afstand tussen bron en receptor is gunstiger bij passief beheer door de ondergrondse ligging. De barrières bieden naar verwachting een minstens even goede bescherming als in de huidige situatie. Geologische berging heeft het voordeel dat kunstmatige en natuurlijke barrières gecombineerd worden. De kans op contact tenslotte wordt voor geologische berging en zeker voor berging in diepe boorgaten veel kleiner geacht dan voor actief beheer. Globaal blijkt hieruit een duidelijk kleinere kans op blootstelling voor passief beheer in vergelijking met actief beheer.

## 4.5 Sociale aspecten

De volgende sociale aspecten worden bestudeerd:

- Functiewijziging: verdwijnen, veranderen, beperken, toenemen, mogelijk maken en bijkomend creëren van functies en activiteiten
- Bereikbaarheid / toegankelijkheid: invloed op de mobiliteit
- Risicoperceptie
- Leefbaarheid / kwaliteit van de leefomgeving

Het aspect functiewijziging wordt bepaald door de ruimte-inname. De functies en activiteiten die nu aanwezig zijn op de plaats waar de site zal komen, zullen geheel of gedeeltelijk moeten verdwijnen. De ruimte-inname is het grootst voor berging in diepe boorgaten (ca. 12,6 km<sup>2</sup>). Zeker in het dichtbevolkte België betekent dit een aanzienlijke impact op de aanwezige functies. Voor geologische berging en langdurige of eeuwigdurende opslag is de ruimte-inname kleiner (minder dan 1 km<sup>2</sup>). De bijkomende ruimte-inname die in geval van status quo nodig is om de capaciteit van de bestaande installaties uit te breiden wordt als verwaarloosbaar beschouwd. Vanuit sociaal oogpunt valt de grootste impact van een functiewijziging te verwachten in een stedelijke en in mindere mate ook in een industriële omgeving.

De invloed op de mobiliteit wordt bepaald door de intensiteit van het transport tijdens aanleg en exploitatie, maar ook door de barrièrewerking die van de site zelf uitgaat. De barrièrewerking van de site is het grootst voor berging in diepe boorgaten. Het totale aantal vrachtwagenbewegingen tijdens de aanleg is groter bij berging dan bij opslag, maar door de spreiding over een langere periode is het aantal vrachtwagens per tijdseenheid gemiddeld kleiner. De mobiliteitshinder zal het grootst zijn in een stedelijke omgeving.

Volgens de perceptie van het publiek zijn aan radioactief afval in elk geval risico's verbonden, ongeacht de beheeroptie. De status quo-optie scoort negatiever omwille van het feit dat er geen definitieve oplossing gekozen wordt en omwille van de beperkte levensduur van de installaties. Installaties voor van langdurige of eeuwigdurende opslag hebben een langere levensduur, maar deze beheeropties impliceren wel dat een nieuwe site ingericht wordt, wat kan leiden tot angsten bij de omwonenden. Uit enquêtes blijkt dat de Belgische bevolking een voorkeur heeft voor geologische berging. De vele onzekerheden verbonden met berging in diepe boorgaten hebben naar verwachting een negatief effect op de risicoperceptie.

Voor de effecten op de leefbaarheid in de omgeving van de site is de hinder van de aanlegwerkzaamheden het meest bepalend. Alle beheeropties zullen enige hinder met zich meebrengen door o.a. werfverkeer en gebruik van machines. De hinder zal het grootst zijn in een stedelijke omgeving.

## 4.6 Financieel-economische aspecten

De volgende aspecten worden bestudeerd:

- Kosten
- Kostendekking en financiering

De status quo-optie impliceert dat de kosten van het huidige beheer doorlopen, weliswaar met een beperkte uitbreiding van de opslagcapaciteit. Voor de andere beheeropties moeten er nieuwe installaties gebouwd worden. De aanlegkosten zijn hoog voor geologische berging en berging in diepe boorgaten, maar na de sluiting van de berging zijn de kosten gering (enkel monitoring). Bij eeuwigdurende opslag daarentegen moeten de installaties om de 100 à 300 jaar opnieuw gebouwd worden en moet het afval periodiek opnieuw geconditioneerd worden. Dit impliceert aanzienlijke recurrente kosten op lange termijn. Bij de niet-definitieve beheeropties moet er gedurende de ontwikkeling en de bouw van de installatie rekening gehouden worden met het voorlopige karakter van de opslag, wat de kosten doet toenemen. De kosten van de implementatie van een definitieve beheeroptie moeten eveneens nog toegevoegd worden.

Wat betreft kostendekking en financiering zijn er grote verschillen tussen de beheeropties. Bij geologische berging en berging in diepe boorgaten kan de huidige generatie de nodige fondsen aanleggen om het beheer te garanderen. Het feit dat de bergingsinstallatie op termijn gesloten wordt, draagt bij aan de betrouwbaarheid van deze oplossing. Op lange termijn stellen deze beheeropties weinig of geen financiële eisen. Bij eeuwigdurende opslag zullen, zoals hierboven vermeld, ook in de toekomst steeds voldoende middelen beschikbaar moeten zijn voor het opnieuw bouwen van de installaties en het opnieuw conditioneren van het afval. Het blijkt in de praktijk niet mogelijk om op dit moment de nodige fondsen aan te leggen en hun beschikbaarheid op lange termijn te garanderen voor een project dat "oneindig lang" duurt. De niet-definitieve beheeropties tenslotte leggen aanzienlijke financiële lasten op aan de volgende generaties. Door het verschuiven van de tijdshorizon neemt de onzekerheid over de fondsen toe. Bovendien moet in de toekomst nog een definitieve beheeroptie gefinancierd worden.

## 4.7 Ethische aspecten

De lange tijdshorizon, de complexiteit, de omvang van de mogelijke impact op de samenleving en de onzekerheden zijn inherent aan en verbonden met de keuze en de implementatie van een beheeroptie voor hoogradioactief en/of langlevend afval. Daarom gaat het over een principebeslissing die fundamenteel is voor de maatschappij en die niet enkel wetenschappelijk onderbouwd kan worden. Ethiek kan hiervoor een bijkomend beoordelingskader bieden. Het ethische gezichtspunt kan de argumentatie vanuit het maatschappelijk debat niet verklaren of uitleggen, maar kan verduidelijken of deze argumenten ethisch verantwoord of met andere woorden rechtvaardig zijn.

De volgende ethische principes worden relevant geacht in de context van het beheer van hoogradioactief en/of langlevend afval:

- Het **voorzorgsprincipe** stelt dat het ontbreken van volledige wetenschappelijke zekerheid niet als argument gebruikt mag worden voor het uitstellen van



maatregelen. Het kan gebruikt worden als ontwerpprincipe voor de omgang met risico's.

- **Duurzame ontwikkeling** is een ontwikkeling die tegemoet komt aan de noden van de huidige generaties zonder de mogelijkheden van de toekomstige generaties in gevaar te brengen om hetzelfde te doen. Doorgaans wordt duurzame ontwikkeling beschouwd aan de hand van de drie pijlers milieu, maatschappij en economie.
- **Intragenerationele billijkheid** heeft betrekking op de rechtvaardige verdeling van voor- en nadelen over de verschillende groepen en individuen in de samenleving.
- **Intergenerationele billijkheid** impliceert rechtvaardigheid ten opzichte van de toekomstige generaties.

Internationale organisaties als het IAEA en het NEA van de OESO bouwen hun visie over het langetermijnbeheer op aan de hand van dergelijke ethische principes. Ook de argumenten pro en contra terugneembaarheid worden onderbouwd met ethische gezichtspunten (zie hoofdstuk 9 van de SEA).

Geologische berging en berging in diepe boorgaten zijn goed te onderbouwen door het voorzorgsprincipe. Het gaat om passieve beheeropties die op termijn autonoom kunnen functioneren zonder menselijke tussenkomst, mits een geschikte keuze van de gastformatie. Toch zijn de technologische onzekerheden bij berging in diepe boorgaten nog groot. Bij eeuwigdurende opslag kunnen in principe de nodige voorzorgsmaatregelen genomen worden, maar de bescherming van mens en milieu kan alleen gegarandeerd worden als de maatschappij voldoende stabiel blijft, zodat de kennis bewaard en toegepast wordt. De negatieve invloed van ongunstige maatschappelijke ontwikkelingen is moeilijk te vermijden. De niet-definitieve beheeropties en de status quo-optie zijn in strijd met het voorzorgsprincipe: de beslissing over het langetermijnbeheer wordt uitgesteld, terwijl er toch oplossingen ontwikkeld en uitgewerkt kunnen worden.

Ook vanuit het principe van duurzame ontwikkeling genieten geologische berging en berging in diepe boorgaten de voorkeur. Er worden zo weinig mogelijk lasten overgedragen naar de toekomstige generaties. Eeuwigdurende opslag impliceert een toename van de hoeveelheid afval en vereist om de 100 à 300 jaar de bouw van een nieuwe installatie. Men kan dus stellen dat deze beheeroptie niet bijdraagt tot een duurzaam gebruik van natuurlijke hulpbronnen. De niet-definitieve beheeropties kunnen als voordeel hebben dat nieuwe technologieën tot een duurzamer definitieve oplossing kunnen leiden. Er worden echter aanzienlijke lasten doorgegeven aan toekomstige generaties. De status quo-optie tenslotte wordt niet duurzaam geacht omdat de huidige generatie haar verantwoordelijkheid t.o.v. de toekomstige generaties niet opneemt.

Geologische berging en berging in diepe boorgaten stemmen het best overeen met het principe van intragenerationele billijkheid. Het is mogelijk om binnen de huidige generatie de nodige financiering te voorzien. De kosten worden dus in eerste instantie gedragen door de vervuilers (o.a. de producenten van elektriciteit uit kernenergie). Voor eeuwigdurende opslag kunnen de nodige fondsen in de praktijk nu niet aangelegd worden omdat de kosten een open einde kennen. Dit kan ertoe leiden dat de kosten in de toekomst verhaald zullen worden op mensen die de voordelen van kernenergie niet gekend hebben. De niet-definitieve beheeropties kennen hetzelfde probleem, maar het uitstellen van de beslissing kan wel de nodige tijd creëren om een groter maatschappelijk draagvlak op te bouwen.

Met betrekking tot intergenerationele billijkheid kan men stellen dat geologische berging en berging in diepe boorgaten zo weinig mogelijk lasten overdragen naar de toekomstige generaties, maar dat de flexibiliteit beperkt is. Eeuwigdurende opslag biedt wel flexibiliteit, maar legt op termijn onaanvaardbare risico's op aan de toekomstige generaties.

## 4.8 Beveiliging en safeguards

Beveiliging heeft als doel om kwaadwillige handelingen tegen radioactief materiaal of nucleaire installaties te voorkomen. Tot in de jaren '90 richtte beveiliging zich bijgevolg vooral op het voorkomen van diefstal en verspreiding van nucleair materiaal dat in kernwapens gebruikt zou kunnen worden. Tijdens het voorbije decennium is echter het besef gegroeid dat kwaadwillige handelingen ook gericht kunnen zijn tegen radioactief materiaal dat niet noodzakelijk bruikbaar is voor de vervaardiging van kernwapens, of tegen installaties waar dergelijk materiaal aanwezig is. Beveiliging wordt beschouwd als een nationale aangelegenheid; toch hebben individuele landen mettertijd bindende internationale afspraken gemaakt.

De term "safeguards" heeft betrekking op de veiligheidscontroles door het IAEA die de niet-kernwapenstaten volgens het non-proliferatieverdrag moeten toelaten. Safeguards zijn van toepassing op nucleair materiaal dat bruikbaar is voor de vervaardiging van kernwapens. Het IAEA kan de materiaalboekhouding controleren, maar ook onafhankelijke metingen uitvoeren of uitrusting inspecteren. Op basis van de controles beoordeelt het IAEA of er aanwijzingen zijn van ontvreemding van gedeclareerd nucleair materiaal voor niet-vreemde doeleinden, en of er aanwijzingen zijn van niet-gedeclareerd nucleair materiaal of niet-gedeclareerde nucleaire activiteiten. Ook EURATOM voert veiligheidscontroles uit.

Alle beheeropties vereisen tijdens de **korte termijn** transport en post-conditionering (d.w.z. behandeling en herverpakking van het afval). Transport wordt door het IAEA beschouwd als de fase waarin nucleair materiaal het meest kwetsbaar is voor diefstal of sabotage. Een installatie voor post-conditionering is minder aantrekkelijk als doelwit, o.a. doordat de aanwezige hoeveelheid nucleair materiaal slechts klein is. Tijdens de post-conditionering zijn er wel verschillende manieren denkbaar om nucleair materiaal te ontvreemden. Safeguards-inspecties kunnen echter gebeuren met gekende technieken (o.a. visuele inspectie, videobewaking, controleren van afmetingen). Gesloten containers kunnen in de praktijk moeilijk geïnspecteerd worden, maar een controle aan de hand van zegels is wel mogelijk.

Een geologische bergingsinstallatie is wegens de ondergrondse ligging minder aantrekkelijk als doelwit voor kwaadwillige handelingen dan een post-conditioneringsinstallatie. Toch wordt aanbevolen om de site behoorlijk te beveiligen met o.a. fysieke barrières, sensoren en toegangscontrole. Hetzelfde geldt voor berging in diepe boorgaten. Opslaginstallaties aan de oppervlakte zijn kwetsbaarder dan ondergrondse bergingsinstallaties, maar zijn nog niet erg aantrekkelijk als doelwit voor kwaadwillige handelingen door de hoge mate van bescherming die geboden wordt door de verpakking en de gebouwen op een afgesloten site.

De technieken voor safeguards-inspecties in een opslaginstallatie zijn gekend en beproefd. Voor een geologische bergingsinstallatie zijn echter fundamenteel andere technieken nodig. De containers kunnen niet meer geïnspecteerd worden nadat ze in de installatie geplaatst zijn, waardoor men bv. moet steunen op zegels ter hoogte van de galerijen of schachten. Meer geavanceerde technieken zijn o.a. satellietmonitoring (bv. voor opsporing van niet-gedeclareerde mijnbouwactiviteiten), metingen van seismische signalen, metingen van milieuparameters in de omgeving. Deze technieken zijn nog in ontwikkeling. Voor berging in diepe boorgaten lijken safeguards-inspecties nog complexer dan voor geologische berging.

Voor actief beheer geldt op **lange termijn** hetzelfde als op korte termijn: het gaat om een opslaginstallatie die enigszins kwetsbaar is voor kwaadwillige handelingen, maar wel goed gecontroleerd kan worden in het kader van safeguards. Bij passief beheer degraderen op termijn de kunstmatige barrières en moet het gastgesteente de beveiligingsfunctie vervullen. Een volledig afgesloten geologische bergingsinstallatie of volledig afgesloten diepe boorgaten zijn echter nog minder aantrekkelijk als doelwit voor kwaadwillige handelingen dan een bergingsinstallatie die zich nog in de operationele fase bevindt. Safeguards-

inspecties zijn niet mogelijk met klassieke technieken en zijn dus complexer dan bij actief beheer, maar de technologische vooruitgang of een eventuele versoepeling van de vereisten i.v.m. safeguards door het IAEA, bv. omwille van het ontoegankelijke karakter van een afgesloten geologische bergingsinstallatie, kunnen hier verandering in brengen.

## 5. **ROBUUSTHEID VAN DE BEHEEROPTIES**

In dit hoofdstuk wordt de robuustheid van de beheeropties beoordeeld (zie paragraaf 2.3.3 voor de definitie van dit begrip). Meer details vindt men in hoofdstuk 10 van de SEA.

### 5.1 **Robuustheid t.o.v. natuurlijke evoluties**

Op **korte termijn** is het verschil tussen de beheeropties niet zo groot: het gaat in alle gevallen om een operationele fase. De robuustheid van de status quo-optie t.o.v. natuurlijke evoluties wordt bepaald door de bestaande opslaggebouwen. Bij het ontwerp is rekening gehouden met de te verwachten natuurlijke evoluties. De gebouwen hebben echter slechts een levensduur van 75 jaar, waarvan een deel al verstreken is. Het is dus de vraag of de gebouwen over 100 jaar nog de nodige bescherming bieden. De nodige acties zullen genomen moeten worden om de integriteit van de gebouwen te verzekeren. Bij onverwachte, niet beschouwde natuurlijke evoluties (bv. overstromingen door een stijging van de zeespiegel) is er de mogelijkheid om het afval naar een andere installatie te verplaatsen, als deze evoluties tenminste geleidelijk gebeuren.

Voor langdurige of eeuwigdurende opslag worden gebouwen met een levensduur van minstens 100 jaar voorzien. Ook de sitekeuze kan geoptimaliseerd worden, bv. met het oog op bescherming tegen overstromingen. Daardoor lijkt de kans op een significante blootstelling van mens en milieu kleiner dan voor de status quo-optie.

In geval van geologische berging en berging in diepe boorgaten voldoen de installaties aan de oppervlakte aan dezelfde vereisten als bij langdurige of eeuwigdurende opslag. Het feit dat op het einde van de korte termijn (d.w.z. na ca. 100 jaar) een deel van het afval zich reeds ondergronds bevindt, wordt als een voordeel beschouwd: het vermindert de kans op blootstelling. Het gastgesteente wordt zo gekozen dat het zo weinig mogelijk beïnvloed wordt door seismische of tektonische activiteit.

Eeuwigdurende opslag heeft op **lange termijn** dezelfde kenmerken als op korte termijn, aangezien het om opeenvolgende cycli (100 à 300 jaar) van langdurige opslag gaat. Afvalconditioneringsvormen en opslaggebouwen zullen waarschijnlijk geoptimaliseerd of aangepast worden, zodat verwacht kan worden dat de routine-emissies eerder afnemen dan toenemen. Met het vorderen van de tijd kunnen zich natuurlijke evoluties voordoen die nu moeilijk te voorspellen zijn. Het feit dat de installatie elke 100 à 300 jaar opnieuw gebouwd moet worden, biedt echter de kans om andere of bijkomende voorwaarden op te leggen aan het ontwerp. Ook de locatiekeuze kan herzien worden als dat nodig is (bv. als de oorspronkelijke locatie door een stijging van de zeespiegel bedreigd wordt).

Bij passief beheer wordt de veiligheid op lange termijn verzekerd door het gastgesteente. Een aantal natuurlijke evoluties hebben slechts aan de oppervlakte of tot op een zekere diepte een impact (bv. orkanen, overstromingen, stijging van de zeespiegel, erosie). Voor de meeste van deze fenomenen wordt de impact beperkt tot enkele tientallen meters of tot de watervoerende lagen. Geologische fenomenen in de ondergrond (bv. gebergtevorming) verlopen extreem traag. Als deze evolutie sinds miljoenen jaren stationair blijkt te zijn en de geologische geschiedenis (die goed gekend is) geen aanwijzingen geeft dat deze stationaire toestand ter discussie gesteld moet worden, wordt het mogelijk geacht om de toekomstige evolutie gedurende enkele honderdduizenden jaren in te schatten. Dit is het geval voor de Boomse Klei en de Leperiaanklei, de formaties die in België onderzocht worden als potentiële gastformaties voor geologische berging. Een diepe gastformatie die als stabiel erkend wordt, zal fysische en chemische omstandigheden verzekeren die relatief onveranderd blijven gedurende honderdduizenden jaren. Die stabiliteit vertaalt zich in een lage waarschijnlijkheid

van seismische of vulkanische activiteit, in hydrogeologische eigenschappen die de circulatie van water tegengaan en in mechanische eigenschappen die gunstig zijn voor de bouw, de exploitatie en de sluiting van een bergingsinstallatie. Dankzij die stabiele context zal de gastformatie slechts in beperkte mate beïnvloed worden door de geologische omgeving en de oppervlakte en zal ze bijgevolg de installatie en het afval tegen deze invloeden beschermen.

Bij geologische berging moet de gastformatie het contact van water met het afval vertragen of beperken. In het geval van een bergingsinstallatie in een kleiformatie is de installatie zo ontworpen en gebouwd dat ze gedurende tienduizenden jaren kan weerstaan aan corrosie door water en de insluiting van de radionucliden verzekert. Bovendien worden radionucliden vastgehouden door de klei.

Ondanks de zeer lage waarschijnlijkheid werden toch uit voorzorg scenario's van activatie van een breuk in het gastgesteente bestudeerd. Deze studies hebben aangetoond dat de radiologische impact in dezelfde grootte-orde blijft als in normale omstandigheden. Dit is te danken aan de plasticiteit van de klei, die ervoor zorgt dat eventuele breuken en barsten zich zeer snel opnieuw sluiten.

De theorieën over klimaatverandering op lange termijn voorspellen geen extreme ijstijd in de komende 800.000 jaar. Wel worden in de komende honderdduizenden jaren een aantal ijstijden verwacht vergelijkbaar met het Weichseliaan (20.000 jaar geleden). Tijdens deze ijstijd werd België niet door landijs bedekt. Zelfs tijdens extreme ijstijden zullen er volgens de modellen in België geen gletsjers aanwezig zijn. Bovendien zouden de ijstijden minstens in de komende honderdduizend jaar zeer beperkt moeten zijn door het broeikas-effect.

Uit de hierboven beschreven studies blijkt dus dat het zeer onwaarschijnlijk is dat natuurlijke veranderingen de radiologische blootstelling voor mens en milieu verhogen in geval van geologische berging in weinig verharde klei.

Met betrekking tot de oppervlakkige natuurlijke fenomenen kan dezelfde conclusie getrokken worden voor berging in diepe boorgaten. Onderzoek in Zweden wijst uit dat extreme natuurlijke fenomenen op grote diepte een grotere invloed kunnen hebben. Zo zou het stagnerende grondwater op grote diepte gemobiliseerd kunnen worden door een ijstijd. In België wordt echter in de komende 800.000 jaar geen extreme ijstijd verwacht. Verder is er weinig kennis over de eigenschappen van de mogelijke gastgesteenten voor berging in diepe boorgaten in België en over de manier waarop ze beïnvloed kunnen worden door natuurlijke evoluties op lange termijn. De onzekerheid is dus groter dan bij geologische berging.

## 5.2 Robuustheid t.o.v. veranderingen in de intrinsieke fysische en technische stabiliteit

De bestaande opslaggebouwen hebben een levensduur van 75 jaar, waarvan een deel al verstreken is. Dit betekent dat de gebouwen mogelijk tegen het einde van de **korte termijn** hun beschermende functies verliezen. Ook de conditionering van het afval is momenteel niet berekend op een levensduur van meer dan 100 jaar. Dit kan resulteren in een verhoogde kans op blootstelling indien geen maatregelen getroffen worden.

Voor langdurige of eeuwigdurende opslag worden gebouwen met een levensduur van minstens 100 jaar voorzien. De containers zouden eveneens een levensduur van enkele honderden jaren kunnen hebben. De kans op vrijzetting van radionucliden door degradatie van de kunstmatige barrières is dus zeer klein.

Gedurende de tijd dat de containers zich nog aan de oppervlakte bevinden, geldt voor geologische berging en berging in diepe boorgaten hetzelfde als voor opslag. Het feit dat op het einde van de korte termijn een deel van het afval zich reeds ondergronds bevindt, wordt als een voordeel beschouwd. De supercontainers (voor afval van categorie C) en monolieten (voor afval van categorie B) zijn ontworpen voor een levensduur van veel meer dan 100 jaar in de te verwachten omstandigheden in de geologische bergingsinstallatie. Met de nodige maatregelen is het mogelijk om o.a. gasontwikkeling in de installatie maximaal te beperken.

De robuustheid van berging in diepe boorgaten wordt iets lager ingeschat dan die van geologische berging door de onzekerheden m.b.t. de technologie. De containers kunnen tijdens de plaatsing in het boorgat geblokkeerd raken op een niet ideale locatie. Daarbij kunnen ze beschadigd worden. Als dit gebeurt op geringe diepte en in de buurt van breuken en watervoerende lagen, dan kan dit leiden tot een verhoogde blootstelling van mens en milieu.

Op **lange termijn** bieden de containers en de gebouwen voor eeuwigdurende opslag in principe dezelfde bescherming als op korte termijn. De integriteit van de installatie wordt telkens verzekerd voor een levensduur van enkele honderden jaren. Bij het begin van elke cyclus van langdurige opslag moet het afval opnieuw geconditioneerd worden. Daarbij kan men ervan uitgaan dat het personeel een bepaalde dosis zal ontvangen, zelfs al ligt die onder de geldende limieten. Het United States Department of Energy schat dat er in geval van behoud van institutionele controle gedurende de periode van 100 tot 10.000 jaar na de ingebruikname van de opslaginstallatie 10 slachtoffers onder de werknemers en 3 slachtoffers onder de bevolking zullen vallen ten gevolge van radiologische blootstelling.

De degradatie van de kunstmatige barrières bij geologische berging is onvermijdelijk, maar zeer langzaam en goed te beheersen door de goed gekarakteriseerde en geologisch stabiele omgeving. In de dossiers van POSIVA (Finland), SKB (Zweden), NAGRA (Zwitserland), ANDRA (Frankrijk) en NIRAS wordt het behoud van de kunstmatige barrières aangetoond, die gedurende duizenden tot tienduizenden jaren de insluiting van radionucliden verzekeren. Een slechte afdichting van galerijen en schachten heeft, mits een goede keuze van het gastgesteente, slechts een miniem effect. Versnelde corrosie en degradatie van de containers zal evenmin leiden tot een verhoogde blootstelling daar de dikke kleilaag de belangrijkste barrière is.

Bij berging in diepe boorgaten kan een container vast komen te zitten op een niet ideale locatie en kan hij beschadigd raken. De hoge temperatuur en druk op grote diepte en het hoge zoutgehalte van het grondwater kunnen leiden tot een versnelde degradatie van het opvulmateriaal en de container. Loskomende rotsdelen kunnen ook de container beschadigen. Aldus is berging in diepe boorgaten eerder een één-barrièresysteem: op termijn vormt enkel de bovenliggende rotsmassa nog een barrière. Als het boorgat, het opvulmateriaal en de afvalcontainer beschadigd zijn, dan kan het boorgat zelf een transportweg worden voor radionucliden naar de oppervlakte, met mogelijk verhoogde blootstelling van mens en natuur als gevolg.

### 5.3 Robuustheid t.o.v. externe niet-natuurlijke gebeurtenissen

De huidige opslaggebouwen zijn bestand tegen bepaalde externe niet-natuurlijke gebeurtenissen die zich op **korte termijn** zouden kunnen voordoen, zoals het neerstorten van een vliegtuig. De gebouwen zijn echter slechts ontworpen voor een levensduur van 75 jaar, zodat het onzeker is of ze op het einde van de korte termijn nog de nodige bescherming zullen bieden. Een aangepast inspectie- en onderhoudsprogramma kan voor een oplossing zorgen, maar dit zou belangrijke wijzigingen aan de huidige installaties vergen.

De gebouwen voor langdurige of eeuwigdurende opslag zijn ontworpen om gedurende minstens 100 jaar bestand te zijn tegen ongunstige externe invloeden. Als het gebouw beschadigd wordt, zorgt de afvalcontainer nog voor de insluiting van radionucliden. De stralingsdosis blijkt in allerlei ongevalsscenario's (bv. neerstortend vliegtuig) beperkt te blijven. De kans op blootstelling wordt daardoor kleiner geacht dan voor de status quo-optie.

Voor de installaties aan de oppervlakte in geval van geologische berging of berging in diepe boorgaten (bv. voor post-conditionering) geldt hetzelfde. Het feit dat op het einde van de korte termijn een deel van het afval zich reeds ondergronds bevindt, wordt als een voordeel beschouwd. Externe niet-natuurlijke gebeurtenissen zijn immers van menselijke oorsprong en doen zich dus doorgaans bovengronds voor. De kans op radiologische blootstelling van mens en natuur daalt dus quasi evenredig met de daling van het aandeel van het afval dat zich nog bovengronds bevindt. Een onopzettelijke exploratieboring dwars door de bergingsinstallatie is op korte termijn zeer onwaarschijnlijk aangezien de site door de aanwezigheid van de bovengrondse installaties nog gekend zal zijn. Om de kans op een dergelijke exploratieboring te beperken, kiest men bij voorkeur een site in een regio waar geen waardevolle exploiteerbare grondstoffen in de diepe ondergrond aanwezig zijn.

Op **lange termijn** bieden de installaties voor eeuwigdurende opslag in principe dezelfde bescherming tegen ongunstige externe invloeden als op korte termijn. Het is nagenoeg onmogelijk om de evolutie van dergelijke gebeurtenissen op lange termijn in te schatten. Bij een correct uitgevoerd actief beheer kunnen we er echter van uitgaan dat elk ontwerp rekening zal houden met de situatie op dat tijdstip. Tussentijdse evoluties kunnen opgevangen worden door tussentijdse aanpassingen.

Externe niet-natuurlijke gebeurtenissen blijken slechts een beperkt effect te hebben op een volledig afgesloten geologische bergingsinstallatie. Bij een boring doorheen de installatie wordt er gerekend op de eigenschappen van het gastgesteente om de verspreiding van radionucliden te beperken. Dankzij de plasticiteit van de klei sluiten openingen zich zeer snel, zodat de natuurlijke barrière hersteld wordt. Enkel voor personen die in aanraking komen met radionucliden in de boorkernen kan er een significante impact zijn. Om de kans op een dergelijke exploratieboring te beperken, kiest men bij voorkeur een site in een regio waar geen waardevolle exploiteerbare grondstoffen in de diepe ondergrond aanwezig zijn.

De impact van dergelijke externe niet-natuurlijke gebeurtenissen lijkt voor berging in diepe boorgaten nog kleiner dan voor geologische berging door de grote diepte.

## 5.4 Maatschappelijke robuustheid

Gedurende de **korte termijn** vereisen alle beheeropties menselijke handelingen om de bescherming van mens en milieu te garanderen. Daardoor zijn ze kwetsbaar voor maatschappelijke veranderingen. Jaren zonder deskundig beheer zouden kunnen leiden tot een geleidelijke degradatie van de bovengrondse installaties, zodat de insluiting van de radionucliden niet meer gegarandeerd is, met mogelijk verhoogde emissies en impact op mens en milieu als gevolg. Toch lijkt het vrij onwaarschijnlijk dat het beheer op korte termijn wegvalt. Bij extreme maatschappelijke instabiliteit (bv. oorlogen, terroristische aanslagen) kan het moeilijk worden om de veiligheid van de installatie te waarborgen.

Bij geologische berging en berging in diepe boorgaten bevindt een deel van het afval zich op het einde van de korte termijn reeds ondergronds. Dit wordt als gunstig beoordeeld. De invloed van maatschappelijke evoluties op de performantie van een geologische berging en dus op de radiologische blootstelling van mens en natuur wordt immers beperkt geacht. In het geval van berging in diepe boorgaten kunnen maatschappelijke ontwikkelingen redelijkerwijze geen invloed meer hebben op het reeds geborgen afval.

In geval van opslag kan het afval steeds teruggenomen worden en verplaatst naar een andere installatie als men vaststelt dat het beheer niet meer voldoende bescherming biedt. Toch zijn dergelijke beslissingen en handelingen alleen mogelijk in een voldoende stabiele maatschappij waar de nodige technische kennis bewaard gebleven is. Ook bij geologische berging is het mogelijk om tijdens de operationele fase het afval terug te nemen, op voorwaarde dat de nodige kennis voorhanden is. De moeilijkheidsgraad en de kosten van terugneembaarheid stijgen wel naarmate de bergingsinstallatie opgevuld en afgesloten wordt. Terugneembaarheid is in de praktijk niet mogelijk in geval van berging in diepe boorgaten.

Op **lange termijn** zullen zich zeker maatschappelijke veranderingen voordoen. Het is onzeker of de financiële middelen voorhanden zullen blijven om een goed beheer te garanderen. Bij ingrijpende veranderingen in de maatschappij kan het actief beheer in gebreke blijven of zelfs volledig wegvallen, wat tot onaanvaardbare gevolgen voor mens en milieu kan leiden.

De andere aspecten van de robuustheid van de beheeroptie eeuwigdurende opslag tonen de noodzaak van de institutionele controle aan. Het United States Department of Energy schat dat het aantal slachtoffers onder de bevolking op lange termijn (100 tot 10.000 jaar na de ingebruikname) ongeveer 3.300 zou bedragen indien de institutionele controle, om welke reden dan ook, na de korte termijn zou eindigen. Ter vergelijking: als de institutionele controle wel gehandhaafd blijft, worden er 10 slachtoffers onder de werknemers en 3 slachtoffers onder de bevolking verwacht. Bij een compleet verlies van de afscherming komt men in bepaalde gevallen zelfs tot acuut dodelijke dosissen, wat uiteraard ontoelaatbaar is. Eeuwigdurende opslag zonder eeuwigdurende institutionele controle is bijgevolg geen optie.

Bij passief beheer zijn geen menselijke handelingen nodig om de bescherming van mens en milieu te garanderen. De invloed van maatschappelijke evoluties op de performantie van een bergingssysteem en dus op de radiologische blootstelling van mens en natuur wordt zeer gering geacht, zeker in vergelijking met actief beheer aan de oppervlakte.



## 6. **BESLUIT**

Deze Strategic Environmental Assessment (SEA) ondersteunt een principebeslissing over het langetermijnbeheer van hoogradioactief en/of langlevend afval. Een aantal beheeropties voor de korte termijn (de eerste honderd jaar) en de lange termijn (tot tienduizenden of honderdduizenden jaren) worden beschreven en beoordeeld op hun effecten op mens en milieu. Er wordt niet enkel gekeken naar de milieueffecten *sensu stricto*, maar ook naar o.a. sociale, economische en ethische aspecten. De beoordeling steunt op een uitgebreide nationale en internationale kennisbasis.

Door het strategische niveau van de te nemen principebeslissing is ook deze SEA strategisch van aard. Dit betekent dat de beheeropties nog niet in grote mate van detail beschreven zijn en dat de locatie niet vaststaat. Daardoor is de effectbeschrijving en –beoordeling vooral kwalitatief en kan er niet gesteund worden op precieze kennis over de ontvangende omgeving. Meer gedetailleerde uitspraken over de omvang van de effecten zijn pas in latere stadia aan de orde, wanneer milieueffectenbeoordelingen opgemaakt zullen worden voor welbepaalde sites en/of uitvoeringsvarianten. Toch laat de effectbeoordeling op strategisch niveau nu reeds toe om een aantal conclusies te trekken over de verschillende beheeropties.

### *Radiologische impact*

De radiologische impact op mens en natuur op korte termijn is naar verwachting in normale omstandigheden zeer beperkt en is gelijkaardig voor alle beheeropties. Enkel de status quo-optie is minder performant doordat de levensduur van de bestaande opslaginstallaties en de conditionering beperkt is.

Ook op lange termijn is in normale omstandigheden geen grote kans op significante blootstelling te verwachten. Bij actief beheer bieden de kunstmatige barrières en deskundig beheer de nodige bescherming. Bij passief beheer verzekert de gastformatie de veiligheid.

De verschillen tussen de beheeropties worden duidelijker als men kijkt naar de robuustheid, m.a.w. naar de mate waarin de beheeropties bestand zijn tegen allerlei veranderingen. Op korte termijn zijn de verschillen nog niet erg groot; een minder grote robuustheid is te verklaren door de beperkte levensduur van de opslaginstallaties (status quo-optie) of door technologische onzekerheden (berging in diepe boorgaten). Vooral maatschappelijke veranderingen kunnen op korte termijn een ongunstige invloed hebben op de beheeropties.

Op lange termijn is passief beheer (d.w.z. berging) zeer robuust. Natuurlijke evoluties, veranderingen in de installatie zelf, externe niet-natuurlijke gebeurtenissen of maatschappelijke evoluties hebben weinig tot geen invloed op de veiligheid van geologische berging of berging in diepe boorgaten. Actief beheer (eeuwigdurende opslag) is echter veel kwetsbaarder voor maatschappelijke veranderingen. Zonder deskundige menselijke handelingen is de kans op significante blootstelling groot. Ook de periodieke herconditionering van het afval brengt onvermijdelijk een zekere blootstelling met zich mee voor de werknemers.

### *Effecten van de aanleg*

Alle beheeropties zullen op korte termijn een significante impact op het milieu hebben. Het gaat immers om grote bouwprojecten, waarvoor een site van minstens enkele tientallen hectare ingrijpende veranderingen zal ondergaan. De verstoring van de bodem, de fauna en de flora, het landschap en de aanwezige menselijke activiteiten is aanzienlijk. De verschillen tussen de beheeropties worden vooral bepaald door de verschillen in ruimte-inname. Voor

berging in diepe boorgaten blijkt een veel grotere site nodig te zijn dan voor geologische berging en voor langdurige of eeuwigdurende opslag doordat een zekere afstand tussen de boorgaten in acht genomen moet worden. Voor de status quo-optie is slechts een beperkte uitbreiding op de bestaande site nodig en is de verstoring bijgevolg beperkt.

Naast de ruimte-inname zijn ook de aanlegwerkzaamheden zelf bepalend voor de impact. Vooral geologische berging en in mindere mate berging in diepe boorgaten impliceren een aanzienlijk grondverzet. De daarmee verbonden vrachtwagentransporten zorgen voor luchtverontreiniging, geluidshinder en mobiliteitshinder voor de omwonenden. Voor langdurige of eeuwigdurende opslag en voor de status quo-optie is het grondverzet minder groot, maar zijn de werken geconcentreerd in een veel kortere periode, wat tijdelijk resulteert in een hogere intensiteit van de transporten. Voor eeuwigdurende opslag zijn de effecten recurrent. Een ernstig risico voor de gezondheid zou evenwel niet aan de orde zijn.

### *De site op lange termijn*

Een groot verschil tussen actief beheer en passief beheer is de mate waarin de site op termijn gebruikt of ontwikkeld kan worden. Bij actief beheer blijven er “voor eeuwig” bovengrondse installaties aanwezig en wordt de site permanent ingenomen. Bij passief beheer daarentegen is het in principe op termijn mogelijk om de bovengrondse installaties te verwijderen. Daardoor is een gunstige natuurlijke of landschappelijke ontwikkeling mogelijk of kan de site opnieuw voor bepaalde menselijke activiteiten gebruikt worden.

### *Kosten en financiering*

Alle beheeropties brengen aanzienlijke kosten met zich mee. Voor geologische berging en berging in diepe boorgaten is het mogelijk om nu de nodige fondsen aan te leggen. Op lange termijn stellen deze beheeropties immers weinig of geen financiële eisen. De nood aan periodieke herconditionering bij eeuwigdurende opslag maakt het in de praktijk onmogelijk om een adequaat financieringsmechanisme op te zetten. Dit betekent dat aanzienlijke financiële lasten doorgegeven worden aan de toekomstige generaties. Hetzelfde geldt voor de niet-definitieve beheeropties: de kosten voor de implementatie van een definitieve beheeroptie worden in dat geval immers doorgeschoven.

### *Ethische aspecten*

Ethische argumenten op basis van internationaal aanvaarde principes zoals het voorzorgsprincipe, duurzame ontwikkeling, intra- en intergenerationele billijkheid resulteren in een voorkeur voor de passieve beheeropties. De verantwoordelijkheid wordt in dat geval binnen de huidige generatie opgenomen en er worden geen overmatige lasten naar de toekomstige generaties doorgegeven. De financiering wordt verzorgd door de huidige vervuilers, o.a. de producenten van elektriciteit uit kernenergie. De flexibiliteit en dus de keuzevrijheid voor de toekomstige generaties zijn echter groter bij actief beheer.

### *Beveiliging en safeguards*

Installaties voor langdurige opslag of berging van radioactief afval worden niet beschouwd als erg aantrekkelijke doelwitten voor kwaadwillige handelingen. De ondergrondse ligging in geval van geologische berging of berging in diepe boorgaten is een extra voordeel. Dit neemt niet weg dat de nodige beveiligingsmaatregelen getroffen moeten worden op de site.

Controles door het IAEA en EURATOM in het kader van safeguards kunnen voor opslaginstallaties met klassieke technieken gebeuren. Voor geologische berging en berging in diepe boorgaten zijn complexere technieken nodig. Ontvreemden van nucleair materiaal is echter veel moeilijker door de ondergrondse ligging.

