



Nationale instelling voor radioactief afval
en verrijkte splijtstoffen

Werkprogramma van NIRAS met betrekking tot de berging van laagactief en kortlevend afval

Informatiedossier

Samenvatting

Elke menselijke activiteit produceert afval. De nucleaire activiteiten, ongeacht of ze een industrieel, wetenschappelijk of medisch karakter hebben, ontsnappen niet aan de regel, en sommige van hun afvalproducten zijn radioactief, dat wil zeggen bevatten stoffen waarvan ioniserende stralingen uitgaan. Met hun hoge energiewaarde kunnen deze stralingen de structuur van de materie waar ze doorheen gaan, wijzigen en bijgevolg kunnen ze levende weefsels beschadigen. Radioactief afval vormt dus een potentieel risico voor de mens en het leefmilieu en moet bijgevolg op strikte en veilige wijze worden beheerd om te beletten dat het schade berokkent zolang zijn radioactiviteit niet voldoende is verminderd.

Tot aan de beslissing van de ministerraad van 16 januari 1998 beoogde NIRAS — de instelling die verantwoordelijk is voor het beheer van het radioactief afval in België — de toekomstige bergingssite van laagactief en kortlevend afval, ook afval van categorie A genoemd, te selecteren volgens een puur technische methodologie die a priori weinig rekening hield met de lokale context en het standpunt van de bevolkingsgroepen. De soms zeer felle reacties van de publieke opinie en de aanbevelingen van onafhankelijke experts hadden haar echter langzamerhand ertoe gebracht haar werkmethode kritisch te herzien.

In de genoemde beslissing verwierp de ministerraad elke voorlopige oplossing voor het beheer op lange termijn van afval van categorie A en vertrouwde NIRAS nieuwe opdrachten toe, met tegelijk een inperking van het kader van haar onderzoek. De ministerraad vroeg NIRAS met name de methodes te ontwikkelen om een bergingsproject — oppervlakteberging of diepe berging — te integreren op lokaal niveau, waarbij ze zich voortaan moest beperken tot twee types zones: de gemeenten waarvan de autoriteiten interesse zouden tonen voor voorbereidende bodem- en terreinonderzoeken op hun grondgebied, en de vier bestaande nucleaire zones: Doel en Tihange (waar de Belgische kerncentrales zijn gevestigd), de zone Fleurus-Farciennes (waar het Nationaal Instituut voor Radio-elementen is gevestigd) en de zone Mol-Dessel-Geel (met diverse nucleaire vestigingen). Deze evolutie heeft NIRAS ertoe gebracht haar programma en werkmethode te herzien.

In het duidelijke besef dat vroegtijdig overleg en onderhandeling met de betrokken lokale gemeenschappen onontbeerlijk zijn bij de concretisering van een bergingsproject, heeft NIRAS haar werkprogramma aangepast en

haar methodologie verrijkt, in samenwerking met de Universitaire Instelling Antwerpen en de *Fondation universitaire luxembourgeoise*. Haar nieuwe methodologie, die de burger een centrale plaats toebedeelt, moet haar in de gelegenheid stellen haar nieuwe opdrachten te vervullen en bijgevolg de regering in staat stellen zo snel mogelijk de vereiste technische en economische keuze te maken tussen oppervlakteberging en diepe berging.

Concreet heeft NIRAS eind 1998 alle belangstellende gemeenten voorgesteld samen rond de tafel te gaan zitten en lokale partnerschappen op te zetten met die gemeenten waarvan de kandidatuur mogelijk in aanmerking zal komen. Momenteel is geen enkele "niet-nucleaire" gemeente kandidaat voor de voorbereidende werken. De gemeenten van de vier bestaande nucleaire zones, waarvan het onderzoek expliciet was gevraagd door de ministerraad en die door NIRAS zijn gepolst, hebben niettemin, net als de andere Belgische gemeenten, het recht hun medewerking aan eender welke vorm van partnerschap te weigeren.

Conform haar nieuwe werkprogramma heeft NIRAS, met instemming van de betrokken gemeentelijke autoriteiten, de voorbereidende bodem- en terreinonderzoeken uitgevoerd in de zones Mol-Dessel-Geel en Fleurus-Farciennes; zij zal dit eveneens doen in de zones Doel en Tihange, voor zover de lokale autoriteiten ermee instemmen. Deze bodem- en terreinonderzoeken moeten enerzijds de resultaten verifiëren van de bibliografische studies die zijn verricht om zoveel mogelijk pertinente gegevens over de beschouwde zones te verzamelen, en anderzijds uitmaken of deze zones beantwoorden aan de veiligheidscriteria die zijn vastgesteld voor de eventuele inplanting van een berging voor afval van categorie A. Waar de vier zones a priori potentiële kandidaten zijn voor de eventuele inplanting van een oppervlakteberging, zijn alleen Doel en Mol-Dessel-Geel a priori potentieel kandidaat voor een diepe berging.

NIRAS zal met elke gemeente waarvan de verkenningscampagne op haar grondgebied afdoende resultaten zal opleveren een lokaal partnerschap oprichten, voor zover de betrokken gemeente daartoe tenminste bereid is. Dit partnerschap zal alle geïnteresseerde representatieve lokale actoren verzamelen alsook een vertegenwoordiger van NIRAS. Het zal instaan voor het voorstellen en ontwikkelen van een voorontwerp van berging, dat geïntegreerd moet zijn in een globaal project dat een toegevoegde waarde biedt voor de betrokken regio, zonder daarom echter toegevingen te doen op het vlak van de veiligheid. NIRAS alleen zal verantwoordelijk zijn voor de veiligheid van de uitgewerkte voorontwerpen.

Conform de eigenlijke partnerschapsgedachte zullen de partnerschappen de voorbereidende algemene conceptstudies van NIRAS voor de berging van het afval van categorie A moeten evalueren, aanpassen, aanvullen en verrijken. De algemene studie inzake oppervlakteberging hanteert het concept postconditionering van de afvalvaten in betonnen containers, terwijl de studies inzake diepe berging een beroep doen op rechtstreekse berging van de afvalvaten in bergingsgalerijen ofwel op postconditionering van de vaten vóór hun berging.

De door de partnerschappen uitgewerkte voorontwerpen van berging zullen zo moeten zijn ontworpen dat ze de mens en het leefmilieu beschermen tegen de potentiële hinder van radioactief afval, zowel op korte als op lange termijn. Elke berging moet immers intrinsiek veilig zijn: haar veiligheid op lange termijn mag niet afhangen van actieve maatregelen zoals onderhoud, controles of toezicht. Deze intrinsieke veiligheid is het resultaat van een correcte toepassing van het principe van de meervoudige barrières, die elk op hun manier tot de intrinsieke veiligheid bijdragen. In België moet elke berging overigens stapsgewijs en flexibel ten uitvoer kunnen worden gelegd, wat betekent dat het tijdens de bouw of exploitatie mogelijk moet zijn het concept te laten evolueren of op een beslissing terug te komen. De berging moet bovendien omkeerbaar zijn: het moet mogelijk zijn het afval tijdens de exploitatie en zelfs na sluiting van de bergingsinstallatie terug te nemen.

Kortom, het ligt niet in de bedoeling van NIRAS welke gemeente dan ook een berging op te leggen, evenmin als het haar bedoeling is een bepaalde oplossing op te leggen aan een partnerschap. De oprichting van een lokaal partnerschap zal zowel afhangen van het resultaat van de voorbereidende bodem- en terreinonderzoeken als van de belangstelling of desinteresse van de plaatselijke autoriteiten. Bovendien zal de medewerking van de lokale autoriteiten aan een partnerschap op geen enkel ogenblik kunnen worden beschouwd als een vast engagement van de betrokken gemeente om er een berging te laten vestigen. Haar vertegenwoordigers zullen zich immers te allen tijde uit het partnerschap kunnen terugtrekken, hetgeen de onmiddellijke ontbinding van het partnerschap tot gevolg zal hebben. En zelfs in de hypothese dat een partnerschap de uitwerking van een geïntegreerd voorontwerp van berging zou voltooien, zal de gemeente waarvan het partnerschap uitgaat desgewenst uiteindelijk kunnen beslissen dit voorontwerp niet aan de regering voor te leggen.

Willens nillens wordt België momenteel geconfronteerd met de noodzaak veilige, verantwoordelijke en voorzichtige oplossingen te vinden voor het beheer op lange termijn van zijn radioactief afval en het is de taak van NIRAS

de middelen ten uitvoer te leggen en te coördineren om daartoe te komen. Waar NIRAS zich al altijd heeft ingespannen om op een verantwoordelijke en transparante manier te werken, wil zij voortaan ook beter rekening houden met de aspiraties en ongerustheid van het publiek. De methodologie van de partnerschappen vormt een essentiële stap in deze richting. De vereisten van veiligheid, stapsgewijze verwezenlijking, flexibiliteit en omkeerbaarheid van de berging liggen eveneens in de lijn van een betere bewustwording van de reële en subjectieve risico's die verbonden zijn aan de aanwezigheid van een bergingssite van radioactief afval.

Dit informatiedossier brengt de nodige basisinformatie bijeen voor het begrip van het nieuwe werkprogramma van NIRAS over de berging van afval van categorie A. Het eerste deel situeert de nodige elementen om de belangrijkste aspecten van het beheer van radioactief afval te belichten en gaat vervolgens nader in op dit beheer zelf. Het tweede deel verduidelijkt het nieuwe werkprogramma van NIRAS alsook de werking van de lokale partnerschappen die zij voorstelt op te richten. Daarna licht het de notie veiligheid toe, om vervolgens de aard van de voorbereidende bodem- en terreinonderzoeken en de bestaande algemene bergingsconcepten in detail te behandelen. Welke concepten de partnerschappen ook uitwerken, deze zullen uiteraard het leefmilieu moeten eerbiedigen en de kosten ervan zullen moeten kunnen worden geraamd.

Werkprogramma van NIRAS met betrekking tot de berging van laagactief en kortlevend afval

Informatiedossier

Samenvatting	i
Inhoudsopgave	v
Eerste deel Het beheer van radioactief afval in België	1
1 NIRAS	3
2 Het radioactieve afval	6
2.1 Opmerkelijk uiteenlopende bronnen	6
2.2 Activiteit en halveringstijd: twee parameters, drie categorieën	7
3 Het beheer van radioactief afval	10
3.1 Het beheer op korte termijn: een goed beheerste routine	10
3.2 Het beheer op lange termijn: een uitdaging binnen ons bereik	16
3.3 Vooruitzichten inzake de productie van afval zijn onontbeerlijk	20
Tweede deel De berging van afval van categorie A en de oprichting van lokale partnerschappen	23
4 De historische context	26
4.1 De 98 mogelijk gunstige zones	26
4.2 De methodologie voor de selectie van sites	28
4.3 Het onderzoek naar alternatieven voor oppervlakteberging	28
4.4 De beslissing van de ministerraad	29
4.5 De militaire sites	30
5 De lokale partnerschappen	31
5.1 Een nieuw werkprogramma, een nieuwe methodologie	31
5.2 De partnerschappen zijn representatief en hebben het initiatief	32
5.3 De partnerschappen worden op vier niveaus georganiseerd	34

6 De veiligheid	38
6.1 Radioactiviteit is overal rondom ons	39
6.2 De veiligheidsfuncties: een kader voor de argumentatie	40
6.3 De veiligheidsdemonstratie: meer dan een wiskundige oefening	43
6.4 De berging zal stapsgewijs, flexibel en omkeerbaar zijn	45
6.5 Het nieuwe werkprogramma geeft voorrang aan de veiligheid	46
7 Het bodemonderzoek	48
7.1 Oppervlakteberging: het onderzoek is begonnen	48
7.2 Diepe berging: er bestaan reeds veel gegevens	53
8 De conceptstudies	54
8.1 Oppervlakteberging: concept met monolieten	55
8.2 Diepe berging: directe berging of concept met monolieten	58
8.3 Het type van gebouwen hangt weinig af van de oplossing	60
9 Het leefmilieu	62
10 De kosten	64
10.1 Een volledig parametrizeerbare evaluatiemethode	64
10.2 De meest recente resultaten: de beste referentie	65
Eindbeschouwingen	68
Bijlage 1: Lijst met tabellen en figuren	69
Bijlage 2: Referenties	70
Bijlage 3: Werken van algemeen belang	72
Bijlage 4: Letterwoorden en acroniemen	73
Bijlage 5: Glossarium	74
Bijlage 6: Index	78
Contactpersoon	81

Eerste deel

Het beheer van radioactief afval in België

België was een van de eerste landen ter wereld dat betrokken was bij kernactiviteiten voor vreedzame doeleinden. Deze activiteiten begonnen reeds lang vóór de tweede wereldoorlog met de productie van radium voor medisch gebruik door de fabriek Métallurgie Hoboken–Overpelt, gevestigd te Olen. Zodra de oorlog voorbij was, begon ons land met een belangrijk programma gericht op de ontwikkeling van de burgerlijke toepassingen van kernenergie. Dit programma startte in de jaren vijftig met de exploitatie van onderzoekslaboratoria en pilootinstallaties voor de kernbrandstofcyclus in de regio Mol–Dessel–Geel (het SCK·CEN, de experimentele opwerkingsfabriek Eurochemic, het vroegere Centraal Bureau voor Nucleaire Metingen of CBNM), gevolgd door die van het Nationaal Instituut voor Radio-elementen (IRE) te Fleurus. Tussen 1975 en 1985 ten slotte bouwden de elektriciteitsproducenten een kernreactorpark, verdeeld tussen Doel en Tihange, dat in 1998 voor iets meer dan de helft van de elektriciteitsbevoorrading van het land zorgde.

Maar ondanks de aanzienlijke uitdagingen verbonden aan het ontstaan van zijn radioactieve afval, beschikte België tot in 1980 niet over een structuur die een doeltreffend beheer op lange termijn kon garanderen. Dertig jaar lang ontwikkelde de kernindustrie zich in een versneld tempo in ons land, terwijl vele vragen onbeantwoord bleven. Hoe kon een veilig en uiterst strikt beheer — een beheer dat mens en milieu vandaag én morgen tegen de mogelijke hinder van het radioactieve afval kon beschermen — worden gegarandeerd voor al het in België geproduceerde radioactieve afval, van de gebruikte brandstof van kerncentrales tot het besmette materieel van onderzoekslaboratoria en het afval van ziekenhuizen? Was het eigenlijk wel mogelijk het radioactieve afval op een veilige plaats op te slaan tot het onschadelijk was? Wat ging er met de kerninstallaties gebeuren op het einde van hun exploitatie? Ging men zich tevreden stellen met het sluiten en het definitief isoleren van deze installaties achter een veiligheidsperimeter? Tot dan waren deze essentiële vragen onbeantwoord gebleven.

Om antwoorden op al deze vragen te geven, richtte de wetgever in 1980 NIRAS, de Nationale Instelling voor Radioactief Afval en Verrijkte Splijtstoffen, op. Naar het voorbeeld van de andere instellingen die overal ter wereld

voor het beheer van radioactief afval verantwoordelijk zijn, onderzoekt deze openbare instelling zonder winstoogmerk definitieve oplossingen om het afval veilig van de biosfeer te isoleren tot zijn radioactiviteit voldoende vervallen is, met andere woorden, tot het geen radiologisch gevaar meer vormt voor mens en milieu.

Dit eerste deel geeft een overzicht van het beheer van het radioactieve afval in België. Na een korte voorstelling van NIRAS worden enkele begrippen in verband met het radioactieve afval geïntroduceerd; daarna worden de verschillende aspecten van het beheer van dit afval uitvoerig beschreven.

1 NIRAS	3
2 Het radioactieve afval	6
2.1 Opmerkelijk uiteenlopende bronnen	6
2.2 Activiteit en halveringstijd: twee parameters, drie categorieën	7
3 Het beheer van radioactief afval	10
3.1 Het beheer op korte termijn: een goed beheerste routine	10
3.2 Het beheer op lange termijn: een uitdaging binnen ons bereik	16
3.3 Vooruitzichten inzake de productie van afval zijn onontbeerlijk	20

1 NIRAS

Door de oprichting van NIRAS op 8 augustus 1980 wou de wetgever het beheer op lange termijn van radioactief afval in handen geven van één enkele instelling onder overheidstoezicht. Op die manier kon worden gegarandeerd dat het algemene belang — zowel nu als in de toekomst — de doorslag zou geven bij het nemen van beslissingen. Een dergelijke instelling is immers niet onderhevig aan de invloed van het economische klimaat of van de rendabiliteitsverplichtingen waaraan andere ondernemingen onderworpen zijn.

De bevoegdheden en opdrachten van NIRAS werden vastgelegd door het koninklijk besluit van 30 maart 1981 en aangevuld door het koninklijk besluit van 16 oktober 1991, dat op zijn beurt aan de nieuwe bepalingen van de wet van 12 december 1997 moet worden aangepast. De bevoegdheden van NIRAS betreffen drie hoofddomeinen en kunnen als volgt worden samengevat:

- *het beheer van al het radioactieve afval dat zich op Belgisch grondgebied bevindt. Dit beheer omvat*
 - de inventarisatie van alle kerninstallaties en van alle sites waar radioactieve stoffen aanwezig zijn;
 - de ophaling van radioactief afval bij de producenten;
 - het transport, de verwerking, de conditionering en de tijdelijke opslag van dit afval;
 - de berging van het geconditioneerde afval na afloop van de tijdelijke-opslagperiode;
- *het beheer van de overtollige hoeveelheden verrijkte splijtstoffen, plutoniumhoudende stoffen en nieuwe en gebruikte brandstof;*
- *de ontmanteling van buiten gebruik gestelde kerninstallaties.*

NIRAS is belast met alle verrichtingen die uit deze drie domeinen voortvloeien. Ze bestaan in hoofdzaak uit het beheren en coördineren van industriële en wetenschappelijke activiteiten die door derden worden uitgevoerd. Ze hebben tot doel de huidige bevolking en de toekomstige generaties te beschermen tegen de potentiële gevaren verbonden aan de residuen van alle activiteiten waarbij radioactieve stoffen worden gebruikt en die in België worden uitgevoerd. NIRAS werkt zowel op korte als op lange termijn: zij heeft namelijk eveneens tot taak de overheid ethische en veilige oplossingen voor te stellen voor het probleem van radioactief afval en moet erop toezien dat de geselecteerde oplossingen vervolgens in de praktijk worden omgezet.

In een meer algemeen kader moet NIRAS een informatie- en communicatieprogramma dat al haar activiteiten omvat, uitwerken en uitvoeren, bestemd voor het grote publiek en de overheidsinstanties. Samen met de exploitanten van kerninstallaties moet zij tevens onderzoeks- en ontwikkelingsprogramma's opstellen, die nodig zijn voor het vervullen van haar opdrachten, en deze programma's beheren.

Sinds zij in 1982 operationeel werd, heeft NIRAS een systeem ontwikkeld voor het gecentraliseerde beheer van al het radioactieve afval dat zich op Belgisch grondgebied bevindt. Dit systeem, dat voortdurend wordt verbeterd en dat voor elke fase van het beheer gepaard gaat met een kwaliteitszorgprogramma, is er in de eerste plaats op gericht de veiligheid te garanderen. Hiervoor steunt het in hoofdzaak op twee principes, die op alle fasen van het beheer worden toegepast. Het eerste principe is de concentratie en de insluiting van de radioactieve stoffen zodat deze zich niet in het milieu kunnen verspreiden; het tweede is de afscherming tegen ioniserende stralingen.

NIRAS beschikt over eigen middelen om haar opdrachten uit te voeren. Zij kan echter ook een beroep doen op andere deskundigen en bepaalde taken geheel of gedeeltelijk aan hen uitbesteden in het kader van overeenkomsten die de te volgen regels duidelijk vastleggen. Zo besteedt zij het transport van radioactief afval uit aan gespecialiseerde transportfirma's en het overgrote deel van de verwerking van dit afval en zijn tijdelijke opslag aan haar dochteronderneming Belgoprocess, gevestigd te Dessel. Voor studies en onderzoeksprojecten schakelt NIRAS zowel binnen- als buitenlandse studie bureaus zoals Belgatom en onderzoekscentra zoals het SCK•CEN in.

Hoewel NIRAS in België een monopolie heeft voor het beheer van radioactief afval, is zij een instelling zonder winst oogmerk. Zij voert haar opdrachten uit overeenkomstig de code van goede industriële, financiële en commerciële praktijk, tegen kostprijs, en laat de producenten van radioactief afval de prijs betalen die nodig is om de veiligheid van de bevolking nu en in de toekomst te garanderen. Hierbij wordt het principe "de vervuiler betaalt" toegepast. NIRAS ziet er ook op toe dat zowel haar eigen medewerkers als de organisaties waaraan opdrachten worden toevertrouwd hun taken zo efficiënt mogelijk en tegen een redelijke prijs uitvoeren. Zij kan echter ook andere financieringsbronnen aanboren. Zo worden verscheidene van haar onderzoeks- en ontwikkelingsprogramma's gesteund door de Europese Commissie. Voor de financiering van de sanering van de nucleaire passiva, waarvoor NIRAS verantwoordelijk is, bestaan er speciale overeenkomsten met de Belgische Staat en de elektriciteitsproducenten. Ten slotte beschikt NIRAS sinds begin 1999 over de middelen en de goedkeuring om een financieringsfonds te beheren

dat gestijfd wordt door de producenten en bestemd is om de kosten van het beheer van radioactief afval op lange termijn te dekken.

NIRAS houdt toezicht op de uitvoering van de opdrachten die zij aan derden toevertrouwt en neemt daarvoor de verantwoordelijkheid op zich; zelf wordt zij permanent gecontroleerd door een voogdijoverheid, dit wil zeggen de minister die verantwoordelijk is voor het energiebeleid. Aan deze laatste brengt zij regelmatig verslag uit over haar activiteiten; tevens legt zij jaarlijks een activiteitenverslag voor aan het Parlement. Omdat zij betrokken is bij het beheer van radioactieve stoffen is NIRAS eveneens onderworpen aan het toezicht van de minister van Justitie, dienst Nucleaire Veiligheid, en het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC), dat officieel werd opgericht in mei 1997.

NIRAS leeft de geldende reglementering na. Inzake kernenergie in het algemeen en het beheer van radioactief afval in het bijzonder is deze reglementering in hoofdzaak gebaseerd op internationale aanbevelingen en richtlijnen uitgevaardigd door organisaties zoals de ICRP (*International Commission on Radiological Protection*) of Internationale Commissie voor Stralingsbescherming), het IAEA (*International Atomic Energy Agency* of Internationaal Agentschap voor Atoomenergie), de Europese Unie en het NEA (*Nuclear Energy Agency* of Agentschap voor Kernenergie) bij de OESO (Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling). Steunend op deze internationale aanbevelingen hebben de Belgische overheden een bijzonder strikt wetgevend kader uitgewerkt, dat alle activiteiten regelt die met radioactiviteit te maken hebben. Dit kader wordt regelmatig aangepast aan de evolutie van wetenschap en techniek alsook aan de aanbevelingen van de internationale organisaties.

NIRAS, die noch rechter noch partij is, maar dikwijls op de voorgrond treedt, orkestreert de inspanningen van haar talrijke partners, die vaak uiteenlopende achtergronden hebben. Alle leden, zo'n zestigtal personen in het totaal, spannen zich in om onafhankelijk en transparant te werken, in een geest van respect voor de mens van vandaag en morgen.

2 Het radioactieve afval

Hoewel het radioactieve afval afkomstig is van zeer diverse bronnen, kan het worden gekenmerkt door twee parameters die de omvang aangeven van het risico dat eraan verbonden is: zijn activiteit en zijn halveringstijd. De combinatie van deze twee parameters bepaalt tot welke radiologische categorie het afval behoort.

2.1 Opmerkelijk uiteenlopende bronnen

De herkomst van radioactief afval kan sterk variëren. Momenteel gaat het merendeels om afval dat courant geproduceerd wordt, dit wil zeggen afval afkomstig van industriële, wetenschappelijke of medische routineactiviteiten. In de toekomst zal een toenemend deel ervan echter worden gegenereerd door de ontmanteling van buiten gebruik gestelde kerninstallaties.

In België komt het courant geproduceerde radioactieve afval voor zo'n 80% van de elektronucleaire sector, en wordt het vooral gegenereerd door de dagelijkse exploitatie van de zeven commerciële reactoren verdeeld over de centrales van Doel en Tihange. In 1998 leverde het elektronucleaire park, met een totaal vermogen van 5,7 GWe, 55% van de nationale elektriciteitsproductie. Drie andere takken van de elektronucleaire sector genereren eveneens afval: de productie van kernbrandstof (door Belgonucléaire en FBFC International), de opwerking van gebruikte kernbrandstof (door het Franse bedrijf COGEMA voor rekening van Synatom) en het onderzoekswerk op het gebied van kernenergie (door het SCK•CEN, het Instituut voor Referentiematerialen en -metingen of IRMM, en de universiteiten). Ook de niet-nucleaire industrie, de landbouw, het wetenschappelijke onderzoek in het algemeen en de medische wereld gebruiken radioactieve stoffen en produceren dus eveneens radioactief afval.

Radioactief ontmantelingsafval is afval dat gegenereerd wordt door de ontsmetting en ontmanteling van kerninstallaties die definitief buiten gebruik zijn gesteld. Tot dusver is dit afval bijna uitsluitend afkomstig van ontmantelingsactiviteiten uitgevoerd op de sites van de vroegere experimentele opwerkingsfabriek Eurochemic en van de BR3-reactor van het SCK•CEN; de hoeveelheden zijn dus nog beperkt.

2.2 Activiteit en halveringstijd: twee parameters, drie categorieën

Radioactief afval onderscheidt zich van andere types gevaarlijk afval door het feit dat het, tenminste vanuit radiologisch standpunt, spontaan naar een onschadelijke toestand evolueert. Het volstaat dus te wachten. Het probleem schuilt echter in het feit dat deze wachttijd erg lang kan zijn voor radioactief afval: voor bepaalde radio-elementen zijn soms miljoenen jaren nodig.

Radioactief afval kan worden gerangschikt op basis van twee hoofdparameters: het activiteitsniveau (dit wil zeggen het aantal nucleaire desintegraties per seconde, uitgedrukt in becquerel of Bq), gecombineerd met de aard van de stralingen die het afval uitzendt, en de halveringstijd (dit wil zeggen de tijd waarna de activiteit van het afval gehalveerd is). De halveringstijd is voor elk radioactieve stof verschillend en kan van enkele seconden tot enkele miljoenen jaren gaan. Zo heeft technetium 99m, dat gebruikt wordt in de geneeskunde, een halveringstijd van amper zes uur, terwijl de halveringstijd van americium 241, dat gebruikt wordt in bepaalde rookdetectoren, 430 jaar bedraagt. Een ziekenhuis of een onderzoekslaboratorium kan afval met een voldoende korte halveringstijd dus zelf beheren indien het over gepaste gebouwen beschikt. Na een opslagperiode van 60 uur kan met technetium 99m besmet afval, mits een laatste controle uit te voeren, beschouwd worden als niet-radioactief afval aangezien zijn activiteitsniveau met een factor 1000 is verminderd.

Activiteit en halveringstijd bepalen de maatregelen die bij het beheer van het radioactieve afval vereist zijn. Het activiteitsniveau (laag, gemiddeld of hoog) van het afval en de aard van de uitgezonden stralingen bepalen samen de insluitings- en beschermingsmaatregelen die bij elke fase van het beheer op korte termijn noodzakelijk zijn. Het is vooral de (korte of lange) halveringstijd van dit afval die bepaalt welke oplossing voor het beheer ervan op lange termijn gekozen dient te worden. De bedoeling is immers definitief te verhinderen dat mens en leefmilieu worden geschaad. Dit betekent dat het afval geïsoleerd moet worden van de biosfeer tot zijn radioactiviteitsniveau aanvaardbaar is voor de volksgezondheid. Voor het afval met korte halveringstijd, dit wil zeggen afval dat een meerderheid aan radio-elementen met een halveringstijd van hoogstens 30 jaar bevat, wordt aangenomen dat deze periode zo'n 300 jaar bedraagt: dit is de tijd die nodig is opdat zijn activiteitsniveau ten minste met een factor 1000 zou afnemen. Voor afval met een lange halveringstijd kan deze periode enkele miljoenen jaren bedragen.

Op internationaal niveau wordt geconditioneerd radioactief afval meestal onderverdeeld in twee grote groepen [1].

- *De eerste groep* bestaat uit afval waarvan de radiologische kenmerken, in dit geval de activiteitsconcentraties van de radio-elementen die het bevat en de halveringstijd daarvan, zodanig zijn dat een permanente isolering van de biosfeer absoluut noodzakelijk is en de enige definitieve oplossing vormt. Deze permanente isolering wordt momenteel als uitvoerbaar beschouwd door het bergen van het afval in een diepe en stabiele geologische laag.

Volgens de Belgische classificatie stemt dit afval overeen met het afval van categorieën B en C (tabel 2.1). Het afval van categorie B groepeerd het laag- en middelactieve afval, dat besmet is door alfastralers met lange halveringstijd in te grote hoeveelheden om in categorie A ondergebracht te kunnen worden. Dit afval bevat eveneens variabele hoeveelheden bèta- en gammastralers. Het gaat in hoofdzaak om afval afkomstig van de productie van nieuwe brandstof en van de opwerking van gebruikte brandstof; in de toekomst zal bijna een kwart van dit afval afkomstig zijn van ontmantelingsactiviteiten. Het afval van categorie C is hoogactief afval, dat grote hoeveelheden alfastralers met lange halveringstijd bevat. Het grootste deel daarvan geeft aanzienlijke hoeveelheden warmte af. Het gaat om afval afkomstig van de opwerking van gebruikte brandstof of om de gebruikte brandstof zelf wanneer deze niet wordt opgewerkt.

- *De tweede groep* bestaat uit afval waarvoor, op basis van zijn radiologische kenmerken (minder hoge waarden), alternatieve oplossingen overwogen kunnen worden dan het isoleren van het afval in een diepe geologische laag. Door het radioactief verval kan dit afval immers, binnen een periode waarin het afval controleerbaar is, een niveau bereiken dat uit radiologisch standpunt als te verwaarlozen wordt beschouwd.

Volgens de Belgische classificatie stemt dit afval overeen met het afval van categorie A (tabel 2.1). Het gaat om laag- en middelactief afval met korte halveringstijd. Dit type afval kan eveneens geringe hoeveelheden alfastralers met lange halveringstijd bevatten. Het bestaat gewoonlijk uit interventiekledij, filters, uitrustingsstukken, verbruiksproducten zoals verpakkingen, papier, plastic en injectienaalden, residuen van afvalwater-verwerking in kerncentrales en bepaalde types ontmantelingsafval.

Tabel 2.1 De drie categorieën radioactief afval volgens de Belgische classificatie. De radiologische categorie waartoe een partij radioactief afval behoort, en die door de activiteit en de halveringstijd wordt bepaald, beïnvloedt de modaliteiten voor het beheer ervan op korte en lange termijn.

	Lage activiteit	Middelhoge activiteit	Hoge activiteit
Korte halveringstijd (30 jaar of minder)	A	A	C
Lange halveringstijd (meer dan 30 jaar)	B	B	C

In de praktijk worden de activiteitsniveaus en de radiologische categorieën vaak door elkaar gebruikt, soms zelfs verkeerdt. Zo is de benaming “laagactief en kortlevend afval”, die vaak geassocieerd wordt met het afval van categorie A — waarover dit dossier handelt — een vereenvoudiging die niet alleen handig maar tegelijkertijd ook belangrijk is. Ten eerste bevat het overgrote deel van het afval van categorie A verscheidene types radio-elementen met verschillende halveringstijd en activiteit. Ten tweede kan het afval van categorie A radio-elementen met middelhoge activiteit bevatten indien ze een voldoende korte halveringstijd hebben, alsook radio-elementen met lange halveringstijd indien hun activiteit zeer laag is. De benaming “hoogactief afval of langlevend afval” verwijst dan weer naar afval van de categorieën B en C.

Radioactief afval vormt slechts een klein deel van alle afvalstoffen — radioactieve en niet-radioactieve — die in België worden geproduceerd. Het vertegenwoordigt immers minder dan een halve kilo per inwoner per jaar, dit wil zeggen minder dan 0,02% van al het geproduceerde industriële en huishoudelijke afval, en bestaat in hoofdzaak uit afval van categorie A. Het afval van categorie C vertegenwoordigt slechts een tiende van al het radioactieve afval.

Ondanks de kleine volumes (secties 3.1 en 3.3) vormt radioactief afval een potentieel gevaar voor mens en leefmilieu. Het vereist dan ook een speciaal beheer, gericht op het voorkomen van elke vorm van schade.

3 Het beheer van radioactief afval

Het beheer van radioactief afval wordt verschillend georganiseerd naargelang het land. Bepaalde landen zijn van mening dat het de Staat is die verantwoordelijk is voor het beheer van dit afval: dit is bijvoorbeeld het geval in België, Duitsland, Frankrijk en Spanje. Andere menen dat het de producenten van het afval — in de praktijk dus de industrie — zijn die voor het beheer moeten zorgen: dit is met name het geval in Finland, Italië, het Verenigd Koninkrijk en Zweden.

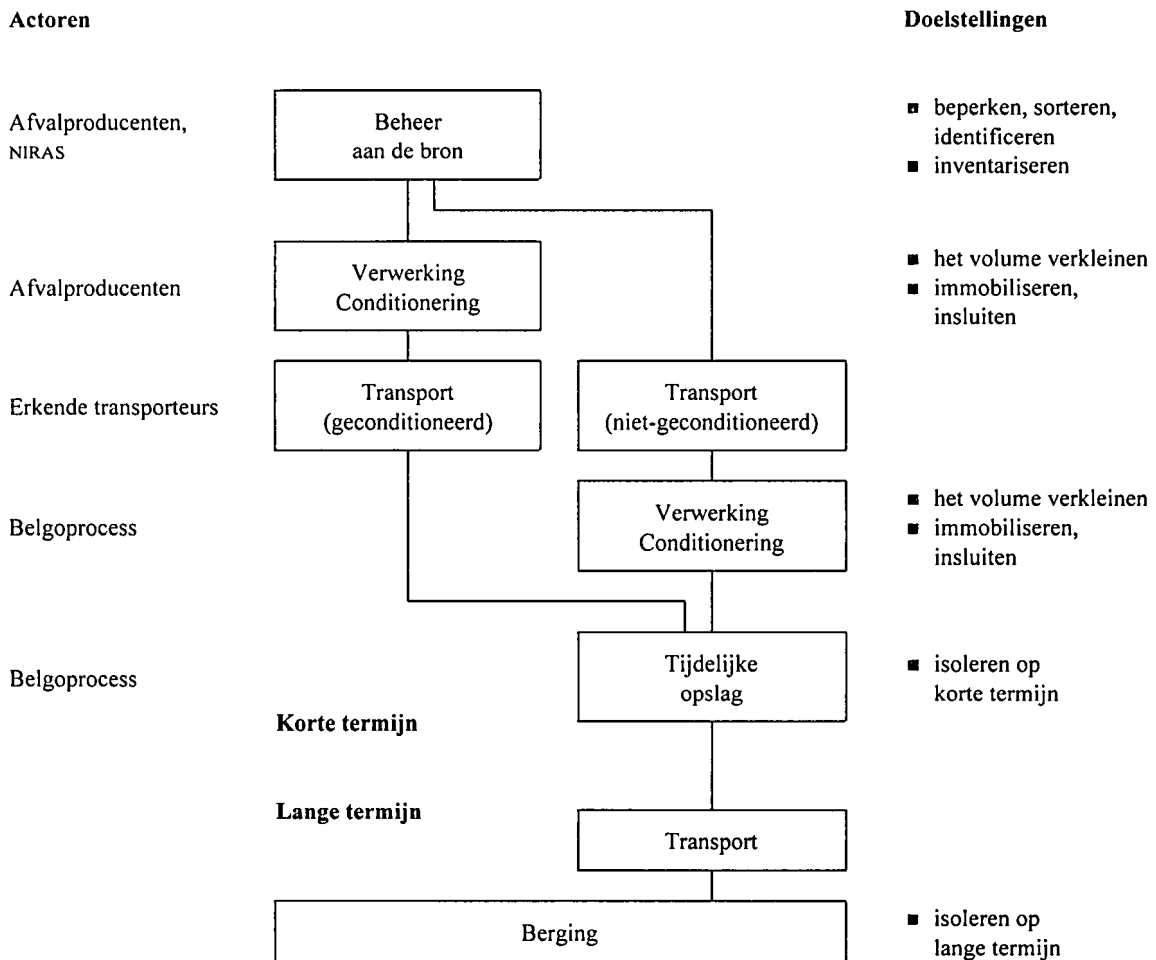
In België is het NIRAS dat, voor rekening van de Staat, voor een coherent en veilig beheer van het radioactieve afval zorgt. De principes waarop dit beheer steunt, maken deel uit van het voorzorgsbeginsel, dat een voorzichtige en verantwoordelijke houding aanbeveelt in geval van onzekerheid over de gevolgen van een bepaalde praktijk.

Het beheer van radioactief afval begint bij de productie van dit afval in de installaties die radioactieve stoffen gebruiken en eindigt bij de berging van het afval. Net zoals het beheer van conventioneel industrieel en huishoudelijk afval impliceert het beheer van radioactief afval het sorteren van dit afval aan de bron, het beperken van het afvalvolume en het eventueel recycleren en recupereren van het afval. De veiligheidsvoorschriften en -regels zijn echter aangepast aan de specifieke aard van de te beheren stoffen en garanderen, mits adequate infrastructuren en uitrustingen worden gebruikt, een doeltreffende bescherming tegen straling en besmetting door radioactieve stoffen. Deze voorschriften steunen op het ALARA-principe (*As Low As Reasonably Achievable*), dat zegt dat elke blootstelling aan straling verantwoord moet zijn en dat de stralingsdosis zo klein als redelijkerwijs mogelijk moet zijn, rekening houdend met de economische en sociale factoren.

3.1 Het beheer op korte termijn: een goed beheerste routine

De activiteiten in verband met het beheer op korte termijn van radioactief afval, die normaal enkele tientallen jaren bedragen, tellen vijf fasen, waarvan de volgorde varieert naargelang de producenten hun afval al of niet zelf verwerken en conditioneren. Ze beginnen met het beheer van het afval aan de bron — we kunnen zelfs zeggen door aan preventie te doen — en eindigen met de tijdelijke opslag ervan (figuur 3.1). Tegenwoordig zijn het goed beheerste industriële activiteiten, die routinematig door het gespecialiseerde personeel van Belgoproces worden uitgevoerd. Bepaalde producenten, zoals de kerncentrales van Doel en Tihange, zorgen zelf voor de verwerking en

conditionering van een deel van hun afval. Het Belgische leger doet dit eveneens met het afval dat met radium besmet is, met name wijzerplaten van vliegtuigen en bepaalde geschilderde voorwerpen. Het IRE zorgt voor de verwerking van bepaald afval afkomstig van de niet-nucleaire sector, zoals rookdetectoren, bliksemafleiders en gebruikte radioactieve bronnen uit meet-systemen.



Figuur 3.1 Het beheer van het radioactieve afval in België. Onder de verantwoordelijkheid van NIRAS voert Belgoproces het grootste deel van de vereiste verwerkings- en conditioneringsactiviteiten uit en zorgt het bedrijf voor de tijdelijke opslag van het afval.

Beheer aan de bron Het beheer van radioactief afval aan de bron gebeurt op twee niveaus: het individuele en lokale niveau — dat van de producenten — en het algemene en federale niveau — dat van NIRAS. De producenten moeten de productie van afval zoveel mogelijk beperken aan de bron, wat van jaar tot jaar tot een vermindering van de hoeveelheid radioactief afval afkomstig van de gewone productie leidt. Bovendien moeten ze hun afval sorteren en zijn radioactieve en niet-radioactieve inhoud identificeren op basis van de door NIRAS voorgeschreven normen, met het oog op een veilig en doeltreffend verloop van de latere fasen van het beheer. Van haar kant moet NIRAS permanent en zo nauwkeurig als mogelijk een kwalitatieve en kwantitatieve inventaris bijhouden van al het huidige en toekomstige radioactieve afval: dit is een essentiële voorwaarde voor het optimale beheer van dit afval in alle veiligheid, zowel op korte als op lange termijn; daarom ook is al wie radioactief afval bezit in België wettelijk verplicht dit aan NIRAS te melden (sectie 3.3).

Transport Het transport van radioactieve stoffen is onderworpen aan een zeer strikte internationale reglementering. De transporteurs moeten overigens aan aangepaste voorwaarden voldoen, zodanig dat de insluiting van de radio-elementen tijdens het transport gegarandeerd is en dat voldoende afscherming tegen de straling geboden is. Deze stralingsbeschermingsmaatregelen beogen dat elk transport van radioactieve stoffen, of het nu om laag-, middel- of hoogactieve stoffen gaat, steeds hetzelfde beschermingsniveau garandeert. Zo vereist het transport van laagactief afval geen bijzondere maatregelen, terwijl ander radioactief afval specifieke transportmiddelen vereist. Alle transporteurs moeten overigens elk transport van radioactieve stoffen laten controleren bij het vertrek en bij de aankomst, zowel wat de externe besmetting als wat de straling betreft.

NIRAS, die sinds 1986 verantwoordelijk is voor de organisatie van alle transport van radioactief afval in België, superviseert het ophalen van afval bij de producenten, zodat het naar de gecentraliseerde verwerkings-, conditionerings- en opslaginstallaties van Belgoprocess wordt gebracht; een kleine minderheid van dat afval wordt naar het IRE gebracht. Voor dit transport doet NIRAS een beroep op gespecialiseerde bedrijven, Transnubel en Transrad, die over het vereiste materieel beschikken alsook over de juiste vergunningen uitgereikt door de bevoegde overheid, de minister van Volksgezondheid. Het SCK·CEN en verscheidene kleine producenten, in hoofdzaak de universiteiten, zorgen echter zelf voor het transport van hun afval naar Belgoprocess, mits controle en toestemming van de bevoegde overheden.

Verwerking De verwerking van ruw en heterogeen radioactief afval, afhankelijk van zijn fysische en chemische kenmerken, beoogt het afval in een fysische en chemische toestand te brengen die compatibel is met de parameters van het conditioneringsprocédé. Het volume dient zo goed mogelijk verkleind te worden om een goede insluiting te vergemakkelijken en de kosten verbonden aan de opslag en het beheer op lange termijn te beperken. Zo wordt het vaste afval verbrand of gecompacteerd, terwijl het vloeibare afval fysico-chemische of chemische verwerkingen ondergaat. Deze verschillende verrichtingen maken het mogelijk de radio-elementen afkomstig van de verwerking maximaal in slib, as of metaalafval te concentreren. De vloeibare en gasvormige effluenten die eruit voortkomen, kunnen in het milieu worden geloosd mits het nemen van strenge voorzorgsmaatregelen om ze van hun niet-radioactieve verontreiniging te zuiveren en hun radioactiviteitsniveaus onder de wettelijke limieten te brengen.

Terwijl de fysico-chemische kenmerken van het radioactieve afval de toe te passen verwerkingsprocédés bepalen, schrijft hun activiteitsniveau de te gebruiken beschermingsmiddelen voor, zowel in termen van afscherming van de straling en insluiting van de besmetting als van individuele beschermkledij.

- *De verwerking van laagactief afval* vereist over het algemeen geen zware afscherming. De operatoren dragen echter beschermkledij (meestal een geplastificeerde overall), handschoenen en een masker met filter wanneer het risico bestaat dat ze rechtstreeks in contact komen met de radioactieve stoffen.
- *De verwerking van middelactief afval* moet plaatsvinden in een gesloten en afgeschermd ruimte. De operatoren, die worden beschermd door betonnen muren en ruiten uit afgeschermd glas, voeren alle manipulaties uit met behulp van toestellen die van op afstand worden bediend.
- *De verwerking van hoogactief afval* vereist hetzelfde type voorzorgen als de verwerking van middelactief afval. Hier zijn echter zwaardere afschermingen vereist.

Dankzij de aanzienlijke investeringen die NIRAS vanaf haar oprichting deed, beschikt Belgoprocess, als nucleaire exploitant, vandaag over een zeer volledige infrastructuur voor de verwerking en de conditionering van radioactief afval. NIRAS heeft immers bepaalde installaties op de site van Belgoprocess laten renoveren en moderniseren en heeft er nieuwe laten bouwen. De verschillende installaties van Belgoprocess kunnen momenteel dus het grootste deel van het in België geproduceerde radioactieve afval verwerken en conditioneren, of het nu om vast of vloeibaar, laag-, middel- of hoogactief afval

gaat. (Het afval afkomstig van de opwerking door het Franse bedrijf COGEMA van de gebruikte kernbrandstoffen uit kerncentrales wordt ter plaatse door COGEMA verwerkt en geconditioneerd).

Conditionering Door de conditionering in vaste vorm van het verwerkte radioactieve afval wordt een vast, compact, chemisch stabiel en niet-verspreidbaar materiaal bekomen, dat aan precieze specificaties voldoet en de latere behandeling vergemakkelijkt. Deze conditionering omvat meestal het immobiliseren in een conditioneringsmatrix en het in een corrosiebestendige cilindervormige metalen verpakking plaatsen van het afval, zodat colli worden bekomen die de rol van barrière op zich kunnen nemen bij de berging. Na het sluiten ervan krijgt elke verpakking een eigen identificatiefiche, die de herkomst, de radioactieve inhoud en de fysische en chemische kenmerken van het ingesloten afval aangeeft.

Het activiteitsniveau van het afval bepaalt niet alleen de te nemen beschermingsmaatregelen maar beïnvloedt ook zijn wijze van conditionering.

- *Het hoogactieve afval dat een aanzienlijke hoeveelheid warmte uitstraalt*, wordt verglaasd, dat wil zeggen dat het homogeen vermengd wordt in glas, dat op zijn beurt in cilindervormige verpakkingen uit roestvrij staal — containers genoemd — wordt gegoten. De containers bestemd voor het afval van de opwerking van Belgische gebruikte brandstof door het Franse bedrijf COGEMA hebben een inhoud van 120 liter en wegen na vulling gemiddeld 450 kg.
- *Het laag- en middelactieve afval en het andere hoogactieve afval* wordt gecementeerd, gebetonneerd of gebitumineerd naargelang zijn fysico-chemische kenmerken. Het wordt verpakt in standaardvaten van stalen. Deze hebben een inhoud van 400 liter en wegen na vulling meestal tussen 900 en 1000 kg. Er bestaan echter ook vaten van 200 liter.

Twee installaties onderscheiden zich onder de conditioneringsinstallaties van Belgoprocess. De installatie PAMELA, die in 1985 in gebruik werd genomen, maakte de verglazing van hoogactief vast en vloeibaar afval mogelijk, alsook de cementering van middel- en hoogactief vast afval. De installatie CILVA is de nieuwe ultramoderne infrastructuur voor de verwerking en conditionering van laagactief vast en vloeibaar afval, die sinds 1994–1995 diverse verouderde installaties vervangt.

Tijdelijke opslag De colli geconditioneerd radioactief afval worden tijdelijk op de site van Belgoprocess opgeslagen in vijf speciaal hiervoor ontworpen gebouwen. Deze zijn voorzien van gepaste afschermingen en, indien nodig, van systemen voor bediening van op afstand.

- *Het laagactieve afval* wordt opgeslagen in twee gebouwen met muren uit gewapend beton van 25 cm dik.
- *Het middelactieve afval* wordt opgeslagen in een gebouw met muren uit gewapend beton van 80 cm dik. Dit gebouw is uitgerust met hetzelfde type afstandsbedieningssystemen als de gebouwen die bestemd zijn voor de opslag van laagactief afval.
- *Het hoogactieve afval* wordt opgeslagen in twee gebouwen met muren uit gewapend beton van 1,2 tot 1,7 m dik. Deze gebouwen zijn ontworpen om te weerstaan aan extreme omgevingsfactoren zoals aardbevingen, explosies of het neerstorten van militaire vliegtuigen, en hun verwachte levensduur bedraagt 75 tot 100 jaar. Binnen in deze gebouwen worden de containers gemanipuleerd door afgeschermdde laadmachines die van op afstand worden bediend; de warmte die de containers uitstralen, wordt afgevoerd door een krachtig ventilatiesysteem. Het afval zal er minstens 50 jaar lang worden bewaard, dat wil zeggen tot het voldoende is afgekoeld om definitief te worden geborgen.

De hoeveelheden radioactief afval die door Belgoprocess worden opgeslagen, nemen gestaag toe; het tempo zal versnellen door de opvoering van de ontmantelingsactiviteiten in de 21^e eeuw. Eind 1998 herbergde Belgoprocess 10845 m³ (25910 colli) geconditioneerd afval van categorie A, 3715 m³ (15313 colli) geconditioneerd afval van categorie B en 215 m³ (2335 colli) geconditioneerd afval van categorie C (tabel 3.1).

Tabel 3.1 Vergelijking van de volumes geconditioneerd radioactief afval die eind 1998 op de site van Belgoprocess waren opgeslagen met de volumes die worden verwacht tegen 2060, dat wil zeggen tegen het einde van de ontmanteling van de bestaande kerninstallaties (sectie 3.3). Het handhaven of opgeven van de optie bestaande uit de opwerking van de gebruikte brandstof beïnvloedt duidelijk het verwachte volume afval van categorie C.

	Bestaande volumes	Verwachte volumes (totaal)		Percentages	
		met opwerk.	zonder opwerk.	met opwerk.	zonder opwerk.
Categorie A	10 845 m ³	60 000 m ³	60 000 m ³	18 %	18 %
Categorie B	3 715 m ³	8 800 m ³	7 800 m ³	42 %	48 %
Categorie C	215 m ³	900 m ³	6 700 m ³	24 %	3 %

Hoewel de tijdelijke opslag van geconditioneerd radioactief afval een aanvaardbare oplossing is op korte termijn voor alle types afval, is de verlenging ervan, als oplossing op lange termijn, veel moeilijker. Voor afval van categorieën B en C is dit zelfs uitgesloten. Een goed ontworpen oppervlakteberging of diepe berging daarentegen biedt de mogelijkheid het radioactieve afval van de biosfeer te isoleren zodat het op termijn geen enkele interventie van de toekomstige generaties vereist.

3.2 Het beheer op lange termijn: een uitdaging binnen ons bereik

De verrichtingen met betrekking tot het beheer op lange termijn van radioactief afval, die zich in België nog in het onderzoeks- en ontwikkelingsstadium bevinden, beogen bergingsconcepten uit te werken die de toekomstige generaties een veilige en goed beheerste nucleaire erfenis kunnen garanderen. Dergelijke bergingsinstallaties moeten mens en milieu op termijn passief — dat wil zeggen zonder externe interventie — tegen de mogelijke schadelijke gevolgen van het afval kunnen beschermen. Zo zal de oppervlakteberging slechts gedurende een periode van 300 jaar zorgvuldig toezicht vergen, terwijl een dergelijk toezicht voor diepe berging waarschijnlijk slechts nodig is gedurende enkele decennia na sluiting van de bergingsinstallatie.

Hoewel de berging van radioactief afval betekent dat er a priori geen intentie bestaat het terug te nemen, moet de berging die in België wordt overwogen toch zo ontworpen zijn dat ze omkeerbaar is, wat betekent dat ze de toekomstige generaties de mogelijkheid moet bieden het afval vóór en zelfs na de sluiting van de bergingsinstallatie terug te nemen indien ze dit wensen. De verschillende fasen van het bestaan van een dergelijke berging — het bouwen, vullen en sluiten — zullen overigens slechts stap per stap op elkaar volgen, waarbij voor elke stap grondige tussentijdse veiligheidsevaluaties uitgevoerd zullen moeten worden. Hierdoor is het beslissingsproces stapsgewijs en is het eventueel mogelijk op een vroegere beslissing terug te komen (sectie 6.4).

Alle bergingsmethodes die momenteel ergens ter wereld worden overwogen, steunen op twee principes: het natuurlijke verval van de radioactiviteit na verloop van tijd en de concentratie en insluiting van het radioactieve afval met behulp van op elkaar volgende kunstmatige en natuurlijke barrières. Het verval van de radioactiviteit is een bekend natuurlijk fenomeen, waardoor nauwkeurig kan worden berekend hoe lang het duurt voordat een afvalcollo van een bepaalde categorie niet langer radiologisch gevaarlijk is, zodat het

volstaat dit collo zolang van de biosfeer te isoleren. Dit is de rol van de multibarrières, die het afval op één enkele plek concentreren en het van de biosfeer isoleren volgens het model van de Russische poppetjes, met dit verschil: de opeenvolgende barrières zijn van verschillende aard. Ze dragen allemaal, en los van elkaar, bij tot het beperken van de verspreiding van de radioactieve stoffen in de biosfeer zodat de radiologische impact van het geborgen afval te verwaarlozen is en blijft tegenover die van de natuurlijke radioactiviteit. De eerste twee barrières zijn kunstmatige barrières: het zijn de afvalcolli en de eigenlijke bergingsinstallatie. De derde barrière is een natuurlijke: het is het geologische milieu waarin de eerste twee barrières zijn geïntegreerd.

- *Het afvalcollo* moet de radioactiviteit zo lang mogelijk insluiten. Deze rol wordt vervuld door de conditioneringsmatrix en de metalen verpakking. Twee van de drie huidige algemene concepten voor de berging van afval van categorie A voorzien echter in een postconditionering van de vaten met geconditioneerd afval in betonnen containers, zodat monolieten worden gevormd, die op hun beurt de te bergen colli worden (hoofdstuk 8).
- *De bergingsinstallatie*, aan de oppervlakte of in de diepte, herbergt de colli radioactief afval en moet ze beschermen. Deze installatie wordt vervaardigd uit beton en moet op het einde van haar exploitatie op adequate wijze worden verzegeld en beschermd.
- *De geologie van de bergingsite* moet de twee kunstmatige barrières beschermen. Bovendien moet ze, nadat de kunstmatige barrières hun dichtheid hebben verloren, de migratie van de resterende radioactieve stoffen naar de biosfeer voldoende vertragen of ze voldoende verdunnen opdat deze radioactiviteit geen risico meer zou opleveren voor mens en milieu. Hiertoe moet de geologie aan specifieke veiligheidseisen voldoen (sectie 6.5).

De keuze van het type berging — aan de oppervlakte of in de diepte — is afhankelijk van de halveringstijd en de activiteit van het te bergen afval. Afval van categorie A kan aan de oppervlakte worden geborgen, of eventueel net onder het oppervlak, aangezien het mogelijk is installaties te bouwen die een voldoende integriteit bewaren gedurende de vereiste periode, dat wil zeggen zo'n 300 jaar lang, opdat het radioactiviteitsniveau door het natuurlijke verval zou afnemen tot op een niveau dat aanvaardbaar is voor de volksgezondheid. Nauwlettend toezicht van deze installaties is echter nodig gedurende deze zelfde periode. Tot voor kort werd de berging in een diepe geologische laag vooral bestudeerd voor de berging van afval van categorieën B en C, waarvoor deze berging de enige oplossing is die redelijkerwijs

kan worden overwogen. Momenteel wordt deze methode eveneens overwogen voor afval van categorie A, conform de nieuwe opdrachten die de ministerraad NIRAS in januari 1998 heeft toevertrouwd (sectie 4.4). Ze garandeert op passieve en robuuste wijze de veiligheid op lange termijn en vergt in principe slechts een zeer beperkt toezicht na de sluiting ervan.

Bij de oplossing van de oppervlakteberging, die door NIRAS werd ontwikkeld, wordt het concept van de postconditionering (sectie 8.1) toegepast. De vaten met geconditioneerd afval worden in groepen van vier in betonnen containers geïmmobiliseerd om monolieten te vormen die op hun beurt in bergingsmodules, eveneens vervaardigd uit beton, worden geplaatst. Deze modules, die met een betonnen sluitplaat zullen worden bedekt, zullen overigens worden beschermd door verscheidene lagen kunstmatige en natuurlijke waterdichte materialen — water is het enige belangrijke element voor het transport van radioactieve stoffen naar de omgeving. Wanneer het vullen van de berging beëindigd is en de modules bedekt zijn onder verscheidene beschermingslagen kan de site worden afgedekt met een laag vegetatie, die het landschap een natuurlijk aanzicht geeft. De bergingsinstallatie zal inspectiegalerijen omvatten, waardoor eventuele radioactiviteitslekken kunnen worden opgespoord. Dit is in het weinig waarschijnlijke geval dat de kunstmatige barrières vroegtijdige tekortkomingen zouden vertonen. Na haar sluiting zal de bergingsinstallatie ongeveer 300 jaar lang moeten worden gecontroleerd; deze controle zal in hoofdzaak bestaan uit analyses van het grondwater, de bodem en de lucht, waarna de site definitief een andere bestemming kan krijgen.

De oplossing van de diepe berging veronderstelt de bouw van een installatie voor een berging op grote diepte, een oplossing waarover momenteel een consensus op internationaal niveau bestaat, in elk geval voor de berging van afval van de categorieën B en C. Deze bergingsinstallatie zou in een kleilaag worden gebouwd.

In 1974 startte het SCK·CEN met een onderzoeksprogramma rond de Boomse Klei, die daar in de ondergrond aanwezig is; doel hiervan was de mogelijkheid te bestuderen de klei te gebruiken voor de berging van afval van de categorieën B en C. Onlangs werd dit werkprogramma, dat sinds het midden van de jaren tachtig door NIRAS wordt beheerd, uitgebreid tot de Ieperiaan Klei. Zoals blijkt uit het rapport SAFIR 1 [2], dat tegen het midden van het jaar 2000 door het rapport SAFIR 2 zal worden aangevuld, werd door dit programma een enorme hoeveelheid kennis verzameld. Via veiligheidsevaluaties toonde dit programma aan dat de kleilagen een doeltreffende bescherming op zeer lange termijn vormen. Deze lagen zijn inderdaad weinig

doordringbaar voor water en vertragen de migratie van radioactieve stoffen met lange halveringstijd naar de biosfeer op efficiënte wijze. Ze zijn al miljoenen jaren stabiel en bezitten dankzij hun plastische aard bovendien een goed zelfhelend vermogen. Na verloop van tijd sluiten uitgravingen en scheuren zich spontaan in deze lagen.

De werkzaamheden van het SCK•CEN hebben snel geleid tot het bouwen van de ondergrondse onderzoeksinstallatie HADES, gelegen op 225 meter diepte. Hierdoor werd meteen bewezen dat het mogelijk is op industriële wijze galerijen met een gepaste diameter uit te graven in de klei. Door de experimenten die het SCK•CEN er sinds een vijftiental jaren in situ uitvoert, kon er, dankzij het gebruik van gesimuleerd afval, een aanzienlijke schat aan kennis worden opgebouwd inzake de verenigbaarheid, dat wil zeggen de wederzijdse invloed, van het geconditioneerde radioactieve afval met de omgevende klei. Deze experimenten hebben met name geleid tot het programma PRACLAY, waarmee het concept van de berging voor het verglaasde afval, afkomstig van de opwerking, de demonstratiefase is ingegaan.

Aanvullende onderzoeks- en ontwikkelingsactiviteiten zijn echter noodzakelijk om de verenigbaarheid van afval van categorie A met de kleiformatie te bestuderen. Vooral de impact van de corrosiefenomenen van dit afval in de klei wordt nog grondig bestudeerd. Dit afval bevat inderdaad niet te verwaarlozen hoeveelheden metalen die makkelijk kunnen corroderen en tot de productie van aanzienlijke hoeveelheden gas zouden kunnen leiden. Hierdoor zou er, rekening houdend met de zeer geringe doorlatendheid van de klei, op termijn een plaatselijke overdruk kunnen ontstaan, waardoor er zich scheuren zouden kunnen voordoen; dit zou schadelijk zijn voor een correcte insluiting van het afval.

Momenteel overweegt NIRAS twee concepten voor de diepe berging van afval van categorie A: de rechtstreekse berging van de vaten met geconditioneerd afval en de berging van deze vaten na conditionering in de vorm van monolieten (sectie 8.2). Deze twee concepten impliceren de bouw van een net van horizontale galerijen in een van de kleilagen die in de ondergrond aanwezig zijn. Twee toegangsschachten zouden leiden naar een of twee hoofdgalerijen die het transport en de behandeling van de afvalcolli mogelijk maken. Deze galerijen zouden toegang verlenen aan galerijen met een kleinere diameter, bestemd voor de berging van de colli. De lege ruimten in de bergingsinstallatie zouden worden opgevuld met behulp van opvullingsmateriaal.

3.3 Vooruitzichten inzake de productie van afval zijn onontbeerlijk

Elke goede voorraadbeheerder moet op elk moment de toestand van de voorraden onder zijn beheer kennen en hun waarschijnlijke evolutie kunnen anticiperen: hetzelfde geldt bij het beheer van radioactief afval. Om haar opdracht tot een goed einde te brengen, moet NIRAS permanent beschikken over een nauwkeurige kwalitatieve en kwantitatieve inventaris van de toestand van de afvalhoeveelheid waarmee zij momenteel wordt geconfronteerd en waarmee zij de volgende decennia geconfronteerd zal worden. Een dergelijke inventaris vereist een constante opvolging van de toestand van de bestaande hoeveelheid geconditioneerd en niet-geconditioneerd afval en een regelmatige bijwerking van de vooruitzichten inzake de productie van afval. Uiteraard worden deze vooruitzichten op de eerste plaats beïnvloed door de duur en de omvang van het Belgische elektronucleaire programma, dat eveneens het tijdschema voor het beheer van het afval tot de berging ervan bepaalt.

Voor de komende tien tot twintig jaar zijn de kwalitatieve en kwantitatieve hypothesen met betrekking tot de productiegegevens van radioactief afval vrij nauwkeurig. De hoeveelheid niet-geconditioneerd afval die bij Belgoprocess is opgeslagen, is immers bekend; de vooruitzichten van de producenten die aan NIRAS worden medegedeeld, kunnen worden gecontroleerd door te vergelijken met de leveringen van de vorige jaren, en de ontmantelingsprogramma's van de stilgelegde installaties van Belgoprocess en het SCK·CEN zijn vrij goed gedefinieerd.

De vooruitzichten inzake het totale volume ontmantelingsafval van de kerninstallaties blijken echter onzeker. Hiervoor zijn drie redenen te vinden: het bestaan van talrijke mogelijke scenario's wat het beheer van de verschillende fasen van de ontmanteling van elke installatie en de uiteindelijke bestemming van de site betreft, de afwezigheid van een gevestigde industriële praktijk en de evolutie naar technieken die steeds efficiënter worden.

Omdat de elektriciteitsproducenten momenteel geen definitieve ontmantelingsstrategie hebben, moet NIRAS haar ramingen baseren op werkhypothesen voor het afval dat afkomstig zal zijn van de toekomstige ontmanteling van de bestaande kerninstallaties. Het realistische scenario waarvoor NIRAS heeft gekozen, veronderstelt de volledige ontmanteling van elk van de zeven Belgische commerciële kernreactoren op het einde van een exploitatieperiode van veertig jaar.

Volgens haar hypothesen raamt NIRAS de hoeveelheden geconditioneerd afval die tegen het einde van alle ontmantelingswerken geproduceerd zullen zijn, dit wil zeggen tegen het jaar 2060, op de volgende volumes.

- *60000 m³ afval van categorie A* Dit afval, zo'n 135000 ton, vormt ongeveer 80% van het totaal van het verwachte radioactieve afval, voor alle categorieën samen. Momenteel stemt het overeen met een jaarproductie van minder dan een halve kilo per inwoner voor het hele huidige Belgische kernprogramma, dat wil zeggen minder dan 0,02% van het totaal van het geproduceerde industriële en huishoudelijke afval. Gemiddeld produceert elke Belg elk jaar inderdaad zo'n 300 kg huishoudelijk en 2,5 ton industrieel afval, waarvan bijna 100 kg giftig is. Eind 1998 was reeds 10845 m³ afval van categorie A in de gebouwen van Belgoprocess opgeslagen. Rond het jaar 2030, wanneer alle huidige kerninstallaties het einde van hun actieve leven zullen hebben bereikt, zal het gecumuleerde volume van dit afval 30000 m³ bedragen. Daarna zal het toenemen met een gemiddeld tempo van 1000 m³ per jaar door de ontmantelingswerken in deze installaties, die zo'n dertig jaar zullen duren. Tegen 2060 zal het volume dus verdubbeld zijn; het zal echter ver onder het cijfer van 150000 m³ blijven, dat in het midden van de jaren tachtig door NIRAS werd geraamd en tot het begin van de jaren negentig onveranderd is gebleven. (Deze daling vormt een tastbaar bewijs van de preventie-inspanningen die aan de bron door de afvalproducenten worden geleverd en van de verbetering van de ontsmettingstechnieken.) In het totaal zou België zijn hoeveelheden geconditioneerd radioactief afval van categorie A de komende zestig jaar dus moeten zien stijgen met ongeveer 50000 m³.

In tegenstelling tot een vrij wijd verspreid idee wordt het in het totaal verwachte volume geconditioneerd afval van categorie A slechts in geringe mate beïnvloed door de exploitatieduur van de reactoren. Het totale volume van het ontmantelingsafval, dat op 26000 m³ wordt geraamd, vormt inderdaad een vast volume, afkomstig van installaties die nog in werking zijn of reeds zijn stilgelegd. Met andere woorden, zelfs indien België vandaag zou afstappen van kernenergie, zou ons land in elk geval zo'n twee derde van het totale volume radioactief afval moeten beheren dat geproduceerd zou worden indien het huidige elektronucleaire programma zou worden voltooid; bij het ontmantelingsafval moeten immers nog de 11000 m³ reeds geproduceerd afval worden gevoegd.

Bij wijze van vergelijking, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk, die de grootste producenten van radioactief afval van West-Europa zijn, zullen tegen het jaar 2020 een volume geconditioneerd laagactief afval hebben geproduceerd dat tussen 1 en 1,5 miljoen m³ ligt. Ze worden gevolgd

door Duitsland, Finland, Spanje, Zweden en Zwitserland, die elk zo'n 50000 tot 200000 m³ van dergelijk afval zullen produceren.

- *7800 tot 8800 m³ afval van categorie B* Eind 1998 had Belgoprocess 3715 m³ afval van categorie B opgeslagen. De geleidelijke terugkeer van afval van de opwerking van Belgische gebruikte brandstof door het Franse bedrijf COGEMA, de sanering van de nucleaire passiva en de ontmantelingswerken zullen bijkomend 5085 m³ afval vertegenwoordigen. Indien er van opwerking van toekomstige brandstof zou worden afgezien, zou 1000 m³ afval van categorie B van het geraamde totaal moeten worden afgetrokken, waardoor het 7800 m³ zou bedragen.
- *900 tot 6700 m³ afval van categorie C* Eind 1998 bedroeg de hoeveelheid afval van categorie C 215 m³. Volgens de hypothese van een volledige opwerking van de toekomstige gebruikte brandstof van de Belgische centrales door het Franse bedrijf COGEMA zou deze hoeveelheid met 700 m³ toenemen; indien deze brandstof niet zou worden verwerkt, zou het bijkomende afval van categorie C bestaan uit 76 m³ glascontainers, die reeds geproduceerd zijn maar nog uit Frankrijk teruggevoerd moeten worden, en uit 6400 m³ geconditioneerde gebruikte brandstof.

Tweede deel

De berging van afval van categorie A en de oprichting van lokale partnerschappen

In het begin van de jaren negentig was NIRAS van plan de toekomstige site voor de berging van afval van categorie A te selecteren volgens een technische methodologie die slechts in geringe mate rekening hield met de lokale context en de mening van de bevolking. Door de soms hevige reacties van de publieke opinie en de aanbevelingen van onafhankelijke deskundigen begon zij haar werkmethode echter geleidelijk aan in twijfel te trekken. Dit werd onvermijdelijk door de beslissing van de ministerraad van 16 januari 1998.

De beslissing van de ministerraad lag in de lijn van de aanbevelingen van NIRAS inzake het beheer op lange termijn van afval van categorie A. De ministerraad opteerde voor dit afval inderdaad voor een definitieve oplossing of voor een oplossing die definitief kan worden. Bovendien moest deze oplossing stapsgewijs en flexibel toegepast kunnen worden, en moest ze omkeerbaar zijn, wat betekent dat ze het terugnemen van het afval mogelijk moest maken.

De ministerraad vertrouwde NIRAS eveneens drie nieuwe opdrachten toe, die de regering in staat moeten stellen, zodra mogelijk, een technische en economische keuze te maken tussen oppervlakteberging en diepe berging. NIRAS moest hiertoe

- ▣ de concepten van de oppervlakteberging uitdiepen en voltooien, met name wat de omkeerbaarheid en de controleerbaarheid betreft;
- ▣ de uitvoerbaarheids- en kostenstudies voor de diepe berging uitdiepen en voltooien;
- ▣ methodes ontwikkelen, met inbegrip van de beheer- en overlegstructuren, waarmee een bergingsproject op plaatselijk niveau kon worden geïntegreerd.

NIRAS moest haar onderzoek voortaan beperken tot de vier bestaande nucleaire zones — dit wil zeggen Doel, Fleurus–Farciennes, Mol–Dessel–Geel en Tihange — en tot de gemeenten die belangstelling toonden voor de uitvoering van een voorafgaande studie op hun grondgebied. Tot slot moest NIRAS haar nieuwe opdrachten vervullen in samenwerking met de veiligheidsdiensten, in het bijzonder het FANC, voor alle aspecten die verband houden met de veiligheid van de installaties en de bescherming van het milieu.

Op grond van deze evolutie besloot NIRAS haar werkprogramma te herzien en haar methodologie te verbeteren. De verplichting die haar was opgelegd om methodes te ontwikkelen voor de integratie van een bergingsproject op plaatselijk niveau, waarbij zij zich voortaan moest beperken tot bepaalde types zones, betekende dat het ogenblik was aangebroken om meer te denken aan de bekommernissen en verlangens van het publiek.

NIRAS zette dan ook een nieuw werkprogramma op en werkte samen met de Universitaire Instelling Antwerpen (UIA) en de *Fondation universitaire luxembourgeoise* (FUL) een rijkere methodologie uit, die haar de mogelijkheid biedt haar nieuwe opdrachten te vervullen. Concreet gezien stelde NIRAS eind 1998 alle gemeenten, die na een eerste contact interesse hadden getoond, voor samen met hen rond de tafel te gaan zitten en lokale partnerschappen op te richten met die gemeenten waarvan de kandidatuur mogelijk in aanmerking zal komen. Deze partnerschappen zullen verantwoordelijk zijn voor het voorstellen en ontwikkelen van een voorontwerp van berging, elk geïntegreerd in een globaal voorontwerp dat een toegevoegde waarde inhoudt voor de betrokken regio en waarover een ruime consensus bestaat, zonder evenwel toegevingen te doen op het vlak van de veiligheid. NIRAS is er voortaan immers van overtuigd dat de concretisering van een bergingsproject via vroegtijdig overleg en vroegtijdige onderhandelingen met de betrokken plaatselijke bevolkingsgroepen moet gaan, en dus niet wanneer alles of zo goed als alles reeds beslist is.

Dit tweede deel stelt het nieuwe werkprogramma van NIRAS voor inzake de berging van afval van categorie A; dit afval is het minst gevaarlijke type radioactief afval dat echter ook in de grootste hoeveelheden aanwezig is. Na een beschrijving van het historische kader waarin dit project past, licht dit deel de nieuwe methodologie toe die samen met UIA en FUL werd uitgewerkt om een voorontwerp voor berging op lokaal niveau te integreren. Vervolgens worden de verschillende aspecten bekeken waarmee bij de uitwerking van dergelijke voorontwerpen rekening moet worden gehouden: de veiligheid, het voorafgaande bodem- en terreinonderzoek, de eigenlijke conceptstudies, de milieuaspecten en de evaluatie van de verbonden kosten.

4 De historische context	26
4.1 De 98 mogelijk gunstige zones	26
4.2 De methodologie voor de selectie van sites	28
4.3 Het onderzoek naar alternatieven voor oppervlakteberging	28
4.4 De beslissing van de ministerraad	29
4.5 De militaire sites	30

5 De lokale partnerschappen	31
5.1 Een nieuw werkprogramma, een nieuwe methodologie	31
5.2 De partnerschappen zijn representatief en hebben het initiatief	32
5.3 De partnerschappen worden op vier niveaus georganiseerd	34
6 De veiligheid	38
6.1 Radioactiviteit is overal rondom ons	39
6.2 De veiligheidsfuncties: een kader voor de argumentatie	40
6.3 De veiligheidsdemonstratie: meer dan een wiskundige oefening	43
6.4 De berging zal stapsgewijs, flexibel en omkeerbaar zijn	45
6.5 Het nieuwe werkprogramma geeft voorrang aan de veiligheid	46
7 Het bodemonderzoek	48
7.1 Oppervlakteberging: het onderzoek is begonnen	48
7.2 Diepe berging: er bestaan reeds veel gegevens	53
8 De conceptstudies	54
8.1 Oppervlakteberging: concept met monolieten	55
8.2 Diepe berging: directe berging of concept met monolieten	58
8.3 Het type van gebouwen hangt weinig af van de oplossing	60
9 Het leefmilieu	62
10 De kosten	64
10.1 Een volledig parametrizeerbare evaluatiemethode	64
10.2 De meest recente resultaten: de beste referentie	65

4 De historische context

De activiteiten van NIRAS inzake het beheer op lange termijn van afval van categorie A zijn zeer kort na haar oprichting van start gegaan. In 1984 was de voortzetting van de zeeberging van geconditioneerd laagactief afval — door België courant toegepast tot het begin van de jaren tachtig — immers erg onzeker geworden, omdat België dat jaar vrijwillig het internationaal moratorium had onderschreven dat in 1983 tot stand was gekomen tussen de ondertekenende landen van het Verdrag van Londen inzake de voorkoming van zeeverontreiniging. (Dit moratorium werd in 1993 overigens omgezet in een definitief verbod.) Als gevolg hiervan was NIRAS genoodzaakt studies aan te vatten om een veilige en technisch haalbare vervangingsoplossing te vinden voor de berging van dit type afval op nationaal grondgebied. Deze studies, die in het verlengde liggen van belangrijke onderzoeks- en ontwikkelingsprogramma's die door de Europese Commissie en andere internationale organisaties worden opgezet, hebben diverse ontwikkelingen gekend en zijn in opeenvolgende syntheserapporten beschreven.

4.1 De 98 mogelijk gunstige zones

Van 1985 tot 1987 maakte NIRAS een eerste bibliografische selectie van zones die mogelijk geschikt waren voor de inplanting van een oppervlaktebergingsinstallatie voor afval van categorie A, op basis van de criteria van internationale instellingen zoals het IAEA en het NEA of van nationale instellingen zoals de Amerikaanse *Nuclear Regulatory Commission* (NRC). Ze stelde vijf zones met gunstige geologische kenmerken voor: de zones Chimay, Custine en Marche-en-Famenne in het zuiden van het land en de zones Alveringem en Kruibeke in het noorden van het land.

In die tijd overwoog NIRAS evenwel twee alternatieven voor de oppervlakteberging van afval van categorie A: het gebruik van oude steenkoolmijnen of steengroeven en de diepe berging in een kleiformatie. Het rapport NIROND 90-01, dat in 1990 werd gepubliceerd met als titel *De berging van laagactief afval: stand van zaken en vooruitzichten* [3], kwam echter tot het besluit dat van de drie voorgestelde opties, de optie oppervlakteberging de gunstigste perspectieven bood, zowel op het vlak van de technische uitvoerbaarheid als op het vlak van de veiligheid en de kosten. Het rapport verwierp definitief de optie mijnen of steengroeven — die in werkelijkheid maar een variant op de diepe berging was — wegens het risico op besmetting van de watervoerende lagen. Het rapport herinnerde er overigens aan dat de in Mol uitgevoerde studies over de Boomse Klei de noodzaak hadden aangetoond van bijko-

mend onderzoek naar de chemische verenigbaarheid van het afval met het gastgesteente. Daarom besloot NIRAS, met de toestemming van haar voorgedijminister (de minister die bevoegd is voor energie), haar inspanningen toe te spitsen op de studie van oppervlakteberging. (Frankrijk en Spanje hadden dezelfde keuze gemaakt voor hun afval van categorie A en bouwden in die tijd respectievelijk de bergingsinstallaties van Soulaines en El Cabril.)

NIRAS begon toen, nog steeds op bibliografische basis, met de uitbreiding van haar eerste studie om meer zones af te bakenen. Van 1990 tot 1993 identificeerde ze op het hele nationale grondgebied de zones die mogelijk in aanmerking kwamen voor de inplanting van een oppervlaktebergingsinstallatie voor afval van categorie A. Ze werkte in twee fasen, waarbij ze een rigoureuze selectie van de bestudeerde zones vermeed. In een eerste fase werden de zones geselecteerd waarvan de ondergrond opgebouwd is uit zandformaties die op kleiformaties rusten. De lithologische structuur “doorlatende laag op ondoorlatende laag” maakt immers een betere lokalisatie van de waterbronnen mogelijk en zou de flux van radio-elementen die eventueel uit de bergingsinstallatie zou ontsnappen, kanaliseren. Deze studie bracht NIRAS tot de identificatie van 68 mogelijk gunstige zones in de provincies Brabant, Oost- en West-Vlaanderen, Henegouwen en Limburg. In een tweede fase werd de afbakening van de gunstige zones uitgebreid tot de zones met een schiefersubstraat met een contrasterende doorlatendheid, met andere woorden bestaande uit relatief doorlatende verweerde schiefers aan de oppervlakte op minder doorlatende onverweerde schiefers in de diepte. Deze uitbreiding van het onderzoek leverde 30 bijkomende zones op in de provincies Luik, Luxemburg en Namen.

De bibliografische studie van NIRAS leidde in 1994 tot de publicatie van het rapport NIROND 94-04 met als titel *De oppervlakteberging, op Belgisch grondgebied, van laagactief afval en afval met korte halveringstijd: synthese en aanbevelingen* [4]. Dit rapport concludeerde dat het technisch mogelijk is minstens 60% van het in België geproduceerde afval van categorie A op een veilige manier aan de oppervlakte te bergen. Het bevat bovendien een lijst van de 98 zones die mogelijk gunstig zijn voor de inplanting van een oppervlaktebergingsinstallatie voor dit type afval. De beoordeling van het rapport door de raadgevende wetenschappelijke commissie, die met het oog op dit onderzoek door de raad van bestuur van NIRAS was opgericht en bestond uit deskundigen uit verschillende disciplines, werd afgesloten met een algemeen positief advies. De commissie oordeelde namelijk dat “het concept van de oppervlakteberging in het huidige stadium van de studies vanuit technisch oogpunt kan worden beschouwd als realiseerbaar voor de berging op Belgisch grondgebied van een belangrijke fractie van het laagactieve afval en

het afval met korte halveringstijd”. Ze raadde ook aan “het onderzoeksgebied uit te breiden tot de economische en menswetenschappelijke aspecten”.

Het rapport van 1994 ging zeker niet onopgemerkt voorbij en werd unaniem verworpen door de betrokken gemeenten, wat de aanbevelingen van de commissie bevestigde. NIRAS moest rekening houden met de sociaal-economische aspecten van de inplanting van een bergingsinstallatie.

4.2 De methodologie voor de selectie van sites

Overeenkomstig de aanbevelingen van het rapport NIROND 94–04 [4] begon NIRAS een aangepaste methodologie te ontwikkelen voor de selectie, volgens objectieve criteria, van de beste bergingssites uit de 98 geïdentificeerde mogelijk gunstige zones. Ze dacht, een beetje naïef misschien, dat de effectieve inplanting van een bergingsinstallatie vanzelf zou gaan, zodra ze bewezen zou hebben dat de geselecteerde site technisch gesproken tot de best mogelijke behoorde. Wegens de beperkte levensduur van een oppervlakteberginginstallatie — hoe zorgvuldig deze ook uitgevoerd is — is het immers raadzaam ze in een omgeving te plaatsen die, door haar kenmerken, de onverwachte tekortkomingen van de kunstmatige barrières vóór het einde van de insluitingsperiode alsook de hoe dan ook onvermijdelijke tekortkomingen op langere termijn kan ondervangen. Naast de verwachte geologische, hydrogeologische en radiologische aspecten hield deze methodologie rekening met ecologische en sociaal-economische overwegingen. Als gevolg van de wending die een deel van het onderzoek ondertussen had genomen, heeft NIRAS de samenvatting van deze studie echter nooit gepubliceerd.

4.3 Het onderzoek naar alternatieven voor oppervlakteberging

Om de onrust te bedaren die de publicatie van het rapport NIROND 94–04 had teweeggebracht en om uit de impasse te raken, gaf de regering NIRAS in juni 1995 de opdracht een studie te maken over de mogelijke alternatieven voor de oppervlakteberging van afval van categorie A. Deze studie moest haar in staat stellen een definitieve keuze inzake het beheer op lange termijn van dit type afval te maken op basis van een onderzoek van de diverse mogelijke alternatieven, rekening houdend met hun respectieve veiligheid en kosten. NIRAS begon dus de uitvoerbaarheid te bestuderen van twee alternatieven voor de oppervlakteberging: verlenging van de tijdelijke opslag van dit afval in speciaal daartoe ontworpen gebouwen, of berging in diepe geologische lagen zoals voor het afval van categorieën B en C. Voortaan werden dus drie

types oplossingen overwogen die mogelijk konden voldoen aan de technische vereisten van het beheer op lange termijn van radioactief afval: een voorlopige oplossing, namelijk langdurige opslag, en twee definitieve oplossingen, namelijk oppervlakte- of diepe berging.

Het eindrapport van de studie over de alternatieven, met als titel *Vergelijking van de verschillende opties voor het beheer op lange termijn van laagactief en kortlevend afval: aspecten veiligheid en kostprijsverschillen* (NIROND 97-04 [5]) werd midden 1997 aan de federale overheid bezorgd. Hierin werd de regering geadviseerd om haar keuze tussen voorlopige en definitieve oplossing te baseren op ethische overwegingen. NIRAS verdedigde in dit rapport de idee dat het de verantwoordelijkheid van de huidige generaties is ervoor te zorgen dat de toekomstige generaties zich niet actief moeten bekommeren om het beheer van het radioactieve afval dat ze overerven; het keurde dus elke voorlopige oplossing af. Een voorlopige oplossing zou immers een beheer en een controle op lange termijn vereisen en heel waarschijnlijk ook een latere beslissing tot een definitieve oplossing. Berging, de oplossing die overigens aanbevolen wordt op internationaal vlak, vergt daarentegen enkel een nauwgezette bewaking: ongeveer 300 jaar na de sluiting in het geval van oppervlakteberging; waarschijnlijk enkele decennia in het geval van diepe berging.

4.4 De beslissing van de ministerraad

Op basis van het rapport over de alternatieven besliste de ministerraad op 16 januari 1998 voortaan elke voorlopige oplossing voor het beheer op lange termijn van het afval van categorie A te verwerpen en NIRAS nieuwe opdrachten toe te vertrouwen, waarbij tegelijk het kader van haar onderzoek werd beperkt. De ministerraad vroeg NIRAS met name de methodes te ontwikkelen die het mogelijk zouden maken een bergingsproject op lokaal niveau te integreren, en zich voortaan te beperken tot de vier bestaande nucleaire zones — namelijk Doel, Fleurus-Farciennes, Mol-Dessel-Geel en Tihange — alsook tot de gemeenten die belangstelling zouden tonen voor de uitvoering van een voorbereidende studie op hun grondgebied. Deze evolutie wijzigde het werkprogramma van NIRAS en meer bepaald haar methodologie voor de selectie van sites op basis van de 98 mogelijk gunstige zones die ze in 1994 had geïdentificeerd. Geen sprake meer van de klassieke en per slot van rekening enigszins autoritaire benadering die tot dan werd toegepast: het was tijd om te vernieuwen.

4.5 De militaire sites

Eind 1996 had NIRAS van haar voorgedijminister de opdracht gekregen een nieuwe bibliografische studie uit te voeren, ditmaal over de 25 militaire sites op het nationale grondgebied die op dat ogenblik aan hun vroegere bestemming werden onttrokken. Naast de mogelijkheid er een oppervlaktebergingsinstallatie te vestigen, moest NIRAS beoordelen in welke mate deze sites zich voor de bouw van een installatie voor langdurige opslag of van een diepe-bergingsinstallatie leenden. In de zomer van 1997 bracht deze studie NIRAS tot de identificatie van zestien mogelijk gunstige sites: elf gunstige sites voor langdurige opslag, één gunstige site voor een oppervlaktebergingsinstallatie en vier gunstige sites voor een diepe-bergingsinstallatie. De aldus geïdentificeerde militaire sites waren verdeeld over de provincies Antwerpen, Brabant, Henegouwen, Luik, Luxemburg en Namen.

Naar aanleiding van de voorbereidende studie over de militaire sites en slechts enkele dagen na de beslissing van de ministerraad, stelde de gemeente Beauraing zich kandidaat om een eerste studie te laten uitvoeren op de vroegere militaire basis van Baronville die zich op haar grondgebied bevond. Deze basis was één van de zestien sites die NIRAS had geselecteerd, en NIRAS liet er in mei 1998 dan ook een verkenningscampagne uitvoeren. Het bodem- en terreinonderzoek had tot doel na te gaan of de geologie en de hydrogeologie van de site Baronville de gewenste kenmerken vertoonden om de veiligheid van een bergingsinstallatie voor afval van categorie A op lange termijn te garanderen. Het onderzoek toonde aan dat de site Baronville in aanmerking kon komen voor de ontwikkeling van een voorontwerp van berging, en het evaluatierapport van Belgatom *Reconnaisances géologiques préliminaires à Baronville* [6] werd in juni 1998 aan de federale overheid en het gemeentebestuur bezorgd. Het gemeentebestuur van Beauraing had er zich evenwel toe verbonden via een volksraadpleging na te gaan of de inwoners de idee van een bergingsproject in hun gemeente goedkeurden. Uit deze volksraadpleging, op 28 juni 1998, bleek dat ongeveer 95% van de inwoners van de gemeente tegen het project waren gekant. De gemeente heeft haar kandidatuur dus ingetrokken.

5 De lokale partnerschappen

Naar aanleiding van de beslissing van de ministerraad van 16 januari 1998 stelde NIRAS begin 1998 een nieuw werkprogramma op, gekoppeld aan een methodologie die volstrekt origineel was in de nucleaire en zelfs in de niet-nucleaire sector. Deze methodologie was in samenwerking met de UIA en de FUL uitgewerkt en moest NIRAS in staat stellen haar nieuwe opdrachten uit te voeren. NIRAS stelt de gemeentelijke overheden die dat wensen voortaan voor om — via representatieve lokale partnerschappen — effectief mee te helpen zoeken naar een oplossing voor het beheer op lange termijn van het afval van categorie A. Deze partnerschappen omvatten vier niveaus en krijgen als taak voorontwerpen van berging uit te werken, die elk opgenomen moeten zijn in een globaal voorontwerp dat nieuwe perspectieven opent voor de betrokken regio en waarover een brede consensus bestaat, zonder evenwel toegevingen te doen op het vlak van de veiligheid.

5.1 Een nieuw werkprogramma, een nieuwe methodologie

Het nieuwe werkprogramma van NIRAS, dat over vier tot vijf jaar loopt, veronderstelt de actieve deelname van alle geïnteresseerde representatieve lokale actoren. Het is in drie fasen verdeeld.

- Tijdens de eerste fase (gestart in 1998) zal NIRAS de mogelijke werkzones op het grondgebied van de geïnteresseerde gemeenten afbakenen, via voorbereidende administratieve en terreinstudies. Ze zal dan een lokaal partnerschap aangaan met elke kandidaat-gemeente die in aanmerking komt.
- Tijdens de tweede fase (tot 2000–2001) zal NIRAS de in aanmerking genomen werkzones grondig karakteriseren op het terrein en met elk partnerschap één of eventueel meer voorontwerpen van berging uitwerken, die geïntegreerd zijn in globale voorontwerpen die een meerwaarde bieden voor de betrokken regio en aangepast zijn aan haar noden en troeven.
- Tijdens de derde fase (in 2001–2002) zullen onafhankelijke deskundigen de voorgestelde voorontwerpen beoordelen op veiligheid, respect voor het milieu en sociaal-economische en culturele rendabiliteit. De partnerschappen beslissen dan of ze hun voorstellen al dan niet aan de regering voorleggen, zodat deze kan beslissen welke ze wil voortzetten.

Aangezien ze geen spontane kandidatuur meer heeft ontvangen sinds die van Beauraing begin 1998 (sectie 4.5), concentreert NIRAS haar activiteiten vandaag op de vier bestaande nucleaire zones. Het feit dat geen van deze zones op de lijst van de 98 mogelijk gunstige zones stond, zou de indruk kunnen

wekken dat ze zonder meer door de ministerraad werden aangeduid. Niettemin hebben ze, net als de andere Belgische gemeenten, de mogelijkheid hun medewerking aan eender welk bergingsproject te weigeren.

Het ligt dus niet in de bedoeling van NIRAS een bergingssite op te dringen aan welke gemeente dan ook. De oprichting van een lokaal partnerschap hangt immers zowel af van het resultaat van het voorbereidende bodem- en terreinonderzoek als van de belangstelling of desinteresse van de lokale overheid. Als het bodem- en terreinonderzoek niet overtuigend is of als de lokale overheid elke medewerking aan een partnerschap weigert, kan er gewoon geen sprake zijn van een voorontwerp voor de zone in kwestie. In het tegenovergestelde geval zal het partnerschap, dat de vertegenwoordigers van de lokale betrokkenen en NIRAS samenbrengt, tot taak hebben een voorontwerp van veilige berging te ontwikkelen, dat geïntegreerd is in een globaal voorontwerp dat op een grote sociale consensus berust.

Op geen enkel moment tijdens de drie fasen van het werkprogramma kan de deelname van de lokale overheid en van de representatieve lokale actoren aan een partnerschap dus beschouwd worden als een definitieve verbintenis van de betrokken gemeente om een bergingsinstallatie op haar grondgebied te laten bouwen. Haar vertegenwoordigers kunnen zich immers op elk moment uit het partnerschap terugtrekken, wat de onmiddellijke ontbinding ervan tot gevolg heeft. En zelfs indien een partnerschap een geïntegreerd voorontwerp van berging zou ontwikkelen, kan de betrokken gemeente, als ze dat wenst, uiteindelijk besluiten het niet aan de regering voor te leggen.

5.2 De partnerschappen zijn representatief en hebben het initiatief

In de praktijk is er bij de oprichting van de lokale partnerschappen een derde partij betrokken, in de persoon van een informateur die is afgevaardigd door de begeleidende teams van de UIA of de FUL. Deze informateur organiseert ter plaatse ontmoetingen en discussies, voordat het partnerschap wordt samengesteld. Hij kan in geen geval een partner worden.

De lokale partnerschappen bestaan uit alle geïnteresseerde representatieve lokale actoren alsook leden van NIRAS. Afgezien van deze laatste, die op grond van haar wettelijke opdracht en als ultieme verantwoordelijke voor de bergingsstudies een obligate partner is, moeten de potentiële partners dus hun woonplaats hebben in de betrokken gemeente(n).

De lokale partners zijn vooral de gemeentelijke overheden, ongeacht of ze een afzonderlijke gemeente vertegenwoordigen of een vereniging van twee of meer gemeenten. Andere mogelijke partners zijn plaatselijke ecologische, professionele of sociaal-culturele organisaties die hun zetel in de partnergemeente(n) hebben en bereid zijn zich toe te leggen op de studie en de ontwikkeling van een degelijk voorontwerp. Andere actoren kunnen via de werkgroepen aan de partnerschappen deelnemen als buitengewone leden. Dit zijn niet-lokale of supralokale betrokkenen (buurgemeenten, provincie, gewest, FANC, enz.) en particulieren (bepaalde gemeentambtenaren, personen wier deskundigheid of positie nuttig kan zijn voor het partnerschap, enz.).

De lokale partnerschappen beschikken over een grote vrijheid en doen dienst als forum waar nagedacht en onderhandeld wordt; ze moedigen het overleg op plaatselijk niveau aan en informeren de bevolking gedurende de hele periode over hun werkzaamheden. Het zijn zij die de ideeën voor de voorontwerpen voorstellen en ontwikkelen. Het is hun verantwoordelijkheid ervoor te zorgen dat de ontwikkelde voorontwerpen van berging geïntegreerd worden in globale voorontwerpen die een meerwaarde bieden voor de betrokken gemeenten en op een brede consensus berusten.

Alvorens de concrete uitwerking van zijn voorontwerp(en) van berging aan te vatten, verzamelt elk partnerschap alle inlichtingen die nodig zijn voor een gedetailleerde evaluatie van de kenmerken van de betrokken gemeente en van de potentiële bergingssite(s), en dit met de hulp van de begeleidende teams van de UIA, de FUL en NIRAS. Het voert vervolgens een diepgaande studie uit over de aldus verzamelde technische, sociaal-economische, ecologische en culturele gegevens, waarna het één of eventueel meer geïntegreerde voorontwerpen van berging uitwerkt.

De partners onderhandelen dan onderling over de verschillende voorgestelde voorontwerpen. Alleen indien een voorontwerp aan twee voorwaarden voldoet, kunnen ze besluiten het voort te zetten en concreet te ontwikkelen tot het stadium van maquette: enerzijds moet het voorontwerp veilig worden geacht door NIRAS; anderzijds moet het in de ogen van alle partners een voldoende grote sociaal-economische aantrekkingskracht hebben. Wanneer een van deze voorwaarden niet vervuld is, wordt het dossier opnieuw onderzocht of gesloten. In het tegenovergestelde geval voert het partnerschap budgettaire ramingen uit en stelt het aanbevelingen op voor de realisatie en exploitatie van zijn voorontwerp. NIRAS is uiteraard verantwoordelijk voor de technische aspecten van de voorontwerpen en waakt over hun veiligheid. Zodoende vervult zij de rollen van partner en expert.

Aan het einde van het proces heeft elk partnerschap een voorontwerp van geïntegreerde berging ontwikkeld, vergezeld van de uitvoeringsmodaliteiten. Nadat deze voorontwerpen door onafhankelijke deskundigen geëvalueerd zijn wat betreft hun veiligheid, hun sociaal-economische bijdrage en hun kostprijs, moeten ze door de betrokken gemeenten worden goedgekeurd, om vervolgens samen met de uitgebrachte adviezen aan de regering te worden voorgelegd, zodat deze tegen 2001–2002 kan beslissen welk(e) voorontwerp(en) ze wil laten voortzetten.

Het werk van de lokale partnerschappen wordt volledig gefinancierd door NIRAS, tot de volgende bedragen:

- een jaarlijks budget van 10 miljoen BEF, dat de logistieke en werkingskosten alsook het loon van de twee voltijdse stafmedewerkers dekt;
- een eenmalig budget van 3 miljoen BEF voor de sociaal-economische studies (de kosten van de technische studies worden rechtstreeks door NIRAS gedragen);
- een eenmalig budget van 3 miljoen BEF voor de ontwikkeling van het geïntegreerde voorontwerp van berging.

5.3 De partnerschappen worden op vier niveaus georganiseerd

De lokale partnerschappen kunnen eventueel verschillende rechtsvormen hebben op basis van plaatselijke gevoeligheden (VZW, NV, feitelijke vereniging, enz.), maar idealiter hebben ze vergelijkbare structuren. Deze omvatten vier niveaus, waarvan de precieze benaming afhankelijk is van de gekozen rechtsvorm. Algemeen gesproken, gaat het om de algemene vergadering, de raad van beheer, de coördinatiecel en de werkgroepen.

De algemene vergadering, waarin vertegenwoordigers van alle partners zetelen, vertegenwoordigt en legitimeert het partnerschap. Ze is samengesteld uit een vertegenwoordiger van NIRAS, alsook vertegenwoordigers van de gemeenteraad en van de sociale en economische actoren. Ze bepaalt het algemene beleid van het partnerschap, controleert de werking ervan en zorgt ervoor dat de doelstellingen worden bereikt. Zij is het die, aan het einde van de werkzaamheden van het partnerschap, beslist of er al dan niet een voorontwerp van geïntegreerde berging aan de regering wordt voorgelegd. Pas op dat ogenblik stelt de gemeente zich dus effectief kandidaat voor de inplanting van een bergingsinstallatie op haar grondgebied.

De raad van beheer, waarvan de leden worden benoemd door de algemene vergadering op voordracht van de partners, bestaat uit een vertegenwoordiger van NIRAS en vertegenwoordigers van de politieke, sociale en economische actoren. De raad van beheer is belast met het dagelijkse beheer van het partnerschap, met name het beheer van het budget en van aangelegenheden in verband met de oprichting, de wijziging van de samenstelling van de verschillende organen van het partnerschap, en de opvolging en de coördinatie van de werkgroepen. Het is tevens de raad van beheer die leiding geeft aan de stafmedewerkers.

De coördinatieceel telt twee voltijds tewerkgestelde personen, de stafmedewerkers. Ze staat ter beschikking van de verschillende organen van het partnerschap en coördineert de activiteiten ervan. Haar taak ligt op drie vlakken.

- *Administratie en organisatie* De coördinatieceel staat in voor het secretariaat van het partnerschap, dat met name de volgende taken omvat: de administratieve taken, de voorbereiding van de vergaderingen van de algemene vergadering, de raad van beheer en de werkgroepen, het beheer van de agenda's van de werkgroepen, de coördinatie van hun werkzaamheden en het opstellen van de rapporten van hun vergaderingen en, tot slot, de organisatie van vergaderingen tussen de voorzitters van de werkgroepen.
- *Wetenschappelijke redactie* De coördinatieceel stelt de tussentijdse vorderingsrapporten op, alsook het einddossier dat het voorontwerp voorstelt dat door het partnerschap werd ontwikkeld.
- *Informatie van de bevolking* De coördinatieceel is verantwoordelijk voor de contacten met de bevolking van de betrokken gemeente en de buurgemeenten. Ze staat open voor het publiek en organiseert informatieavonden en openbare zittingen. Ze kan op verzoek van een werkgroep en in samenspraak met de raad van beheer de bevolking raadplegen over specifieke vragen.

De permanente werkgroepen en de eventuele tijdelijke werkgroepen zijn de echte actoren van het partnerschap en werken onder toezicht van de raad van beheer. Ze brengen vertegenwoordigers van elk van de partners samen. Op hun niveau spelen de buitengewone leden een rol. Het zijn de werkgroepen die het of de voorontwerp(en) van berging concreet ontwikkelen en die voorstellen formuleren in verband met hun integratiemogelijkheden in een globaal project. Ze stellen de mogelijke opties voor, bespreken ze en vragen het advies van de deskundigen of van de andere werkgroepen. De permanente werkgroepen zijn typisch de volgende vier groepen: de twee operationele groepen "Lokale ontwikkeling" en "Inplanting en inrichting", en de groepen

“Milieu en gezondheid” en “Veiligheid”, die een toezichtsfunctie vervullen en de twee andere groepen adviseren. Hun taken worden hierna bij wijze van voorbeeld gepreciseerd.

- De werkgroep *Lokale ontwikkeling* onderzoekt de potentiële sociaal-economische meerwaarde van het of de globale voorontwerp(en) voor de site. Zo bestudeert ze de bestaande ontwikkelingsplannen (toeristische projecten, projecten voor de inplanting van KMO's, enz.), inventariseert ze de semi-formele plannen en initiatieven en verzamelt ze de ideeën die groeien bij de bevolking. Ze zorgt er ook voor dat het werk van het partnerschap, en meer bepaald de oriëntatie van het of de globale voorontwerp(en), optimaal verenigbaar is met de initiatieven in de strategische plannen met betrekking tot de gemeente. Daarnaast identificeert ze alle actoren die bij dit of deze voorontwerp(en) moeten worden betrokken. Tot slot zoekt ze bijkomende financieringsbronnen (gewest, Europese Unie, enz.).
- De werkgroep *Inplanting en inrichting* beheert alle aspecten die verbonden zijn met de lokale inplanting van het globale voorontwerp. Ze laat alle nodige studies uitvoeren door derden. Ze evalueert de verdeling van de bodembestemming en het bodemgebruik en onderzoekt de concrete inplantingsmogelijkheden van een bergingsinstallatie op de site, rekening houdend met de beperkingen (configuratie van het terrein, na te leven minimumafstanden, mogelijke geluids- en visuele hinder, enz.). Ze maakt de lijst op van de nodige bouwvergunningen en van de activiteiten waarvoor toestemming moet worden gevraagd, alvorens nauwkeurig te bepalen welke stappen moeten worden gedaan om die te verkrijgen. Ze vraagt de bouwnormen op die op de site van toepassing zijn, evalueert de noden en implicaties inzake wegeninfrastructuur en stelt de randinfrastructuur voor die nodig is voor het globale voorontwerp. Tot slot raamt ze de verschillende kosten: de kosten voor aankoop van de terreinen, de kosten voor inrichting van de site, de investerings- en exploitatiekosten voor de randinfrastructuur, enz.

NIRAS speelt een centrale rol in de werkgroep Inplanting en inrichting en voert voor deze werkgroep het merendeel van de vereiste studies uit. Ze bezorgt haar de basisinlichtingen, zoals het informatiedossier over het werkprogramma met betrekking tot de berging van afval van categorie A en het rapport van de voorbereidende terreinstudies. Ze specificeert ook de technische vereisten van de verschillende algemene bergingsconcepten, alsook de vereisten van het afvaltransport (te vervoeren volumes, gewenste regelmaat, enz.). Tot slot werkt ze het geselecteerde algemene bergingsconcept uit op basis van de kenmerken van de bestudeerde inplantingssite, maar altijd in nauw overleg met haar partners.

- De werkgroep *Milieu en gezondheid* bestudeert de eventuele gevolgen van de inplanting van een bergingsinstallatie op het milieu en de gezondheid. Ze peilt de indrukken van de bevolking alsook de voorwaarden die deze zou stellen aan de verwezenlijking van een bergingsinstallatie op het grondgebied van haar gemeente (medische opvolging, minimale afstand van eventuele natuurgebieden, sanering van andere sites, enz.). Ze stelt een lijst op van de activiteiten waarvoor een milieuvergunning nodig is, zowel voor de bouwfase van de installatie als voor de exploitatiefase. Ze stelt ook een lijst op van de activiteiten waarvoor milieurapporten moeten worden opgesteld en bepaalt de structuren om die op te maken.

Naar gelang van de behoeften bezorgt NIRAS haar partners bibliografische studies, hydrogeologische en hydrologische bodem- en terreinonderzoeken en biologische evaluaties, voert deze uit of laat ze uitvoeren. Ze stelt een methodologie op voor de veiligheidsevaluatie van een bergingsinstallatie en bestudeert de milieukenmerken en meer bepaald de radiologische kenmerken van de site, om later de impact van een bergingsinstallatie op de omgeving, of de afwezigheid ervan, nauwkeurig te kunnen opvolgen. NIRAS kan ook een bijdrage leveren inzake de wettelijke aspecten op het vlak van milieubescherming.

- De werkgroep *Veiligheid* bestudeert alle vragen in verband met de veiligheid en het noodplan van de site. Ze bestudeert de methodes voor het toezicht op de radiologische veiligheid van de site, de maatregelen voor de fysieke bescherming ervan, alsook de maatregelen voor het toezicht op en de controle van de toegang tot de site. Ze brengt alle betrokken veiligheidsdiensten in kaart (brandweer, medische diensten, ordehandhaving, enz.) en bestudeert de integratie van het noodplan van de site in het gemeentelijke rampenplan. De werkgroep Veiligheid waakt dus over de coördinatie van de diensten van verscheidene buurgemeenten. Ze kan bijgevolg vertegenwoordigers van deze buurgemeenten opnemen, of eventeens één gemeenschappelijke werkgroep Veiligheid vormen met eventuele naburige partnerschappen.

NIRAS voert de voorstudie inzake veiligheid uit en formuleert aanbevelingen in verband met de nodige controle-instrumenten en terreinstudies. Ze geeft bovendien een eerste beschrijving van de verschillende gebouwen die de bergingsinstallatie zouden kunnen vormen en een eerste omschrijving van de verschillende fasen van hun realisatie.

6 De veiligheid

Telkens als de kwestie van het beheer op lange termijn van radioactief afval ter sprake komt, staat de radiologische veiligheid centraal in de discussie. Telkens iemand verklaart dat er een veilige en haalbare oplossing bestaat voor het probleem, blijkt hierover twijfel, wantrouwen en zelfs ongelof te bestaan. Dat verwondert niet: naar welke menselijke activiteit men ook kijkt, steeds opnieuw moet men vaststellen dat veiligheid niet gemakkelijk te evalueren is. Veiligheid wordt immers bepaald door een veelheid van factoren die onderling afhankelijk kunnen zijn. En het feit dat de veiligheid, en meer bepaald de radiologische veiligheid, van elke berging van radioactief afval gedurende zeer lange tijd moet worden gewaarborgd, is uiteraard een bijkomende moeilijkheid. De evaluatie van de veiligheid van een bergingsinstallatie vergt dus een nauwkeurige definitie van de doelstellingen en de vereisten waaraan deze moet voldoen op het vlak van de veiligheid. Dit wordt behandeld in het veiligheidskader, dat in detail aan bod komt in het eerste deel van het veiligheidscharter van NIRAS voor de berging van radioactief afval [7].

Elke bergingsinstallatie moet zo worden ontworpen en gerealiseerd dat het afval dat er geborgen wordt op geen enkel ogenblik een onaanvaardbaar risico kan vormen voor de mens en dat de impact ervan op het leefmilieu voldoende klein tot zelfs verwaarloosbaar is. De eerste functie van een bergingsinstallatie is dus op korte en lange termijn bescherming te bieden tegen de mogelijke gevaren van dit afval, door het zodanig te concentreren en in te sluiten dat latere generaties er zich niet langer om hoeven te bekommeren. Dit belangrijke ethische principe betekent dus dat het aan de huidige generaties is een definitieve oplossing te vinden en uit te werken voor het probleem van het radioactieve afval, om de toekomstige generaties daarvan te ontlasten.

Vier factoren dragen bij tot de veiligheid of het vertrouwen in de veiligheid van een bergingsinstallatie voor radioactief afval. Het gaat om

- de zogenoemde “veiligheidsfuncties” van het bergingssysteem, vervuld door de verschillende kunstmatige en natuurlijke barrières van de bergingsinstallatie (sectie 6.2);
- de veiligheidsdemonstratie, die op overtuigende wijze moet aantonen dat het geheel van barrières en veiligheidsfuncties effectief de vereiste bescherming bieden (sectie 6.3);
- de stapsgewijze en flexibele verwezenlijking van de berging en de omkeerbaarheid van de berging van het afval zelf (sectie 6.4);

- de wettelijke procedures en normen, alsook de onafhankelijke evaluaties, beoordelingen en controles van de veiligheid die tijdens de hele ontwikkeling en realisatie van de bergingsinstallatie plaatshebben.

Twee elementen vergen een voorafgaande verduidelijking. Ten eerste bestaat de absolute veiligheid — of het nulrisico — niet: elke menselijke activiteit houdt een risico in. We kunnen daarentegen wel spreken van een voldoende veiligheidsniveau. Dit niveau, dat vastgelegd wordt door de samenleving maar dus metertijd kan veranderen, wordt door de bevoegde autoriteiten, en meer bepaald door de veiligheidsautoriteiten voor nucleaire installaties, concreet vertaald in normen en reglementeringen. Ten tweede bevat veiligheid ontegensprekelijk een sterke subjectieve component, die zich met name uit in het begrip “onveiligheidsgevoel”. Dit element is heel belangrijk in het hele besluitvormingsproces en verdient dus dat we er de nodige aandacht aan besteden. Dit is ook wat NIRAS beoogt in het kader van het dossier over het beheer op lange termijn van het afval van categorie A; de methodologie van de partnerschappen moet haar hierbij helpen.

6.1 Radioactiviteit is overal rondom ons

Blootstelling aan ioniserende straling is niet alleen het gevolg van medische toepassingen en industriële activiteiten die verband houden met de nucleaire energieproductie. De blootstelling aan ioniserende straling is in eerste instantie van natuurlijke oorsprong. Ioniserende straling is alomtegenwoordig en heeft op het organisme een effect dat varieert naar gelang van de aard en de hoeveelheid van de straling en het blootgestelde lichaamsdeel. Dit effect wordt gemeten door de biologische equivalente stralingsdosis (vaak kortweg “dosis” genoemd), met als eenheid de sievert (Sv), die meestal wordt vervangen door een duizendste of miljoenste sievert (respectievelijk mSv of μ Sv).

In België zijn de reglementaire dosislimieten van kunstmatige ioniserende straling, met uitsluiting van straling voor medische doeleinden, net als in de meeste landen vastgesteld op basis van de aanbevelingen van de ICRP en het IAEA. Momenteel bedraagt de limiet 50 mSv per jaar en 100 mSv over vijf opeenvolgende jaren voor personen die worden blootgesteld in het kader van hun beroepsactiviteit. Voor de rest van de bevolking bedraagt ze 1 mSv per jaar.

Ter illustratie kunnen deze reglementaire dosislimieten worden vergeleken met de gemiddelde blootstelling aan ioniserende straling in België, die op

3,6 mSv per jaar wordt geraamd. Deze blootstelling heeft een drievoudige oorsprong:

- natuurlijke bronnen (2,6 mSv, dit is 72%), ingedeeld in twee grote categorieën: enerzijds de kosmos (een vliegtuigreis van enkele uren brengt typisch een dosis van 3 μ Sv met zich mee), anderzijds de langlevende radio-elementen die aanwezig zijn in de aardkorst, hoofdzakelijk radon. Dit laatste draagt 1,6 mSv bij aan de totale stralingsdosis die we gemiddeld krijgen, dit is ongeveer 45%.
- medische toepassingen (0,95 mSv, dit is 26,5%). Zo brengt een radiografie van de tanden een dosis van 25 μ Sv en een radiografie van de longen een dosis van 50 μ Sv teweeg.
- andere bronnen van menselijke oorsprong (0,05 mSv, dit is 1,5%), waaronder energieproductie door kernsplijting. Zo leidt een jaar lang iedere dag één uur tv-kijken tot een dosis van 20 μ Sv.

6.2 De veiligheidsfuncties: een kader voor de argumentatie

Het afval van categorie A bezit de belangrijke eigenschap dat de activiteit en de radiotoxiciteit ervan heel sterk afnemen in enkele honderden jaar tijd, zodat het na die periode geen echt gevaar meer vormt. Zijn activiteit is op dat moment nochtans niet volledig verdwenen — alle materialen bevatten immers van natuur een zekere hoeveelheid activiteit — maar ze is verminderd tot een niveau dat de mogelijkheid biedt de site waarin het was geborgen niet meer te controleren.

Een fundamenteel principe van de bescherming tegen ioniserende straling, en dus van de bescherming tegen de mogelijke risico's van radioactief afval, bestaat erin alle inspanningen te leveren die redelijkerwijs mogelijk zijn om de veiligheid te verhogen. Een bepaalde veilige oplossing is dus niet aanvaardbaar als ze nog veiliger kan worden gemaakt zonder excessieve inspanningen. Dit beginsel, het ALARA-principe, geldt natuurlijk ook voor de berging van radioactief afval.

Elke bergingsinstallatie moet zo worden ontworpen dat ze op termijn de veiligheid kan garanderen op passieve wijze, dit wil zeggen dat ze op termijn geen onderhoud mag noodzaken om veilig te blijven. Een oppervlaktebergingsinstallatie zal evenwel gedurende ongeveer 300 jaar moeten worden gecontroleerd, om elke anomalie die zich zou voordoen voordat de activiteit van het afval voldoende is afgenomen, te kunnen detecteren en verhelpen. Deze periode van institutionele controle maakt het ook mogelijk de installa-

tie te beschermen tegen menselijke indringing. In het geval van diepe berging zal de periode van institutionele controle waarschijnlijk slechts enkele decennia bedragen. Ze zal dienen om te bevestigen dat het activiteitsniveau in de omgeving van de bergingsinstallatie niet stijgt.

De robuustheid van een bergingsinstallatie, dit is het feit dat ze de nodige bescherming biedt ondanks alle onzekerheden die onvermijdelijk blijven bestaan, resulteert uit de gezamenlijke werking van vier elementaire veiligheidsfuncties:

- fysische insluiting,
- vertraging en gespreid vrijkomen,
- verspreiding en verdunning,
- beperking van de toegankelijkheid.

Deze veiligheidsfuncties worden elk vervuld door één of meer barrières en hebben een wisselend gewicht naar gelang het gaat om oppervlakteberging of diepe berging. De eerste twee veiligheidsfuncties zijn echter in beide gevallen verreweg het belangrijkste en moeten worden geoptimaliseerd.

Fysische insluiting Water is de grootste vijand van elke bergingsinstallatie, die vóór alles tot doel heeft het radioactieve afval te concentreren en in te sluiten. Precies door het water kunnen de radio-elementen immers verspreid raken in de biosfeer, om uiteindelijk bij de mens terecht te komen. En omgekeerd, zolang het water niet in contact kan komen met het afval, kan er geen significante verspreiding zijn van de radioactiviteit.

De eerste veiligheidsfunctie beoogt het afval zo veel mogelijk te isoleren van het water. Bij oppervlakteberging wordt deze functie met name verzekerd door de waterdichte deklagen, de betonmodules en de betonnen monolieten. Bij diepe berging wordt ze verzekerd door de afvalcolli en de kunstmatige barrières, maar is ze minder belangrijk vanwege de overheersende rol van de tweede veiligheidsfunctie.

Vertraging en gespreid vrijkomen Aangezien geen enkele fysische insluiting eeuwigdurend is, zal het water vroeg of laat het radioactieve afval bereiken. De bergingsinstallatie moet dus zo ontworpen zijn dat ze de verspreiding van de activiteit zoveel mogelijk afremt, en dat de activiteit dus in zulke kleine hoeveelheden vrijkomt dat ze geen enkel gevaar vormt.

De tweede veiligheidsfunctie heeft als doel de migratie van de radio-elementen naar de biosfeer te verhinderen, of op zijn minst af te remmen. De

veiligheidsfunctie van vertraging en gespreid vrijkomen draagt het meest bij tot de veiligheid in het geval van diepe berging in klei, waar ze wordt verzekerd door de kleilaag zelf, die heel ondoorlatend is voor water en een opmerkelijke barrière vormt voor de verspreiding van de radio-elementen. Bij oppervlakteberging zijn het geconditioneerde afval en de betonnen wanden van de monolieten en van de bergingsmodules de belangrijkste barrières die het vrijkomen van de radio-elementen verhinderen: veel van die radio-elementen zijn immers slecht oplosbaar in dit chemisch milieu en worden bovendien sterk geadsorbeerd op beton, zodat ze slechts heel langzaam kunnen worden verspreid door water. De doeltreffendheid van de eerste twee barrières neemt bij oppervlakteberging echter mettertijd af, zodat de hoeveelheden langlevende radio-elementen in het afval van categorie A noodzakelijkerwijs beperkt moeten blijven.

Verspreiding en verdunning De mogelijke schadelijke effecten op mens en leefmilieu, berokkend door radio-elementen die uiteindelijk in de biosfeer zouden terechtkomen, zijn des te geringer naarmate deze radio-elementen verder verdund worden in de watervoerende lagen en het oppervlaktewater.

De derde veiligheidsfunctie zorgt ervoor dat radio-elementen die toch voorbij de kunstmatige barrières zouden geraken, progressief worden verspreid en verdund tijdens hun migratie naar of in de biosfeer. Deze functie speelt geen rol van betekenis in het geval van diepe berging, gezien het hoge retentievermogen van de klei. Ze speelt een beperkte rol in het geval van oppervlakteberging, waar ze echter slechts voor lage concentraties radio-elementen kan worden ingeroepen. Deze functie wordt dan verzekerd door de natuurlijke afvoerwegen, bijvoorbeeld rivieren met een hoog debiet of watervoerende lagen met grote capaciteit.

Maar ongeacht of het gaat om oppervlakteberging of diepe berging, de veiligheidsfunctie van verspreiding en verdunning is steeds minder doorslaggevend dan de eerste twee veiligheidsfuncties, die dus de functies zijn die moeten worden geoptimaliseerd. Dit geringere belang kan op twee manieren worden verklaard. Enerzijds zou elke poging om de veiligheidsfunctie verspreiding en verdunning te maximaliseren, ingaan tegen de eigenlijke doelstelling van berging, namelijk de radio-elementen concentreren en insluiten. Ten tweede is de barrière die deze veiligheidsfunctie vervult de minst robuuste van de barrières van de bergingsinstallatie. De hydrogeologische omgeving kan immers worden verstoord door externe gebeurtenissen, zoals klimaatveranderingen, geomorfologische processen of menselijke interventies.

Beperking van de toegankelijkheid Omdat een bergingsinstallatie het radioactieve afval dat er is ondergebracht, moet concentreren en insluiten, moet zij tegelijk bestand zijn tegen water en tegen menselijke indringing. Want ook de mens zou als gevolg van bepaalde activiteiten in rechtstreeks contact kunnen komen met het afval.

De vierde veiligheidsfunctie heeft als doel menselijke indringing uit te sluiten, of op zijn minst heel onwaarschijnlijk te maken, en de gevolgen ervan te beperken. Diepe berging beperkt de toegangsmogelijkheden tot het afval heel sterk, precies vanwege haar diepte. In het geval van oppervlakteberging sluit de periode van institutionele controle na de sluiting elke indringing uit.

6.3 De veiligheidsdemonstratie: meer dan een wiskundige oefening

Net zoals absolute veiligheid niet bestaat, is het onmogelijk om de veiligheid onweerlegbaar te bewijzen. Deze vaststelling dwingt dus tot een voorzichtige en stapsgewijze benadering, om aldus te komen tot een betrouwbaar oordeel over het niveau van vertrouwen in de veiligheid van een gegeven oplossing of situatie. Dat is de rol van de veiligheidsdemonstratie, die alle beschikbare technische en wetenschappelijke argumenten en elementen gebruikt om uit te maken of de bestudeerde oplossing een dusdanig veiligheidsniveau kan verzekeren dat er kan worden beslist ze te realiseren. Tijdens de realisatie worden dan verdere veiligheidsevaluaties uitgevoerd, die onderworpen worden aan onafhankelijke kritische evaluaties, om de oplossing verder te verbeteren of, indien nodig, terug te komen op eerder genomen beslissingen. De methodologie van de veiligheidsdemonstratie komt in detail aan bod in het tweede deel van het veiligheidscharter van NIRAS voor de berging van radioactief afval [8].

De berging van radioactief afval stelt een heel specifieke eis aan de veiligheidsdemonstratie: zij moet aantonen dat de oplossing gedurende zeer lange tijd veilig is. Deze vereiste vergt dus verbeeldingskracht, zowel op het vlak van de uitgewerkte oplossingen als wat de gevolgde benaderingen voor de veiligheidsevaluaties betreft. Talrijke nationale en internationale onderzoeks- en ontwikkelingsprogramma's zijn aan dit onderwerp gewijd. Deze werkzaamheden hebben met name geleid tot de uitwerking van een methodologische benadering van de evaluatie van de radiologische veiligheid op lange termijn van een berging. Ze zullen onafgebroken worden voortgezet om de methodologie verder te verbeteren en meer open en transparant te maken voor alle betrokken partijen en actoren.

De veiligheidsdemonstratie is slechts mogelijk als de werking van de verschillende barrières en veiligheidsfuncties goed begrepen is. In haar nieuwe werkprogramma zal NIRAS in nauw overleg werken met de veiligheidsautoriteiten, om te garanderen dat de in de partnerschappen uitgewerkte oplossingen de veiligheidseisen respecteren. Conform haar verantwoordelijkheid zal NIRAS dus veilige oplossingen voorstellen, maar uiteindelijk zullen de veiligheidsautoriteiten moeten oordelen of deze inderdaad veilig zijn.

Twee aspecten van de veiligheidsdemonstratie verdienen bijzondere aandacht: de eenvoud of robuustheid van de bergingsinstallatie en het feit dat niet wordt geprobeerd de toekomst ervan te voorspellen. Om overtuigend te zijn, moet de veiligheidsdemonstratie betrekking hebben op een zo eenvoudig mogelijk systeem van barrières en veiligheidsfuncties, met zo weinig mogelijk onbekenden, hetgeen zijn robuustheid versterkt en het begrijpen van zijn werking vergemakkelijkt. Gezien de onmogelijkheid om de toekomst van de bergingsinstallatie te voorspellen, onderwerpt men deze aan een hele reeks tests, met behulp van wiskundige modellen en rekenprogramma's. De uitgebreide en systematische veiligheidsevaluaties trachten een antwoord te bieden op een lange reeks vragen van het type "wat zou er gebeuren als...?". Daarom worden in deze evaluaties een groot aantal mogelijke situaties beschouwd die van invloed zijn op de veiligheid: verschillende evolutiescenario's, verschillende degradatiemechanismen van de barrières, verschillende parameterwaarden. Bovendien gebruiken de veiligheidsevaluaties diverse, onderling onafhankelijk uitgewerkte wiskundige modellen om een zelfde aspect of een zelfde component van de bergingsinstallatie, zoals de kunstmatige barrières of de hydrogeologische omgeving, te modelleren, opdat systematische fouten worden vermeden. De veiligheidsevaluaties testen dus één voor één zeer grondig de verschillende veiligheidsfuncties om vervolgens de bergingsinstallatie in haar geheel te testen.

Vanaf midden de jaren tachtig is het SCK·CEN op verzoek van NIRAS begonnen met het ontwikkelen van een methodologie om de veiligheid van de oppervlakteberging van afval van categorie A te evalueren. Het SCK·CEN heeft deze methodologie sindsdien verfijnd en uitgebreid getest, onder meer in verschillende internationale oefeningen, zodat het vandaag beschikt over een adequaat instrument. Deze methodologie gebruikt drie verschillende mathematische modellen om de werking van de verschillende componenten van de bergingsinstallatie te modelleren: ten eerste, het geconditioneerde afval en de kunstmatige barrières; ten tweede, de hydrogeologische omgeving van de bergingsinstallatie; en ten derde, de biosfeer, waar de mens in contact kan komen met de radio-elementen. Op dit ogenblik neemt het SCK·CEN samen met NIRAS nog altijd deel aan internationale oefeningen om andere verbeteringen aan te brengen aan zijn methodologie.

6.4 De berging zal stapsgewijs, flexibel en omkeerbaar zijn

Het vertrouwen in het veiligheidsniveau van de bergingsinstallatie hangt rechtstreeks af van de robuustheid van de installatie. Dit vertrouwen wordt eveneens gedeeltelijk bepaald door de mogelijkheid om tussenbeide te komen in de realisatie van de berging, teneinde maximaal te profiteren van de evolutie van de technische en wetenschappelijke kennis, alsook door de mogelijkheid om het geborgen afval desnoods terug te nemen. Daarom is het nodig dat de realisatie van de berging — en dus de besluitvormingsprocessen die daarmee gepaard gaan — stapsgewijs en flexibel zijn. Daarom moet de berging zelf gedurende bepaalde tijd omkeerbaar zijn.

- *Stapsgewijze verwezenlijking* De ontwikkeling en de bouw van een bergingsinstallatie is een stapsgewijs proces dat verscheidene tientallen jaren in beslag zal nemen. Daardoor zal het mogelijk zijn rekening te houden met de evolutie van de kennis, met nieuwe ideeën en met de opgedane ervaring. Er zal ook rekening kunnen worden gehouden met de resultaten van de veiligheidsevaluaties die tijdens de hele duur van de werken zullen uitgevoerd worden.
- *Flexibiliteit* Het stapsgewijze besluitvormingsproces zal de mogelijkheid bieden zo nodig elke beslissing te herzien en op vorige stappen terug te komen. Dat zal het geval zijn gedurende verscheidene tientallen jaren, en zelfs gedurende verscheidene honderden jaren in het geval van oppervlakteberging.
- *Omkeerbaarheid* De bergingsinstallatie zal zo worden ontworpen dat het lange tijd mogelijk blijft het afval op eenvoudige en veilige wijze terug te nemen, bijvoorbeeld als het ondenkbare zich zou voordoen, zoals een fout in het concept of in de veiligheidsevaluatie, of als een nieuwe techniek het mogelijk zou maken het afval sneller niet-radioactief te maken. De omkeerbaarheidsvereiste is een rechtstreekse toepassing van het voorzorgsbeginsel.

De veiligheidsautoriteiten zullen bovendien gedurende het hele besluitvormingsproces een belangrijke garantie bieden, aangaande het feit dat alle veiligheidsaspecten van de bergingsoplossing onderworpen zullen worden aan een grondig, kritisch en onafhankelijk onderzoek. Ze zullen er unaniem van overtuigd moeten zijn dat een hoge mate van veiligheid kan worden verzekerd, voordat ze het groene licht geven voor de overgang naar de volgende fase van de realisatie van de berging.

6.5 Het nieuwe werkprogramma geeft voorrang aan de veiligheid

Het nieuwe werkprogramma van NIRAS zal de veiligheid evalueren van een mogelijke berging voor afval van categorie A — oppervlakteberging of diepe berging — op het grondgebied van de vier bestaande nucleaire zones, en zelfs van elke nieuwe gemeente die belangstelling zou tonen voor een dergelijk vooruitzicht. Alleen de oplossingen waarvan de veiligheid op overtuigende wijze kan worden aangetoond, zullen in aanmerking komen.

De veiligheidsevaluatie zal voor elke te bestuderen inplantingsomgeving een hele reeks gegevens en informatie vereisen:

- een goede kennis van het te bergen afval, dit is van de inventaris aan radio-elementen en andere toxische chemische stoffen alsook van de chemische en fysische eigenschappen;
- een gedetailleerde beschrijving van de kunstmatige barrières van de bergingsinstallatie en een goede kennis van hun performanties alsook de performanties van de gebruikte materialen (doorlatendheid, adsorptievermogen, mechanische weerstand, bestandheid tegen degradatie, enz.);
- een goede kennis van de hydrogeologische omgeving, dit is van de waterstromen rond de bergingsinstallatie;
- een goede kennis van alle eventuele verstorende externe fenomenen, zoals menselijke indringing.

Omwille van zijn belangrijke rol in de algemene veiligheid van een berging moet elke potentiële inplantingssite voor oppervlakteberging of diepe berging voldoen aan verschillende criteria (rapporten NIROND 94-04 [4] en NIROND 98-02, herz. 1 van mei 1999 [9]). Een oppervlaktebergingssite moet gelegen zijn in een gebied dat niet onder water kan komen te staan, een voldoende geotechnische stabiliteit vertonen, een seismische activiteit hebben die verenigbaar is met de stabiliteit van de bergingsinstallatie, en geen nuttige delfstoffen bevatten in de ondergrond (sectie 7.1). Een vijfde criterium, een hydrogeologie die zich leent tot een overtuigende modellering, levert een controlemiddel na de sluiting van de bergingsinstallatie en vormt een belangrijk element van de veiligheidsdemonstratie. De site voor diepe berging moet een voldoende karakteriseerbare geologie bezitten, met goede eigenschappen inzake radio-elementenretentie, en mag geen nuttige delfstoffen in de ondergrond bevatten. Er mag geen enkele belangrijke waterbeweging door de bergingsite gaan en eventuele bewegingen van water rond de bergingsite moeten langzaam zijn. Tot slot mag aan de potentiële site geen groot risico van natuurlijke veranderingen verbonden zijn (seismiciteit, vulkanisme, enz.).

In het geval van oppervlakteberging zijn drie elementen van bijzonder belang voor de veiligheid: de correcte toepassing van de nucleaire-veiligheidsmaatregelen tijdens de bergingsactiviteiten, de performantie en de robuustheid van de kunstmatige barrières en de periode van institutionele controle vóór het banaliseren van de site. De performantie en de robuustheid van de kunstmatige barrières hangen af van de conceptstudies, de kwaliteit van de gebruikte materialen, het juiste gebruik ervan en de keuze van een adequate geologische omgeving. De institutionele controle van haar kant maakt het mogelijk hydrogeologische en radiologische metingen uit te voeren in de verschillende watervoerende lagen, de bronnen, de beken en de rivieren, alsook in het drainagesysteem onder de bergingsmodules in geval van oppervlakteberging. De hydrogeologische omgeving zelf kan echter slechts in beperkte mate bijdragen tot de veiligheid op lange termijn, door sorptie, dat wil zeggen door fixatie, van de kleine hoeveelheden radio-elementen die uiteindelijk de kunstmatige barrières zouden doorkomen of door verdunning ervan in het water.

In het geval van diepe berging blijkt uit de resultaten van de talrijke studies die sinds 25 jaar worden verricht om het potentieel van de kleiformatie van Boom te evalueren als gastgesteente voor de berging van afval van categorieën B en C, dat dit type afval veilig kan worden geborgen in de Boomse Klei. Het insluitingsvermogen van de Boomse Klei is immers zo groot dat de hoeveelheid radio-elementen die in de biosfeer terecht zouden kunnen komen verwaarloosbaar is.

De berging van afval van categorie A in klei zou echter inhouden dat grote hoeveelheden corrosiegevoelige materialen in het bergingsmidden worden gebracht [10, 11]. Dit afval bevat immers grote hoeveelheden corrodeerbare metalen, om nog niet te spreken van het koolstofstaal waaruit de vaten zijn vervaardigd. Na sluiting van de bergingsinstallatie zullen door corrosie zeer langzaam grote hoeveelheden waterstof ontstaan, die in de klei kunnen worden omgezet in methaan. De bergingsinstallatie zal dus zo moeten zijn ontworpen dat de geproduceerde gassen geen al te grote druk kunnen uitoefenen, met andere woorden dat ze kunnen ontsnappen, zonder dat het vermogen tot insluiting van de radio-elementen daaronder te lijden heeft. Dit probleem wordt reeds lang bestudeerd en zal het voorwerp zijn van aanvullende studies in het raam van het nieuwe werkprogramma — studies die de haalbaarheid en de veiligheid van deze oplossing zullen bevestigen of ontkrachten.

7 Het bodemonderzoek

Overeenkomstig het verzoek van de ministerraad concentreert NIRAS momenteel de in haar nieuwe werkprogramma geplande activiteiten op de vier bestaande nucleaire zones. Het zijn de sites van Doel en Tihange, met hun respectieve kerncentrale, de site van Fleurus-Farciennes, waar het IRE gevestigd is, en de zone Mol-Dessel-Geel, een zone die op het gewestplan als een nucleaire zone is aangegeven en verscheidene instellingen of bedrijven telt: Belgonucléaire, Belgoprocess, de Europese school, FBFC International, het IRMM, het SCK•CEN en de VITO.

Omdat de regering zich nog niet heeft uitgesproken over het type berging, aan de oppervlakte of in de diepte, waarin het afval van categorie A zal worden geborgen, heeft NIRAS alle mogelijke opties opengehouden, rekening houdend met de beschikbare geologische kennis over de vier nucleaire zones.

- ▣ *De zones Doel en Mol-Dessel-Geel* zullen worden bestudeerd zowel in de optiek van een oppervlakteberging als in die van een diepe berging. De Boomse Klei, die in de ondergrond van beide zones aanwezig is, wordt reeds meer dan twintig jaar lang intensief bestudeerd als mogelijk gastgesteente voor de berging van afval van categorieën B en C en zou adequaat kunnen blijken voor de berging van afval van categorie A.
- ▣ *De zones Fleurus-Farciennes en Tihange* zullen a priori slechts worden bestudeerd in de optiek van een oppervlakteberging. De dieptegeologie van de eerste zone is immers ongunstig terwijl bepaalde kenmerken van de geologie van de tweede momenteel ontbreken. Indien deze gemeenten wensen dat de mogelijkheid van diepe berging onderzocht wordt, zal NIRAS evenwel op dit verzoek ingaan.

7.1 Oppervlakteberging: het onderzoek is begonnen

Het voorafgaande onderzoek van de oppervlakteberging telt twee fasen: enerzijds de grondige bibliografische studies van alle relevante regionale en lokale gegevens; anderzijds het voorafgaande bodemonderzoek.

De bibliografische studies bestaan uit het verzamelen en vervolgens analyseren van de gegevens die over elke bestudeerde zone beschikbaar zijn inzake ruimtelijke ordening, (menselijke en fysische) geografie van de omgeving, algemene geologie, hydrologie, hydrogeologie en geotechniek. De belangrijkste van alle beschikbare bronnen zijn die welke de mogelijkheid bieden

de vragen betreffende de minimale veiligheidseisen van de berging te beantwoorden (sectie 6.5 en tabel 7.1). Het zijn in hoofdzaak

- *voor de ruimtelijke ordening*: de lokale besturen (kadasterplannen en gewestplannen);
- *voor het milieu*: de gespecialiseerde afdelingen van de universiteiten en van de instellingen voor natuurbescherming;
- *voor de algemene geologie*: het archief van de Geologische Dienst van België, de geologische kaart van België, de universiteiten en de studie-bureaus;
- *voor de hydrologie en de hydrogeologie*: het archief van de Geologische Dienst van België, de hydrogeologische kaarten van België, de gegevens van de intercommunales en de watermaatschappijen;
- *voor de geotechniek*: de geotechnische kaarten en de industriële exploitanten van de betreffende zones (gegevens verzameld bij de bouw van hun installaties) alsook de studie-bureaus.

De rapporten over de vier bibliografische studies, uitgevoerd door het studie-bureau Tractebel Development, vormen de technische basisdocumenten voor de latere studies. (Vooral de bibliografische studie van de site van het IRE heeft geleid tot het opvragen van de specifieke geologische en geotechnische gegevens bij het Bestuur der Mijnen, en dit omwille van de mijnschade veroorzaakt door de oude koolmijnexploitaties.) Deze rapporten zullen een hele reeks relevante gegevens over de betreffende zones ter beschikking van de partnerschappen stellen. Deze zones zullen worden ingedeeld volgens het schema dat werd voorgesteld in het rapport *Een algemene methodologie voor de bepaling van de werkzones voor oppervlakteberging en voor diepe berging* (NIROND 98-02, herz. 1 van mei 1999 [9]), uitgegeven door NIRAS met het oog op de identificatie van de interessante werkzones.

Tabel 7.1 De voornaamste bronnen gebruikt voor de bibliografische studies over de mogelijkheden inzake oppervlakteberging. De belangrijkste bronnen zijn die welke de mogelijkheid bieden de gegevens te verzamelen die nodig zijn om de vragen inzake veiligheid te beantwoorden.

Eisen met betrekking tot de beschikbaarheid van het terrein

Voldoende vrije oppervlakte (minimum 15 tot 20 ha)

- Plannen van de exploitanten
- Kadaster

Geplande toewijzing toegelaten door de gewestplannen

- Ruimtelijke ordening
- Toekomstige gemeentelijke projecten

Eisen met betrekking tot de natuurlijke kenmerken van het terrein

Afwezigheid van overstromingsrisico

(buiten de alluviale vlakten van de rivieren of van de kustvlakten)

- Topografische kaarten
- Oro-hydrografische kaarten
- Geologische kaarten
- Statistieken betreffende de pluviometrie

Voldoende geotechnische stabiliteit; afwezigheid van belangrijke mijnschade

- Algemene geotechnische kaarten
- Eigen gegevens van de lokale exploitanten
- Archief van het Bestuur der Mijnen

Seismische activiteit verenigbaar met de stabiliteit van de berging

- Seismische kaarten
- Studies van het Koninklijk Observatorium
- Eigen gegevens van de lokale exploitanten

Afwezigheid van nuttige delfstoffen in de ondergrond

- Kaarten van de mijnconcessies
- Lokale geschiedenis

Hydrogeologie die zich leent tot een overtuigende modellering

- Kaarten van de kwetsbaarheid van het grondwater
 - Geologische en hydrogeologische kaarten en beschrijvingen van bestaande boringen (Geologische Dienst en universiteiten)
 - Eigen gegevens van de exploitanten
-

Het voorafgaande bodemonderzoek hangt af van het (de) overwogen bergingstype(s) voor elk van de zones en van de geologische, hydrogeologische, topografische en geotechnische kenmerken van deze zones. Dit onderzoek vormt een fundamentele fase in de uitwerking van elk bergingsproject omdat het de mogelijkheid moet bieden de resultaten van de bibliografische studies te verifiëren en binnen elke nucleaire zone de zogenaamde 'werk'zones te bepalen, dat wil zeggen de zones die voldoen aan de vastgelegde veiligheidscriteria en die dus a priori gunstig zijn voor de eventuele inplanting van een bergingsinstallatie. Dit onderzoek loopt echter niet vooruit op de uiteindelijke beslissing over de eventuele inplanting van een bergingsinstallatie in één van de vier zones. Voor de zones Fleurus–Farciennes en Mol–Dessel–Geel werd het onderzoek reeds uitgevoerd; voor de zones Doel en Tihange moet het nog gebeuren, voor zover de plaatselijke overheden het toelaten. Dit onderzoek kan worden onderverdeeld in vijf types (tabel 7.2).

- *Het luchtonderzoek* per helikopter biedt de mogelijkheid de eventuele lineamenten op te sporen, dat wil zeggen de structurele patronen die aan het aardoppervlak zichtbaar zijn, alsook de plaatselijke breuken.
- *De oppervlakteboringen* van enkele meters diep dienen als peilbuizen. Door middel van deze boringen kan in de bestudeerde zones het freatische niveau worden gemeten en kan er tot verschillende tests op de waterlagen worden overgegaan. Voor Doel kunnen ze eveneens dienen voor tests met gekleurde of chemische merkstoffen om de invloed van de Schelde op de freatische waterlaag en haar stroming te bepalen.
- *50 tot 100 meter diepe geologische boringen* bieden de mogelijkheid de geotechnische (pressiometrische en dilatometrische) kenmerken van de doorboorde lagen te meten; ze worden door middel van continue geofysische boorgatmetingen afgescand om de aard ervan te analyseren. In deze boringen worden ook peilbuizen geplaatst voor statische metingen van het niveau van de verschillende waterlagen en voor diverse hydraulische tests en tests met merkstoffen.
- *De kleine sonderingen met de penetrometer* bieden de mogelijkheid de geomechanische kenmerken van de ondergrond te preciseren. Vervolgens worden ze in het peilbuizennetwerk geïntegreerd.
- *De metingen, gedurende verscheidene maanden, van de debieten van de waterlopen* die voor de afwatering van de zone zorgen, bieden de mogelijkheid de termen (afspoeling en infiltratie) van de hydrologische balans van de zone plaatselijk te verfijnen. Deze waarnemingen laten toe om voor verschillende periodes de in de bodem geïnfiltreerde waterhoeveelheden te bepalen ten opzichte van de totale hoeveelheid water dat door het bekken beweegt. Hoewel de polders van de zone Doel worden gekenmerkt door een netwerk van waterlopen met klein debiet, kunnen en-

kele debietmeting-opstellingen op de belangrijkste waterlopen worden geplaatst om de invloed van de getijden in de Schelde te meten.

Voor elk van de vier nucleaire zones moet een voorafgaande hydrogeologische modellering, gebaseerd op de resultaten van de metingen uitgevoerd in de boringen en op de hydrologische balans, de mogelijkheid bieden de richting en het debiet van de grondwaterstromen in en rond de zone te ramen. Deze modellering moet eveneens de invloed op de waterbeweging nagaan

- van de oude mijnontginningen voor de zone Fleurus–Farciennes;
- van het kanaal Boechout–Herentals en van de Nete voor de zone Mol–Dessel–Geel;
- van de Maas voor de zone Tihange.

Voor de zone Doel moet deze modellering rekening houden met de noodzaak de bergingsinstallatie op te hogen, op aangevoerde grond, en met de invloed van de getijden in de Schelde.

Bij de bouw van een oppervlaktebergingsinstallatie in de zone Doel of Mol–Dessel–Geel zou de basis van de installatie moeten worden verhoogd. In de zone Doel die tot een polderstreek behoort door dijken tegen de Schelde beschermd, zal elke oppervlaktebergingsinstallatie, zoals de site van de kerncentrale, moeten worden gebouwd op een terrein dat voldoende is opgehoogd. Momenteel is de vereiste ophoging vastgelegd op vijftien meter ten opzichte van het gemiddelde zeeniveau. Omdat de zone Mol–Dessel–Geel een streek met gering reliëf is, die overstroomd kan worden door het wassen van de plaatselijke rivieren, in het bijzonder de Nete, zou elk concept voor een oppervlakteberging de mogelijkheid moeten voorzien de basis van de bergingsinstallatie te verhogen. Hierbij staat de watertafel in deze zone ook zeer hoog, zodat een ophoging van de installatie eveneens noodzakelijk zal zijn voor redenen van afwatering en van duurzaamheid van de funderingen.

Tabel 7.2 Het uitgevoerde en uit te voeren bodemonderzoek voor de vier bestaande nucleaire zones. Aangezien de oppervlaktegeologie van de zone Doel grondig bestudeerd werd bij de bouw van de centrale (resultaten verkrijgbaar bij de exploitant) overweegt NIRAS er slechts twee types onderzoek.

Types tests	Doel	Fleurus–Farciennes	Mol–Dessel–Geel	Tihange
	uit te voeren	uitgev. (aug.–okt. 1999)	uitgev. (lente 1999)	uit te voeren
Luchtonderzoek	–	1	–	1
Ondiepe boring	waarschijnlijk	ongeveer 15	ongeveer 10	–
Diepere boring	–	7, van 50 tot 80 m	2, van 50 tot 70 m	waarschijnlijk 2 of 3
Grondsondering	–	ongeveer 10	ongeveer 20	–
Debietmeting	ja	in uitvoering	in uitvoering	ja

7.2 Diepe berging: er bestaan reeds veel gegevens

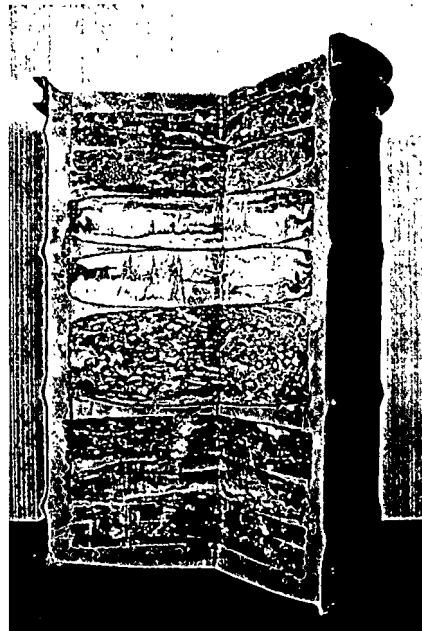
De eventuele bouw van een diepe-bergingsinstallatie zou betekenen dat onder de zone Doel of Mol–Dessel–Geel bergingsgalerijen moeten worden uitgegraven in de Boomse kleilaag, die zich uitstrekt van 50 tot 115 meter onder de zone Doel en van 180 tot 280 meter onder de zone Mol–Dessel–Geel. (De invloed van het graafwerk op de stabiliteit van het terrein ter hoogte van de gebouwen van de centrale van Doel en in de diepte zou zorgvuldig moeten nagegaan worden.)

In tegenstelling tot de situatie bij een oppervlakteberging vereist de identificatie van werkzones in de zones Doel en Mol–Dessel–Geel die a priori geschikt zijn voor diepe berging geen grondige bibliografische studie; wat de terreinstudies betreft, zou een minieme aanvulling volstaan omdat de reeds uitgevoerde terreinstudies een aanzienlijke hoeveelheid informatie hebben opgeleverd. Voor de zone Doel zal het voorafgaande onderzoek zich beperken tot een eerste hydrogeologische modellering van het zand dat de klei bedekt, om de richting en het debiet van de grondwaterstroming op die diepte na te gaan, en eventueel tot tests met merkstoffen in de bestaande putten. In de zone werd de geologie op gemiddelde diepte reeds grondig bestudeerd bij de bouw van de centrale (de resultaten zijn verkrijgbaar bij de exploitant), en dankzij de recente boringen die door NIRAS werden uitgevoerd (Doel 1A en Doel 1B, gericht op de Ieperiaan Klei, alsook Doel 2B, gericht op de Boomse Klei), konden een groot aantal bijkomende gegevens voor een diepte van verscheidene honderden meters worden verzameld. Voor de zone Mol–Dessel–Geel zijn alle gegevens nodig voor een voorafgaande evaluatie van de geologische kenmerken reeds beschikbaar: de diepe-bergingsoplossing, die er sinds meer dan twintig jaar voor het afval van categorieën B en C wordt overwogen, was immers het voorwerp — en is dat nog steeds — van een intensief onderzoeksprogramma, zoals blijkt uit het rapport SAFIR 1 [2], dat tegen het midden van het jaar 2000 zal worden aangevuld door het rapport SAFIR 2.

Net als voor de oppervlakteberging moet elke mogelijke site voor een diepe berging echter voldoen aan minimale veiligheidseisen [9]. De site moet meer bepaald een geologie bezitten die voldoende karakteriseerbaar is en een goed retentievermogen voor de radio-elementen heeft, en haar ondergrond mag geen nuttige delfstoffen bevatten. Geen enkele belangrijke waterbeweging is toegelaten door de bergingsite en de eventuele waterbewegingen rond de bergingsite moeten langzaam zijn. Tot slot mag de mogelijke site geen groot risico op toekomstige natuurlijke veranderingen inhouden (seismiciteit, vulkanisme, enz.).

8 De conceptstudies

NIRAS bestudeert momenteel twee oplossingen voor de berging van afval van categorie A: oppervlakteberging en diepe berging. Zij heeft voor deze oplossingen algemene concepten uitgewerkt die aan de partnerschappen zullen worden voorgesteld alvorens door hen te worden geëvalueerd, aangepast en aangevuld. Bij oppervlakteberging wordt een beroep gedaan op het concept postconditionering van de afvalvaten in betonnen containers, om monolithische blokken te vormen; bij diepe berging liggen twee scenario's ter studie: ofwel directe berging van de afvalvaten in bergingsgalerijen, ofwel postconditionering van de vaten in betonnen containers vóór hun berging. In alle gevallen moet de totale bergingscapaciteit van de bergingsite 150000 standaardvaten bedragen. Deze vaten hebben een capaciteit van 400 liter en zijn 1,07 meter hoog bij een diameter van 0,77 meter (figuur 8.1). Wanneer ze gevuld zijn, schommelt hun gewicht doorgaans tussen 900 en 1000 kg.



Figuur 8.1 Het standaardvat van 400 liter.

Ongeacht of gekozen wordt voor oppervlakteberging of diepe berging, pleit NIRAS voor de keuze van een concept met monolieten. Een dergelijk concept biedt immers verschillende voordelen:

- de monoliet verhoogt de mechanische weerstand en de duurzaamheid van de vaten;
- de monoliet verbetert de insluiting van de radio-elementen, want hij vormt een bijkomende chemische en fysische barrière;
- de monoliet biedt een bijkomende radiologische afscherming;
- de monoliet zal indien nodig het terugnemen van het afval vergemakkelijken (omkeerbaarheidsvereiste).

Een concept met monolieten heeft echter als nadeel dat het nuttige volume van een bergingssite met een factor twee moet worden verhoogd.

Door in dit geval een werkplaats voor de fabricage van de betonnen containers te bouwen op of vlak bij de bergingssite, zou het transport kunnen worden beperkt en zouden tegelijk sociaal-economische perspectieven gecreëerd worden. De oplossing van oppervlakteberging met monolieten zou namelijk tegen 2060 de constructie van meer dan 37000 betonnen containers kunnen vergen, die van diepe berging met monolieten 50000 containers.

De drie algemene bergingsconcepten die NIRAS de jongste jaren heeft uitgewerkt, berusten op het multibarrièrebeginsel (sectie 3.2) en houden rekening met de veiligheidsfuncties en -criteria (secties 6.2 en 6.5). Hieronder volgt een beknopte beschrijving van de verschillende concepten. Uiteraard heeft NIRAS over de meeste aspecten ervan al gedetailleerde voorstudies gemaakt. Deze zullen als uitgangspunt dienen voor de werkzaamheden van de werkgroepen (sectie 5.3).

8.1 Oppervlakteberging: concept met monolieten

De studies van NIRAS over de oppervlakteberging gingen van start in het midden van de jaren tachtig en lopen nog steeds door (hoofdstuk 4). De tussen 1990 en 1993 gerealiseerde studies werden bijeengebracht in het synthesedocument NIROND 94-04 [4]. Dit document stelde een eerste ontwerp van oppervlaktebergingsinstallatie voor, dat geïnspireerd was op de modernste principes. In dit voorstel werd het betrokken geconditioneerde afval, standaardvaten van 400 liter, als zodanig in bergingsmodules geplaatst en werden de lege ruimten tussen de vaten alsook tussen de vaten en de modulewanden opgevuld met een opvullingsmateriaal op basis van beton, zodat elke module één groot betonblok werd waarin het afval zat.

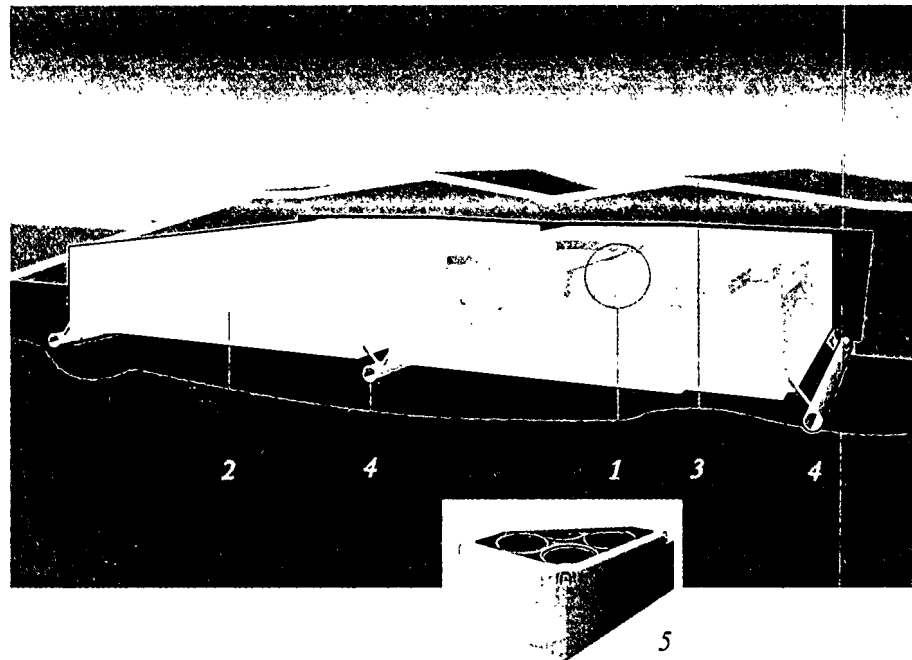
Sindsdien heeft NIRAS naar aanleiding van meerdere studies [12, 13, 14] diverse veranderingen aangebracht aan haar oorspronkelijke oppervlaktebergingsconcept. Deze veranderingen staan in het rapport NIROND 97-04 [5] en

betreffen meer bepaald de te bergen colli: het gaat niet meer om de standaardvaten zelf, maar om betonnen monolieten die destijds elk twee in mortel geïmmobiliseerde vaten bevatten. Deze monolieten worden vervolgens in de bergingsmodules geplaatst zonder interstitiële opvulling.

Hoewel nog geen enkele beslissing is genomen, geeft NIRAS vandaag de voorkeur aan het postconditioneringsconcept, dit is het concept "met monolieten". De basishypothesen waarop dit concept berust, staan in detail beschreven in de nota NIRAS 99-0653 [15]. Het erg algemene concept zal evenwel worden herzien, aangepast en aangevuld door de partnerschappen, met name in het licht van de geologie, de hydrologie, de topografie en de grondmechanica van de beschouwde zones, alsook de wensen van de bevolking inzake leefmilieu.

Volgens het huidige concept komt de oppervlakteberging schematisch neer op een stapeling van monolieten in betonnen modules die beschermd zijn met een waterdichte deklaag, maar niettemin voorzien zijn van een systeem voor drainage van het eventuele infiltratiewater (figuur 8.2). De structuur van de monolieten en het totaalconcept van de bergingsmodules moeten het mogelijk maken heel stabiele en voldoende sterke stapelingen te realiseren om het gewicht van de sluitplaat van de modules en van de deklaag van de bergingsinstallatie te kunnen dragen.

Meer bepaald houdt het concept van oppervlakteberging met postconditionering in dat de standaardvaten van 400 liter in containers van gewapend beton worden gedeponneerd, waar ze worden geïmmobiliseerd in mortel om blokken te vormen die monolieten worden genoemd. De betonnen containers werden voorlopig zo gedimensioneerd dat er vier standaardvaten in kunnen. Hun leeggewicht zou ongeveer 4400 kg bedragen, terwijl ze in gevulde toestand tussen 10500 en 13500 kg zouden wegen. Ze moeten bovendien voorzien zijn van een systeem dat het eventueel stagneren van infiltratiewater aan de bovenkant van de mortel belet, alsook van een antivlotsysteem dat verhindert dat de lichtste vaten door de wet van Archimedes terug aan de oppervlakte van de verse vloeibare mortel komen. Na harding van de mortel worden de monolieten met een rolbrug neergelaten in de bergingsmodules, die eveneens van beton zijn. Boven de modules, waarvan de binnen afmetingen ongeveer 25 op 23 op 8 meter zouden kunnen bedragen, komt een dak ter bescherming tegen slechte weersomstandigheden. Tot slot moet een drainagesysteem de afvoer van het eventuele insijpelingswater naar een opvangsysteem mogelijk maken dat permanent wordt gecontroleerd om nauwkeurig en snel de oorsprong van een mogelijk radioactief lek te kunnen bepalen.



Figuur 8.2 Driedimensionaal beeld van een type-installatie voor oppervlakteberging, met de stapeling van de monolieten (1) in betonnen modules (2), de deklaag op de modules (3), het drainagesysteem (4) en het detail van een monoliet (5).

De oppervlakteberging zal ten minste tijdens de duur van de institutionele controle, die om en bij de 300 jaar zal bedragen, waterdicht moeten zijn. Elke module zal dus, als ze eenmaal is gevuld met monolieten, worden afgedekt met een betonnen sluitplaat, waarna het buitenvlak van de module zal worden bedekt met verschillende lagen van een ondoorlatende kunststofverf, om het geheel perfect af te dichten tegen regenwater. Wanneer de bergingsinstallatie zelf gevuld is, zal het geheel worden beschermd met meerdere lagen kunstmatige en natuurlijke waterdichte materialen, waarvan de plaatsing eventueel enkele decennia kan worden uitgesteld om een betere opvolging van de verschillende elementen van de bergingsinstallatie mogelijk te maken. De site zal dan worden bedekt met een laag vegetatie, die het landschap weer een natuurlijk uitzicht zal geven. De institutionele controle na de sluiting van de berging zal hoofdzakelijk bestaan uit analyses van het grond- en oppervlaktewater, de bodem en de lucht.

De radiologische controles en metingen zijn overigens essentiële factoren van de bescherming tegen ioniserende straling. Tijdens de exploitatie van de

bergingsite hebben ze betrekking op de afvalvaten en de installaties, het personeel dat tewerkgesteld is in gecontroleerde zone en de lozingen in het leefmilieu. Na de sluiting van de berging bestaan ze in het verifiëren dat er geen radiologische besmetting is in het leefmilieu.

8.2 Diepe berging: directe berging of concept met monolieten

Een van de opdrachten die de ministerraad op 16 januari 1998 aan NIRAS heeft toevertrouwd, was het uitdiepen en voltooiën van de haalbaarheids- en kostenstudies voor de diepe berging van afval van categorie A. Meerdere elementen pleiten inderdaad a priori voor diepe berging van dit afval in klei:

- diepe berging verwijdert het afval van de biosfeer;
- klei is heel weinig doorlatend;
- klei en in sommige gevallen de aangrenzende bovenlagen vertonen gunstige kenmerken inzake vastzetting van de radio-elementen (sorptiekenmerken);
- klei is plastisch, wat de vorming verhindert van open breuken die een preferentiële weg vormen voor de dispersie van radio-elementen in geval van tektonische vervormingen van het massief.

Er rest echter nog te preciseren welke impact de corrosie van dit type afval heeft op de klei (sectie 6.5).

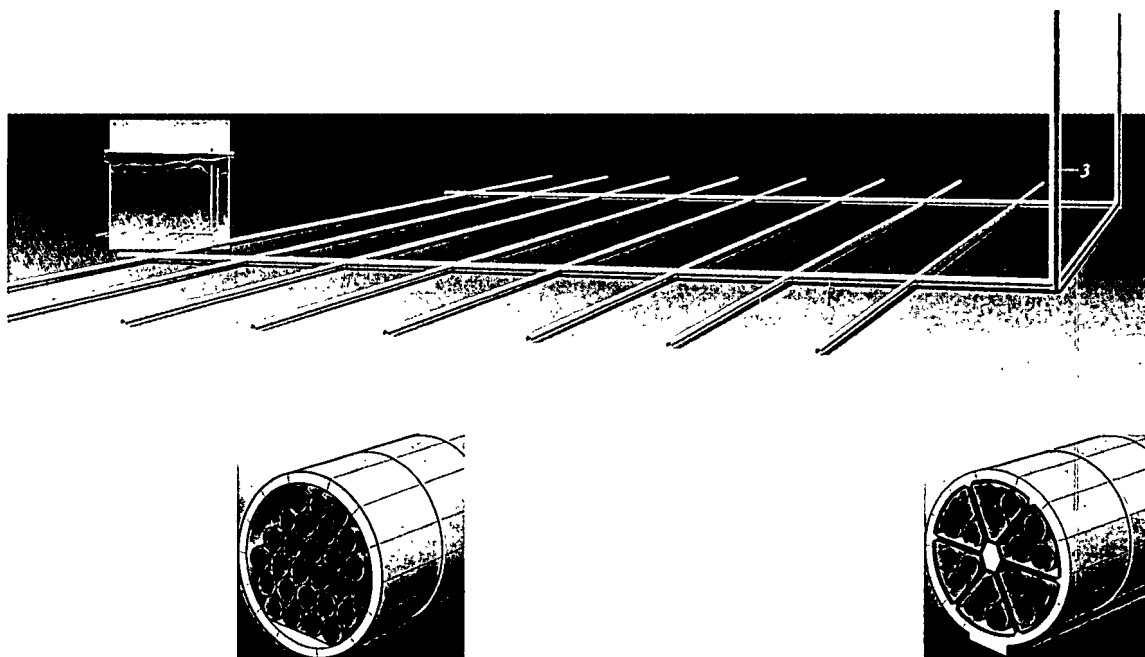
NIRAS heeft dus de algemene studie van diepe berging voor afval van categorie A opgestart, steunend op de studies die in België sinds het midden van de jaren zeventig zijn verricht om het potentieel van de Boomse kleiformatie als gastgesteente voor diepe berging van afval van categorieën B en C te evalueren. Deze algemene studie begon met de analyse van de voor- en nadelen van de verschillende concepten die van toepassing zijn op berging van afval van categorie A [16] en kwam uiteindelijk tot de twee volgende concepten, waarvan de tweede de referentieoplossing is:

- directe berging van de standaardvaten van 400 liter;
- berging van de standaardvaten van 400 liter na hun conditionering in de vorm van monolieten.

De hypotheses of technische basiscriteria eigen aan de diepe-bergingsconcepten worden uiteengezet in de nota NIRAS 99-1058 [17]. Het is evenwel de bedoeling dat deze concepten evolueren in overeenstemming met de werkzaamheden van de partnerschappen.

De twee concepten inzake diepe berging die vandaag in België worden overwogen voor afval van categorie A behelzen de bouw van een netwerk van horizontale galerijen in een van de kleilagen die aanwezig zijn in de

ondergrond (figuur 8.3). Twee toegangsschachten leiden naar een of twee hoofdgaleries en naar bergingsgaleries met een kleinere diameter. De schachten dienen voor de overbrenging van de vaten of de monolieten naar de ondergrondse installaties, voor de normale toegang van het personeel en voor de toevoer van nutsvoorzieningen. Een van de schachten moet ook voorzien zijn van een noodlift voor het personeel. De bergingsgaleries voor de colli zijn elk 1600 meter lang. In het concept van de directe berging van de vaten zouden er vier dergelijke galeries zijn (dit is een totaal van 6400 meter voor berging van 150000 vaten), en in het concept met monolieten zeven (dit is een totaal van 11000 meter voor berging van 50000 monolieten). Net als de hoofdgaleries moeten de bergingsgaleries de doortocht van alle vereiste nutsvoorzieningen mogelijk maken en moet de vereiste nood- en meetuitrusting erin kunnen. Ze hebben een vloer (of grondplaat) waarop de rails van het vaten- of monolietentransportsysteem worden bevestigd. De vaten of monolieten moeten immers van beneden in de toegangsschacht naar een positioneermachine worden gevoerd, die ze vastgrijpt en in horizontale positie opstapelt in de bergingsgalerij.



Figuur 8.3 Driedimensionaal beeld van een type-installatie voor diepe berging, met de bergingsgaleries (1), de hoofdgaleries (2) en de toegangsschachten (3). De twee figuren onderaan tonen het detail van de bergingsgalerij, naargelang het om het concept van directe berging van de vaten gaat (links) of om het concept met monolieten (rechts).

Het monolietmodel dat momenteel wordt voorgesteld voor het bergingsconcept met monolieten bevat drie standaardvaten. De monoliet heeft een doorsnede in de vorm van een zesde van een taart, dat zo is gedimensioneerd dat elk stuk bergingsgalerij er zes van kan bevatten en dat het volume op te vullen holten minimaal is. Het gewicht van een gevulde monoliet zou ongeveer 8000 kg zijn, verdeeld als volgt:

- | | |
|---|--------------------|
| ■ gewicht van de lege container | = ongeveer 2500 kg |
| ■ gewicht van de drie vaten van 400 liter | = ongeveer 3000 kg |
| ■ gewicht van het opvullingsmateriaal | = ongeveer 2500 kg |

De lege ruimten die overblijven na de berging van de vaten of de monolieten in de bergingsgalerij zullen moeten worden gedicht met een opvullingsmateriaal (bijvoorbeeld beton, mortel of droog zand), om te vermijden dat de galerij met de tijd plaatselijk verzakt, waardoor de omgevende kleilagen zouden dreigen te barsten. Om een met vaten gevulde galerij over 30 meter lengte op te vullen, zou ongeveer 200 m³ opvullingsmateriaal moeten worden ingespoten, tegen ongeveer 30 m³ voor het concept met monolieten.

Om de huidige hoeveelheid (25000 vaten) en de komende hoeveelheid opgeslagen vaten binnen een redelijke termijn (10 à 15 jaar) te verwerken, zouden in de eerste exploitatiejaren van de bergingssite gemiddeld 25 vaten per dag moeten worden geborgen; daarna zou berging van de dagelijkse productie, die momenteel ongeveer 9 vaten per dag bedraagt, volstaan.

8.3 Het type van gebouwen hangt weinig af van de oplossing

De lijst met gebouwen van de bergingsinstallatie die door de partnerschappen zal worden opgesteld, zal bij oppervlakteberging en diepe berging grotendeels identiek zijn. Het gaat typisch om

- *een toezichtsgebouw – brandbeveiligingspost* die zorgt voor de bewaking en toezicht van de site en onderdak geeft aan het materiaal en de voertuigen voor interventie;
- *een bezoekerscentrum*, voorzien van een communicatie- en informatie-ruimte, een documentatiecentrum, en vergader- en projectie-zalen;
- *een administratief gebouw* met de bureaus en vergaderzalen van het technisch en administratief personeel;
- *een gebouw voor de ontvangst en tussenopslag van de afvalvaten*, dat eventueel geïntegreerd is in het postconditioneringsgebouw en dient om de vaten uit de vrachtwagen te lossen en op te slaan in een bufferzone;

- *een gebouw voor postconditionering van het afval in de betonnen containers;*
- *een werkplaats voor de fabricage van de betonnen containers, waarvan de inplanting op of in de buurt van de bergingssite technische en sociaal-economische voordelen zou bieden;*
- *een gebouw voor de algemene diensten, waar de dienst voor radiologische bescherming van het personeel, de medische dienst of nog de laboratoria zijn ondergebracht;*
- *een gebouw met de elektrische en mechanische werkplaatsen, die voorzien zijn van de nodige uitrusting om de goede werking en het onderhoud van de installaties van de site te verzekeren;*
- *een gebouw voor de nutsvoorzieningen, dat onderdak geeft aan alle nodige uitrusting voor de productie en de distributie van de fluïda die onontbeerlijk zijn voor de goede werking van de installaties van de site (water, lucht, enz.).*

9 Het leefmilieu

Elke bergingsinstallatie moet zo worden verwezenlijkt en gevestigd dat haar niet-radiologische impact op het leefmilieu beperkt blijft tot een toelaatbaar niveau. Net als voor alle aspecten die verband houden met veiligheid, is een bepaald impactniveau, zelfs indien in principe aanvaardbaar, niet voldoende indien het met redelijke inspanningen nog kan worden verminderd.

Inzake leefmilieu houdt het nieuwe werkprogramma van NIRAS rekening met twee aspecten waarover onafhankelijke experts al een voorstudie hebben gemaakt [18, 19]. Het gaat enerzijds om het overzicht van de wettelijke reglementeringen, voorschriften en andere toepasselijke bepalingen, en anderzijds om de bepaling van de inhoud van een milieueffectenstudie van een bergingsinstallatie.

Het reglementaire kader dat van toepassing zal zijn op de evaluatie van de niet-radiologische impact van een bergingsinstallatie op het leefmilieu is nog niet volledig vastgesteld en zal worden bepaald in overleg met de bevoegde federale en gewestelijke autoriteiten. Het zou de verschillende geldende Europese richtlijnen, de federale reglementering aangaande nucleaire installaties en de gewestreglementering inzake stedenbouw, ruimtelijke ordening en leefmilieu kunnen groeperen.

De effectenstudie zal de rechtstreekse en onrechtstreekse niet-radiologische impact van de inplanting en de exploitatie van een bergingsinstallatie op de mens, de fauna en de flora, de bodem, het water, de lucht, het klimaat en het landschap, alsook op de materiële goederen en het culturele erfgoed moeten beschrijven en beoordelen. De inhoud ervan zal worden ingevuld door de partnerschappen (sectie 5.3), die zich kunnen inspireren op de recente en uitgebreide Finse impactstudie van een diepe berging voor afval van categorie C [20].

Overigens zal NIRAS conform de Europese richtlijn 97/11/EG van 3 maart 1997 de bevoegde autoriteiten ten minste de volgende informatie moeten verstrekken:

- een beschrijving van het project, met informatie over zijn concept en zijn dimensies, alsook over de inplantingsite;
- een beschrijving van de beoogde maatregelen om belangrijke negatieve effecten te voorkomen en te reduceren en indien mogelijk te verhelpen;
- de nodige gegevens om de belangrijkste effecten die het project kan hebben op het leefmilieu te identificeren en te evalueren;

- een schets van de belangrijkste onderzochte vervangingsoplossingen en een aanwijzing van de belangrijkste redenen die aan de grondslag liggen van de gemaakte keuze, in het licht van de effecten op het leefmilieu;
- een niet-technische samenvatting van de verschillende behandelde aspecten.

10 De kosten

De eerste evaluaties van de kosten met betrekking tot de berging van het afval van categorie A gaan terug tot 1988. In de loop van de jaren negentig werd, in het kader van verschillende economische studies en ondanks de grote onzekerheid over het concept en de tijdschema's voor de realisatie, getracht de nodige kostengegevens te preciseren om de tarieven voor de ophaling van radioactief afval van deze categorie vast te stellen. Deze studies en de resulterende tarieven steunden op de hypothese dat het afval van categorie A geborgen zou worden in een oppervlaktebergingsinstallatie, aangezien deze oplossing in die tijd de enige referentie was voor de economische studies.

In 1996 gaf NIRAS de gespecialiseerde onderneming Widnell Europe de opdracht om de kostprijs van een oppervlaktebergingsinstallatie voor afval van categorie A op een algemene site opnieuw in zijn geheel te evalueren. Deze studie vormt de eerste gedetailleerde economische evaluatie van de oplossing "oppervlakteberging". Hoewel de conceptstudies voor de oplossing "diepe berging" veel minder ver gevorderd waren, voerde NIRAS in 1997 een eerste gelijkaardige evaluatie uit van de kosten van diepe berging van het afval van categorie A. De resultaten van deze studies werden opgenomen in het economische deel van het rapport NIROND 97-04 [5], op basis waarvan de ministerraad op 16 januari 1998 heeft beslist de idee van een eventuele voorlopige oplossing voor het beheer op lange termijn van het afval van categorie A definitief te laten varen ten voordele van een definitieve oplossing.

10.1 Een volledig parametrizeerbare evaluatiemethode

Voor de kostenevaluaties die in het kader van haar nieuwe werkprogramma uitgevoerd moeten worden, beveelt NIRAS de door Widnell Europe ontwikkelde analysemethode aan, die overigens lijkt op de methode die de industrie doorgaans gebruikt voor het plannen of bestuderen van prijzen. Het gaat immers om een erg analytische en makkelijk te parametriseren methode, twee essentiële kwaliteiten aangezien veel parameters, ongeacht het gekozen concept, kunnen evolueren tegen de tijd dat de bergingsinstallatie in gebruik wordt genomen, en zelfs daarna nog: de componenten, de architectuur, de gebruikte materialen en technieken, de exploitatiemodaliteiten, de planning van de verschillende fasen en de duur ervan, alsook de hoeveelheden en types te bergen afval. Eenzelfde concept kan overigens uiteenlopende vormen aannemen naar gelang van de inplantingsplaats, aangezien het rekening moet houden met de specifieke kenmerken van deze plaats (topografie, be-

schikbare oppervlakte, draagvermogen van de bodem, bestaande toegangswegen, enz.) en met de beperkingen vanwege de plaatselijke instanties (stedenbouwkundige en demografische beperkingen, veiligheidseisen, enz.).

De methode van Widnell Europe bestaat erin bij elke evaluatieoefening voor de beoogde bergingsinstallatie een rekenblad op te stellen met de volgende elementen:

- de beschrijving van het gekozen concept,
- het referentie-organisatieschema van de eenheid die belast is met de exploitatie,
- de referentietijdschema's (realisatie, productie van het afval, enz.),
- een gedetailleerde meetstaat van de componenten van het concept,
- een raming van de eenheidskosten,
- de aanduiding van de informatiebronnen,
- de marges voor onzekerheden.

Het resultaat hiervan is een volledig geparametriseerd rekeninstrument, dat NIRAS zal gebruiken om de door de verschillende partnerschappen ontwikkelde voorontwerpen vanuit economisch oogpunt te evalueren en te vergelijken. De technische of financiële inhoud ervan kan op elk moment zonder noemenswaardige problemen worden aangepast en het eindresultaat kan automatisch worden herzien wanneer blijkt dat een gegeven parameter gecorrigeerd moet worden in het licht van de laatste ontwikkelingen of wegens bijzondere plaatselijke omstandigheden. Dit kan bijvoorbeeld een hoeveelheid, een volume, een lengte, een architectuur, een duur, een materiaal, een techniek, een eenheidsprijs of een marge voor onzekerheden zijn.

10.2 De meest recente resultaten: de beste referentie

De economische studies die in 1996 en 1997 werden uitgevoerd met het oog op het rapport NIROND 97-04 [5] zijn de recentste, waardoor ze het bereikte kennisniveau bijzonder goed illustreren. Wegens de onbekenden die blijven bestaan, met name qua concept, plaats van inplanting, aanvangsdatum van de werken en uitvoeringstermijnen, worden om reden van goed beheer marges ingebouwd voor onzekerheden, marges die soms erg groot kunnen lijken. Ook al verwacht het nieuwe werkprogramma niet verder dan het stadium van voorontwerp te gaan, zou het tegen 2001 toch een beter beeld moeten kunnen geven van de bergingskosten van het afval van categorie A, aangezien het tegelijk de mogelijkheid biedt op het terrein (en niet langer op basis van theoretische sites) te werken én voorontwerpen te ontwikkelen in nauw en open overleg met de plaatselijke overheid en bevolkingsgroepen.

Om een idee te hebben, heeft NIRAS drie referentiescenario's geselecteerd uit de vele mogelijke scenario's voor de inbedrijfstelling van de bergingsinstallatie:

- een scenario van inbedrijfstelling "ten vroegste" (tegen 2005 voor de oppervlakteberging en tegen 2015 voor de diepe berging);
- een scenario van "tussentijdse" inbedrijfstelling (tegen 2035);
- een scenario van inbedrijfstelling "ten laatste" (tegen 2060).

De vergelijking van de kosten van de drie referentiescenario's, die over erg lange perioden lopen, steunt op de volgende principes.

- *De kosten worden als ogenblikkelijk beschouwd.* Het is immers onmogelijk realistische hypothesen te maken over de evolutie van de arbeidskosten en grondstoffenprijzen over dergelijke lange periodes. De kosteneenheid is de Belgische frank volgens de economische voorwaarden van midden 1996 (BEF 1996).
- *De kosten worden geraamd in niet-geactualiseerde constante frank.* Aangezien de actualisatietechniek tot gevolg heeft dat kosten die veraf liggen in omvang verminderen, acht het men over het algemeen niet gepast actualisatietechnieken toe te passen voor projecten op zeer lange termijn, die vele generaties beïnvloeden. Het is inderdaad moeilijk aan te nemen dat men de omvang zou kunnen verminderen van de toekomstige kosten die, ook al liggen ze nog veraf, een last voor de betrokken generaties zullen vormen.
- *De economische vergelijking moet rekening houden met de uitgesproken verschillen in de kwaliteit van de gegevens van de verschillende kostenposten.* De basiskosten, die als beste ramingen moeten worden beschouwd, moeten een marge inhouden voor onzekerheden, die bestaan uit onvoorziene omstandigheden die verband houden met het project, en onvoorziene omstandigheden die verband houden met de technologische rijpheid van de voorgestelde oplossingen. Deze marges werden opgesteld overeenkomstig de aanbevelingen van het EPRI (*Electricity Power Research Institute*, VS): de marges voor onvoorziene projectomstandigheden variëren van 10 tot 40% afhankelijk van de precisiegraad van de raming; die voor technologische onvoorziene omstandigheden variëren van 10 tot 70% afhankelijk van de rijpheid en de beschikbare ervaring.
- *Bepaalde kostenposten worden zolang uitgesteld dat ze niet te combineren zijn met de andere posten.* Het gaat hier meer bepaald om de kosten van de institutionele controle na de sluiting van de bergingsinstallatie. Ook al zijn ruwe schattingen mogelijk, de kosten blijven zo ver verwijderd en/of onnauwkeurig dat ze niet bruikbaar zijn in de vergelijking van de drie scenario's; ze kunnen niet bij de andere, beter gekende, posten worden geteld om een totale kostprijs te bekomen.

Tabel 10.1 geeft een samenvatting van de kostenberekeningen, inclusief marges voor onzekerheden, voor de vijf fasen van de inbedrijfstelling van een technische oplossing. Hierbij horen volgende toelichtingen.

- *Tijdelijke opslag* De kostprijs ervan stijgt naarmate de bergingsdatum opschuift. Wat de scenario's "ten vroegste" betreft, ligt de kostprijs van tijdelijke opslag vóór diepe berging hoger dan die van tijdelijke opslag vóór oppervlakteberging, omdat de eerste later valt dan de tweede en normaal gesproken een trager bergingsritme met zich meebrengt.
- *Investerings* Deze kosten omvatten de uitgaven voor de studies en de bouw van de installaties. Ze weerspiegelen de complexiteit van de gekozen oplossing.
- *Berging van het afval* Deze kosten worden enerzijds beïnvloed door de complexiteit van de toegepaste oplossing en anderzijds door de duur van de operationele periode, die des te korter is naarmate de oplossing later ten uitvoer wordt gelegd.
- *Sluiting* De sluiting van de bergingsinstallatie behelst in het geval van oppervlakteberging het aanbrengen van de laatste aardedeklagen en in het geval van diepe berging de afdichting van de toegangsschachten.
- *Latere activiteiten* De kosten van de activiteiten na de berging van het afval zijn moeilijk, zo niet onmogelijk te ramen. Ze stemmen overeen met de kosten van de periode van toezicht en institutionele controle na de sluiting van de bergingsinstallatie, die in principe jaarlijks zullen afnemen. Deze kosten zouden moeten worden gedekt door een kapitaaliseerbaar fonds dat bij het begin van deze periode in het leven wordt geroepen, en worden bij een eerste benadering op 5,6 miljard BEF geraamd voor de oppervlakteberging en op 2 miljard BEF voor de diepe berging.

Tabel 10.1 De schommelingsmarges van de kosten van de drie referentiescenario's voor berging (in miljard BEF 1996).

Realisatiefasen	Ten vroegste (2005/2015)		Tussentijds (2035)		Ten laatste (2060)	
	Oppervlakte	Diepte	Oppervlakte	Diepte	Oppervlakte	Diepte
1. Tijdelijke opslag	0,1	0,7	1,3 – 1,4	1,4 – 1,5	3 – 3,3	3 – 3,3
2. Investerings	5 – 7,8	8,6 – 16,7	5 – 7,8	8,6 – 16,7	5 – 7,8	8,6 – 16,7
3. Berging van het afval	9,4 – 13,6	8,5 – 16,6	4,9 – 7,1	5,8 – 11,3	3,4 – 4,9	3,9 – 7,6
4. Sluiting	2,3 – 4,3	1,8 – 4,3	2,3 – 4,3	1,8 – 4,3	2,3 – 4,3	1,8 – 4,3
Totaal	16,8 – 25,8	19,6 – 38,3	13,5 – 20,6	17,6 – 33,8	13,7 – 20,3	17,3 – 31,9
5. Latere activiteiten	Oppervlakteberging: matige jaarlijkse uitgaven gedurende 200 tot 300 jaar; geraamd kapitaal: 5,6 Diepe berging: totaal bedrag gespreid over enkele decennia; geraamd kapitaal: 2					

Eindbeschouwingen

In tegenstelling tot een wijd verspreid idee stelt het beheer op korte termijn van radioactief afval vandaag geen probleem in België en is men zeer ver gevorderd met de ontwikkeling van veilige, verantwoorde en voorzichtige oplossingen voor het beheer op lange termijn.

NIRAS heeft de evolutie van de moderne gemeenschap naar een echte deelname van de burger aan de beslissingen die hem aanbelangen van nabij gevolgd; zij heeft haar werkmethode aan deze evolutie aangepast en overeenkomstig uitgebreid. Omdat de burger haar echte bekommernis en haar belangrijkste partner is, heeft zij geopteerd voor een partnerschapmethodologie om een definitieve oplossing voor het beheer van afval van categorie A te vinden, een oplossing die op een ruime consensus bij de bevolking moet kunnen steunen. Met deze methodologie komen de bekommernissen en verlangens van de gemeenschap op een directe wijze aan bod.

Om haar doelstelling te bereiken, rekent NIRAS op de vrijwillige deelname van de geïnteresseerde lokale bevolking. Ze hoopt dat deze een actieve partner zal zijn. Overeenkomstig haar wettelijke opdracht zal NIRAS toezien op de technische uitvoerbaarheid en de veiligheid van de voorgestelde voorontwerpen. De risico's verbonden aan de aanwezigheid van een bergingsinstallatie krijgen de grootste aandacht via alle eisen die gesteld worden qua veiligheid, stapsgewijze verwezenlijking, flexibiliteit en omkeerbaarheid. Tegelijkertijd zal NIRAS haar partners de financiële en technische middelen bezorgen die nodig zijn voor de ontwikkeling van hun voorontwerpen, waarvan de eindkwaliteit en de integratie op lokaal niveau het resultaat zullen zijn van de bijdragen en inspanningen van allen. Deze benadering zou het de federale regering mogelijk moeten maken te beslissen tussen oppervlakte- en diepe berging: dit is althans wat NIRAS beoogt. Ze zou het eveneens mogelijk moeten maken dat de regering rond 2001–2002 het of de voorontwerp(en) voor een geïntegreerde berging dat (die) ze verder wil laten uitwerken, kan selecteren. NIRAS neemt met de partnerschapmethodologie echter het risico over geen haalbaar voorontwerp voor zo'n berging in 2001–2002 te beschikken. In dit geval zal de regering beslissen over het gevolg dat aan het dossier moet worden gegeven. Tot dan wordt er niets beslist.

Oplossingen voor het beheer op lange termijn van afval van categorie A zijn reeds operationeel in Duitsland, Finland, Frankrijk, Spanje, het Verenigd Koninkrijk, Zweden, Japan, de Verenigde Staten en Zuid-Afrika. In het begin van de 21^e eeuw zou België eveneens over een bergingsinstallatie kunnen beschikken.

Bijlage 1: Lijst met tabellen en figuren

Tabel 2.1	De drie categorieën radioactief afval volgens de Belgische classificatie.	9
Tabel 3.1	De volumes geconditioneerd afval die eind 1998 bij Belgoprocess waren opgeslagen.	15
Tabel 7.1	De voornaamste bronnen voor de bibliografische studies inzake oppervlakteberging.	50
Tabel 7.2	Het bodemonderzoek voor de vier bestaande nucleaire zones.	52
Tabel 10.1	De schommelingsmarges van de kosten van de drie referentiescenario's voor berging.	67
Figuur 3.1	Het beheer van het radioactieve afval in België.	11
Figuur 8.1	Het standaardvat van 400 liter.	54
Figuur 8.2	Driedimensionaal beeld van een type-installatie voor oppervlakteberging.	57
Figuur 8.4	Driedimensionaal beeld van een type-installatie voor diepe berging.	59

Bijlage 2: Referenties

- [1] IAEA Safety guide *Classification of Radioactive Waste*, IAEA Safety Series No. 111-G-1.1, IAEA, Wenen (mei 1994)
- [2] Rapport SAFIR 1, NIRAS (1989)
- [3] Rapport NIRAS *De berging van laagactief afval: stand van zaken en vooruitzichten*, NIROND 90-01 (januari 1990)
- [4] Rapport NIRAS *De oppervlakteberging, op Belgisch grondgebied, van laagactief afval en afval met korte halveringstijd: synthese en aanbevelingen*, NIROND 94-04 (april 1994, uitgeput)
- [5] Rapport NIRAS *Vergelijking van de verschillende opties voor het beheer op lange termijn van laagactief en kortlevend afval: aspecten veiligheid en kostprijverschillen*, NIROND 97-04 (juni 1997)
- [6] Rapport Belgatom *Reconnaitssances géologiques préliminaires à Baronville* (juni 1998)
- [7] Document NIRAS *Veiligheidscharter voor de berging van radioactief afval. Deel 1: Veiligheidsdoelstellingen en veiligheidsvereisten* (versie van 20 september 1999)
- [8] Document NIRAS *Veiligheidscharter voor de berging van radioactief afval. Deel 2: Veiligheidsstrategie en veiligheidsdemonstratie* (versie van 20 september 1999)
- [9] Rapport NIRAS *Een algemene methodologie voor de bepaling van de werkzones voor oppervlakteberging en voor diepe berging*, NIROND 98-02 (herz. 1 van mei 1999)
- [10] Rapport SCK·CEN *De gasproblematiek bij het bergen van radioactief afval in een oppervlakte bergingsinstallatie of in een diepe geologische berging in de klei van Boom* (april 1997)
- [11] Rapport SCK·CEN *Doenbaarheidsstudie diepe berging van categorie A afval: invloed van de gasproblematiek op het concept* (ontwerpversie van maart 1999)
- [12] Rapport Belgatom *Site d'évacuation de surface de déchets faiblement radioactifs. Phase 1 : étude conceptuelle générique pour l'optimisation de l'étanchéité*, ref. 686 (herz. 00) (september 1995)
- [13] Rapport Belgatom *Evacuation de surface : dimensionnement des parois des modules* (november 1996)
- [14] Rapport Widnell Europe NV *Revisie budget oppervlakteberging* (september 1996)
- [15] Nota NIRAS *Liste des hypothèses de base considérées pour le développement du concept de dépôt définitif en surface dans le cadre du projet POSTALTSURF*, NIRAS 99-0653 (februari 1999)
- [16] Nota NIRAS *Stockage géologique profond des déchets de catégorie A : analyse des différentes techniques d'enfouissement*, NIRAS 98-2550 (juli 1998)
- [17] Nota NIRAS *Choix conceptuels de base préliminaires aux études POSTALTSURF relatives au dépôt en profondeur des déchets de catégorie A*, NIRAS 99-1058 (maart 1999)
- [18] L. Triest, M. Van Molle, F. Bogemans, A. De Brabander, VUB, *Situering en globale inhoudsbepaling van een MER voor de oppervlakteberging van laagactief en kortlevend afval: niet-nucleair gebonden milieueffecten* (april 1999)

- [19] L. Triest, M. Van Molle, F. Bogemans, A. De Brabander, VUB, *Situering en globale inhoudsbepaling van een MER voor de diepe berging van laagactief en kortlevend afval: niet-nucleair gebonden milieueffecten* (april 1999)
- [20] Rapport Posiva Oy *The Final Disposal Facility for Spent Nuclear Fuel: Environmental Impact Assessment Report* (mei 1999)

Bijlage 3: Werken van algemeen belang

Th. De Putter, L. André, A. Bernard, J.-M. Charlet, Ch. Dupuis, J. Jedwab, D. Nicaise, A. Perruchot, Y. Quinif, *Natuurlijke en archeologische analogieën — Oppervlaktegeologie en oppervlakteverwerking*, NIROND 97-10, Uitgever F. Decamps (1997)

Th. De Putter, J.-M. Charlet, *Natuurlijke analogieën in klei — Een bibliografische synthese*, NIROND 94-14, Uitgever F. Decamps (1994)

M. Eisenbud, Th. Gesell, *Environmental Radioactivity—From Natural, Industrial, and Military Sources*, Academic Press, 4^e édition (1997)

J. Foos, *Manuel de radioactivité à l'usage des utilisateurs* (delen 1, 2 en 3), Formascience (1993)

Ch. Hoenraet (red.), *De energiebronnen en kernenergie — Vergelijkende analyse en ethische reflecties*, ISBN 90.334.4349.X, Acco (1999)

J. Leclercq, *L'ère nucléaire — Le monde des centrales nucléaires*, ISBN 2.85108.599.9, Hachette (1988) (bestaat ook in het Engels)

G. Van den Noortgate, *La Belgique nucléaire*, ISBN 2.930088.17.6, Uitgever L. Pire (1996)

H. Vanmarcke, L. Bagniet-Mahieu, J.-P. Culot, P. Govaerts, L. Holmstock, *Ioniserende straling — Effecten van lage dosissen*, NIROND 96-03, Uitgever J.-P. Minon (1996)

L. Wouters, N. Vandenberghe, *Geologie van de Kempen — Een synthese*, NIROND 94-11, Uitgever F. Decamps (1994)

IAEA Safety guide *The Principles of Radioactive Waste Management*, IAEA Safety Series No. 111-F, IAEA, Wenen (1995)

Rapport NIRAS *Beleid en praktijk inzake het beheer van laagactieve afvalstoffen met korte halveringstijd in Europa*, NIROND 97-08 (oktober 1997)

Bijlage 4: Letterwoorden en acroniemen

ALARA	As Low As Reasonably Achievable (een van de basisprincipes van de stralingsbescherming die wil bewerkstellingen dat elke blootstelling aan straling gerechtvaardigd is en dat de dosis zo klein als redelijkerwijs mogelijk is, rekening houdend met de economische en sociale factoren)
CBNM	Centraal Bureau voor Nucleaire Metingen (Geel, België)
CILVA	Centrale Infrastructuur voor Laagactief Vast Afval (infrastructuur voor de verwerking en conditionering van laagactief vast en vloeibaar afval, gelegen op de site van Belgoprocess)
COGEMA	Compagnie générale des matières nucléaires (Frans bedrijf dat in La Hague een fabriek voor de opwerking van gebruikte brandstoffen exploiteert)
EPRI	Electricity Power Research Institute (Palo Alto, Californië, Verenigde Staten)
FANC	Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (Brussel, België)
FBFC International	Franco-belge de fabrication de combustibles International (Dessel, België)
FUL	Fondation universitaire luxembourgeoise (Luxemburg, België)
HADES	High-Activity Disposal Experimental Site (ondergronds laboratorium van het SCK-CEN gelegen in de Boomse Klei)
IAEA	International Atomic Energy Agency / Internationaal Agentschap voor Atoomenergie (Wenen, Oostenrijk)
ICRP	International Commission on Radiological Protection / Internationale Commissie voor Stralingsbescherming (New York, Verenigde Staten)
IRE	Nationaal Instituut voor Radio-elementen (Fleurus, België)
IRMM	Instituut voor Referentiematerialen en -metingen (Geel, België)
NEA	Nuclear Energy Agency, OECD / Agentschap voor Kernenergie, OESO (Parijs, Frankrijk)
NIRAS	Nationale Instelling voor Radioactief Afval en Verrijkte Splitsstoffen (Brussel, België)
NRC	US Nuclear Regulatory Commission (Washington DC, Verenigde Staten)
OESO	Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (Parijs, Frankrijk)
PAMELA	Pilotanlage Mol zur Erzeugung Lagerfähiger Abfälle (proefinstallatie voor de productie van afvalcolli die opgeslagen kunnen worden, gelegen op de site van Belgoprocess)
PRACLAY	Preliminary Demonstration Test for Clay Disposal (voorbereidende demonstratietest met het oog op de berging van hoogactief afval in klei)
SAFIR	Safety Assessment and Feasibility Interim Report (Het SAFIR 1 rapport maakt de balans op van de werkzaamheden uitgevoerd van 1974 tot 1988 op het vlak van berging in de Boomse Klei.)
SCK-CEN	Studiecentrum voor Kernenergie (Mol, België)
UIA	Universitaire Instelling Antwerpen (Antwerpen, België)
VITO	Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (Mol, België)

Bijlage 5: Glossarium

De nucleaire sector gebruikt tal van woorden uit de gangbare woordenschat in een specifieke betekenis. Het volgende glossarium, dat zeker niet exhaustief is, verklaart de belangrijkste termen die in dit dossier worden gebruikt, zonder evenwel te pretenderen dat het om volledige wetenschappelijke definities gaat.

Activering Omzetting van een stabiele stof in radioactieve stof door blootstelling aan ioniserende straling of door beschieting met een deeltjesflux.

activiteit Voor een bepaalde hoeveelheid radioactieve stof, het aantal desintegraties (spontane radioactieve transities) per tijdseenheid. De activiteitseenheid is de becquerel (Bq), overeenkomend met één desintegratie per seconde.

afscherming Geheel van maatregelen en middelen om de mens en het leefmilieu te beschermen tegen de schadelijke effecten van ioniserende stralingen.

afvalcollo Geheel bestaande uit het al dan niet geconditioneerde radioactieve afval en de verpakking waarin het afval zit. Deze verpakking is bijvoorbeeld een stalen vat voor laag- en middelactief afval en een container in roestvrij staal voor hoogactief afval.

alfa-afval Afval geproduceerd bij de fabricage en de opwerking van kernbrandstof. Alfa-afval is langlevend en moet dan ook op dezelfde manier worden opgeslagen als hoogactief afval.

Barrière Natuurlijke omgeving of kunstmatige constructie die de migratie van water naar het geborgen radioactieve afval en de migratie van radio-elementen van dit afval naar de omgeving belemmert.

becquerel Eenheid van activiteit (Bq), overeenkomend met één desintegratie per seconde.

berging Geheel van de verrichtingen die erop gericht zijn het radioactieve afval af te zonderen van het leefmilieu, zonder dat het a priori de bedoeling is het terug te nemen.

bestraling Uitwendige of inwendige blootstelling aan stralingen uitgezonden door een radioactieve bron.

biosfeer Deel van de aarde waar de levende organismen zich ontwikkelen en leven. Voor veiligheidsevaluaties is de biosfeer de plaats waar de mens kan blootgesteld worden aan de radioactieve stoffen die vanuit een bergingsinstallatie kunnen vrijkomen.

Conditionering Geheel van de verrichtingen die volgen op de verwerking van het afval en die, dankzij het gebruik van een conditioneringsmatrix, een vast, compact, chemisch stabiel en niet voor dispersie vatbaar materiaal opleveren en aldus het transport en de tijdelijke opslag van het radioactieve afval mogelijk maken in afwachting van zijn berging. De conditionering omvat eveneens het immobiliseren van het afval door het in te kapselen of te blokkeren in een matrix, en het verpakken ervan. Inkapseling wordt toegepast op homogeen afval, zoals slib, harsen en concentraten, en bestaat in het omhullen van elk afvaldeeltje in de conditioneringsmatrix. Blokkeren wordt toegepast op

heterogeen afval en bestaat in het injecteren van een matrix in de holten tussen de afval-elementen, om een monoliet te vormen.

Dosis (geabsorbeerde) Energie die door de straling afgegeven wordt per massa-eenheid van een medium. Zij wordt uitgedrukt in gray (Gy). Ter vereenvoudiging wordt de term "dosis" vaak gehanteerd in plaats van "equivalente dosis", dat het product is van de geabsorbeerde dosis met een wegingscoëfficiënt die afhangt van de aard van de straling en is een maat voor haar biologische impact op het weefsel. De equivalente dosis wordt uitgedrukt in sievert (Sv).

Gebruikte kernbrandstof Splijtstoffen of plutoniumhoudende stoffen die in een structuur zitten die het gebruik ervan in een kernreactor mogelijk maakt, nadat ze definitief uit de reactor zijn geladen.

geofysica Studie van de fysische eigenschappen van de aarde of studie van de aarde door middel van fysische methodes.

geotechniek Tak van de geologie die de eigenschappen van bodems en gesteenten bestudeert in het licht van civieltechnische of mijnbouwkundige bouwprojecten.

grondmechanica Studie van de mechanische eigenschappen van de bodem.

Halveringstijd Tijd waarna de initiële waarde van de activiteit van een radio-element gehalveerd is door verval. Afval met een halveringstijd van dertig jaar of minder wordt beschouwd als kortlevend afval. Deze duur is specifiek voor elk radio-element.

hydrogeologie Tak van de geologie die het onderzoek naar de stroming en de winning van grondwater behandelt.

hydrologie Studie van het water en de eigenschappen ervan.

Immobilisering (zie conditionering)

insluiting Geheel van maatregelen en middelen om de mens en het leefmilieu te beschermen tegen de dispersie van radio-elementen in het leefmilieu.

institutionele controle Controle door een bevoegde overheid of instelling van een site waarin radioactief afval is ondergebracht. Deze controle kan actief zijn (toezicht, onderhoud) of passief (controle van het gebruik van de site).

ioniserende straling Sterk energetische straling die, wanneer zij door de stof gaat, een elektron uit de elektronenwolk van een atoom kan stoten. Dit atoom wordt dus elektrisch geladen: het is een ion.

isotopen Kernen van hetzelfde chemische element die hetzelfde aantal protonen bevatten en een verschillend aantal neutronen. Isotopen van een zelfde element bezitten identieke chemische eigenschappen, maar lichtjes verschillende fysische eigenschappen.

Kernbrandstof Splijtbaar materiaal en kweekstof (natuurlijk uranium, verrijkt uranium, plutonium, enz.) dat, in een kernreactor geplaatst, energie produceert via een gecontroleerde kettingreactie.

klei Zacht of licht gehard sedimentair gesteente dat hoofdzakelijk gevormd is uit deeltjes kleiner dan twee micron, voornamelijk gehydrateerde aluminiumsilicaten (kleimineralen) die voortkomen uit de desintegratie van oude gesteenten en zich hebben neergezet op de zeebodem. Klei bezit het vermogen om de migratie van radio-elementen te vertragen of te verhinderen, alsook een geringe waterdoorlatendheid. Bovendien is het een heel plastisch materiaal met een goed helend vermogen: accidentele openingen die erin ontstaan (holten, breuken), hebben de neiging spontaan weer dicht te gaan.

Langdurige opslag Tijdelijke opslag gepland voor een duur van ten minste honderd jaar. Langdurige opslag werd beschouwd als een oplossing voor het probleem van het in veiligheid brengen van laagactief en kortlevend afval; het kan echter niet als een definitieve oplossing beschouwd worden.

lange termijn Term die wordt gebruikt in de bergingscontext om een duur aan te duiden die de duur van de actieve institutionele controle overschrijdt.

Matrix Stof die bij de conditionering wordt gebruikt om radioactief afval te immobiliseren in een monolithische structuur (glas, beton, bitumen, enz.).

multibarrière Kenmerk van het principe van insluiting van radioactief afval waarbij wordt gewerkt met meerdere opeenvolgende en redundante (natuurlijke of kunstmatige) obstakels.

Nucleair passief Geheel van het radioactieve afval, de buiten gebruik gestelde uitrustingen, de splijtstoffen en de stilgelegde nucleaire installaties waarvoor geen provisies zijn aangelegd voor het beheer op lange termijn ervan. De financiering van de sanering van het nucleair passief van de verschillende betrokken sites wordt geregeld in speciale overeenkomsten met de Belgische Staat en de elektriciteitsproducenten.

nucleaire installatie Elke site, uitrusting, fabriek of centrale waarin radioactieve stoffen worden gebruikt. De nucleaire installaties worden geklasseerd volgens het koninklijk besluit van 28 februari 1963 en zijn amendementen.

Omkeerbaarheid Kenmerk van een bergingsinstallatie die het terugnemen van het geborgen afval mogelijk maakt vóór de sluiting van de bergingssite en zelfs erna.

ongebruikte kernbrandstof Splijtstoffen of plutoniumhoudende stoffen die in een structuur zitten die het gebruik ervan in een kernreactor mogelijk maakt, voordat ze in de reactor worden geladen.

ontmanteling Geheel van de administratieve en technische verrichtingen die het mogelijk maken een nucleaire installatie uit de lijst van geklasseerde inrichtingen te schrappen. De administratieve verrichtingen omvatten met name het uitwerken van de ontmantelingsplannen en het verkrijgen van de vergunningen en de attesten voor vrijgave van de installaties en van de site. De technische verrichtingen omvatten onder meer de ontsmetting, de demontage en het beheer van het radioactieve afval. De ontmanteling heeft niet tot doel de gebouwen af te breken, maar ze te ontheffen van de verplichtingen en controles die verbonden zijn aan de klasse waartoe ze behoren.

ontsmetting Geheel van de verrichtingen die het mogelijk maken de besmetting te elimineren of te verminderen via procédés die veelal van mechanische, chemische of elektrochemische aard zijn. In tegenstelling tot de demontage wijzigt de ontsmetting niets aan de uitrusting en de infrastructuur. Een eerste ontsmetting vóór de demontage heeft tot doel de radiologische doses voor de operatoren tijdens het demonteren te verminderen. Een tweede ontsmetting na de demontage is daarentegen gericht op het "vrijgeven", dit is het banaliseren, van de materialen en het afval.

opwerking Verwerking van de kernbrandstof na haar gebruik in een reactor, teneinde het splijtbaar materiaal of de kweekstof te recupereren en ze te scheiden van de splijtingsproducten.

overtollige stoffen Verrijkte splijtstoffen, plutoniumhoudende stoffen of ongebruikte of gebruikte kernbrandstof waarvoor de producent of de exploitant geen gebruik of latere transformatie voorziet.

Radioactief afval Elke stof waarvoor geen enkel gebruik is voorzien en die radio-elementen bevat in een hogere concentratie dan de waarden die de bevoegde autoriteiten toelaatbaar achten voor materialen die zonder controle gebruikt of geloosd kunnen worden.

radioactief effluent Vloeistof of gas dat uit een installatie komt en radioactieve stoffen bevat.

radioactief verval Vermindering van de radioactiviteit met de tijd door de emissie van stralingen als gevolg van de progressieve transformatie van radioactieve elementen in stabiele elementen.

radioactieve besmetting Aanwezigheid van radioactieve stoffen binnen (inwendige besmetting) of aan de oppervlakte (oppervlaktebesmetting) van een materiaal of op elke plaats waar deze aanwezigheid inopportunity is of nefaste gevolgen kan hebben.

radioactiviteit Fysisch verschijnsel gekenmerkt door de desintegratie, dit is de reorganisatie, van onstabiele kernen. Deze desintegratie gaat gepaard met de emissie van ioniserende stralingen. Na één of meer desintegraties verandert de onstabiele kern in een stabiele, niet-radioactieve kern.

radio-element Element met radioactieve kern.

robuustheid Kenmerk van een functie of van een bergingsinstallatie waarvan de veiligheid niet significant wordt beïnvloed door onzekere factoren.

Sievert Eenheid van equivalente dosis (Sv) die het mogelijk maakt de biologi-

sche effecten van ioniserende stralingen te vergelijken.

Tijdelijke opslag Voorlopige opslag van geconditioneerd radioactief afval aan de oppervlakte, voordat het geborgen wordt. Tijdelijke opslag maakt in het bijzonder de afkoeling van hoogactief afval mogelijk.

Veiligheid Resultaat van de technische en organisatorische maatregelen die genomen worden om te garanderen dat de werking van een installatie geen enkel onaanvaardbaar risico teweegbrengt voor mens en leefmilieu.

veiligheidsevaluatie Gedetailleerd onderzoek van de gevolgen en de risico's die verbonden zijn aan een beoogde praktijk. Deze evaluatie omvat een vergelijking van de resultaten die worden bereikt met een reeks nationaal of internationaal aanvaarde criteria en limieten.

verglazing Procédé waardoor de oplossingen van splijtingsproducten die resulteren uit de opwerking van gebruikte kernbrandstoffen worden geïmmobiliseerd in glas. Deze oplossingen worden bij heel hoge temperatuur versmolten met glas om een homogeen vast product te verkrijgen waarvan de structuur het afval opneemt.

verwerking Geheel van de technische verrichtingen die tot doel hebben het ruwe radioactieve afval, ongeacht of het vast of vloeibaar is, in een fysische of chemische toestand te brengen die verenigbaar is met de parameters van het conditioneringsprocédé, en het volume ervan te beperken.

Bijlage 6: Index

- activiteit**, 6, 7, 8, 9, 13, 14, 15, 17, 40, 41.
Zie ook radioactiviteit
- afval**
 bronnen van, 6
 categorieën van, 6, 7, 8, 9, 15, 21, 22
- ALARA**, 10, 40
- alternatieven**, 8, 28, 29
- Baronville**, 30
- barrière**, iii, 14, 16, 17, 18, 28, 38, 41, 42, 44, 46, 47, 55
- Beauraing**, 30, 31, 48
- Belgatom**, 4, 30
- Belgonucléaire**, 6, 48
- Belgoprocess**, 4, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 48
- bepijking van de toegankelijkheid**, 41, 43
- berging**, i, ii, iii, iv, 3, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 20, 23, 24, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 51, 54, 55, 62, 64, 65, 66, 67, 68
- diepe berging, i, ii, iii, 16, 17, 18, 19, 23, 26, 27, 28, 29, 30, 41, 42, 43, 46, 47, 48, 53, 54, 55, 58, 59, 60, 62, 64, 66, 67, 68
- oppervlakteberging, i, ii, iii, 16, 17, 18, 23, 26, 27, 28, 29, 30, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 60, 64, 66, 67, 68
- beslissing van de ministerraad**, i, ii, 18, 23, 29, 30, 31, 32, 48, 58, 64
- bevoegdheden van NIRAS**, 3
- bibliografische studies**, ii, 37, 48, 49, 50, 51, 53
- bodemonderzoek**, i, ii, iii, 30, 32, 37, 48, 51, 52. *Zie ook* terreinonderzoek
- Boomse Klei**, 18, 26, 47, 48, 53, 58
- categorie A afval**, i, ii, iii, iv, 8, 9, 15, 17, 18, 19, 21, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 36, 39, 40, 42, 44, 46, 47, 48, 54, 58, 64, 65, 68
- categorie B afval**, 8, 9, 15, 16, 17, 18, 22, 28, 47, 48, 53, 58
- categorie C afval**, 8, 9, 15, 16, 17, 18, 22, 28, 47, 48, 53, 58, 62
- categorieën van afval**, 6, 7, 8, 9, 15, 21, 22
- CBNM**, 1
- CEN-SCK**, *zie* SCK-CEN
- CILVA**, 14
- COGEMA**, 6, 14, 22
- concentratie en insluiting**, 4, 16, 38, 41, 42
- concepten**, iii, 16, 17, 18, 19, 23, 27, 36, 37, 45, 47, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 64, 65
- conditionering**, 3, 11, 12, 13, 14, 17
- controleerbaarheid**, 23
- corrosie**, 14, 19, 47, 58
- Dessel**, *zie* Mol–Dessel–Geel
- Doel**, i, ii, 1, 6, 10, 23, 29, 48, 51, 52, 53
- drainagesysteem**, 47, 56, 57
- El Cabril**, 27
- EPRI**, 66
- Eurochemic**, 1, 6
- Europese Commissie**, 4, 26
- FANC**, 5, 23, 33
- FBFC International**, 6, 48
- Fleurus–Farciennes**, i, ii, 23, 29, 48, 51, 52
- flexibiliteit**, iv, 38, 45, 68
- FUL**, 24, 31, 32, 33
- galerijen, ondergrondse**, iii, 19, 53, 54, 58, 59, 60
- gebruikte kernbrandstof**, 3, 6, 8, 14, 15, 22
- Geel**, *zie* Mol–Dessel–Geel
- HADES**, 19
- halveringstijd**, 6, 7, 8, 9, 17
- historisch overzicht (categorie A)**, 26
- IAEA**, 5, 26, 39
- ICRP**, 5, 39
- Ieperiaan Klei**, 18, 53
- insluiting**, *zie* concentratie
- institutionele controle**, 18, 40, 41, 43, 47, 57, 66, 67

- inventaris, 3, 11, 12, 20, 46
 IRE, 1, 11, 12, 48, 49
 IRMM, 6, 48
- klei**
 Boomse Klei, 18, 26, 47, 48, 53, 58
 Ieperiaan Klei, 18, 53
 koninklijk besluit
 van 30 maart 1981, 3
 van 16 oktober 1991, 3
 kostprijs, 4, 5, 13, 23, 26, 28, 34, 36, 58,
 64, 65, 66, 67
- leefmilieu**, i, iii, 1, 2, 4, 7, 9, 13, 16, 17,
 23, 31, 36, 37, 38, 42, 48, 49, 56, 58,
 62, 63
- militaire sites**, 30
 ministerraad, beslissing van de, i, ii, 18,
 23, 29, 30, 31, 32, 48, 58, 64
 modules, bergings-, 18, 41, 42, 55, 56, 57
 Mol-Dessel-Geel, i, ii, 1, 23, 29, 48, 51,
 52, 53
 monolieten, 17, 18, 19, 42, 54, 55, 56, 57,
 58, 59, 60
- NEA, 5, 26
 niet-opwerking, *zie* opwerking
 NRC, 26
 nucleaire passiva, 4, 22
- OESO, 5
 omkeerbaarheid, iv, 16, 23, 38, 45, 55, 68
 ontmanteling, 3, 6, 8, 15, 20, 21, 22
 opdrachten van NIRAS, i, ii, 3, 4, 5, 18, 20,
 23, 24, 29, 31, 32, 58, 68
 opslag, 12, 13
 langdurige, 16, 28, 29, 30
 tijdelijke, 3, 4, 10, 11, 15, 16, 28, 67
 opvulling, 19, 56, 60
 opwerking, 1, 6, 8, 14, 15, 19, 22
 overtollige stoffen, 3
- PAMELA, 14
 partnerschappen, ii, iii, iv, 23, 24, 31, 32,
 33, 34, 35, 36, 37, 39, 44, 49, 54, 56,
 58, 60, 62, 65, 68
 plutoniumhoudende stoffen, 3
 postconditionering, iii, 17, 18, 19, 54, 56,
 58, 60, 61
- PRACLAY, 19
 programma, werk-, i, ii, iv, 24, 29, 31, 32,
 36, 44, 46, 47, 48, 62, 64, 65
- radioactiviteit**, i, 2, 5, 7, 13, 16, 17, 18,
 39, 40, 41
 referentiescenario's, 66, 67
 robuustheid, 18, 41, 42, 44, 45, 47
- SAFIR, 18, 53
 sanering, 4, 22
 SCK-CEN, 1, 4, 6, 12, 18, 19, 20, 44, 48
 sites
 militaire, 30
 selectie van, 28, 29
 Soulaines, 27
 standaardvat, 14, 54, 55, 56, 58, 59, 60
 stapsgewijze verwezenlijking, iii, iv, 16,
 23, 38, 45, 68
 stoffen
 overtollige stoffen, 3
 plutoniumhoudende stoffen, 3
 verrijkte splijtstoffen, 3
 stralingsbescherming, 10, 12, 13, 40, 44,
 57, 61
 Synatom, 6
- terreinonderzoek**, i, ii, iii, 30, 31, 32, 36,
 37, 53. *Zie ook* bodemonderzoek
 Tihange, i, ii, 1, 6, 10, 23, 29, 48, 51, 52
 toegankelijkheid, beperking van de, 41, 43
 Tractebel Development, 49
 transport, 3, 4, 11, 12, 36, 55
- UIA, 24, 31, 32, 33
- veiligheid**, ii, iii, iv, 4, 10, 12, 16, 18, 23,
 24, 26, 28, 30, 31, 33, 34, 36, 37, 38,
 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 50, 62,
 65, 68
 veiligheidscriteria, ii, 17, 46, 49, 50, 51,
 53, 55
 veiligheidsdemonstratie, 38, 43, 44, 46
 veiligheidsfuncties, 38, 40, 41, 42, 43, 44,
 55
 Verdrag van Londen, 26
 verdunning, 41, 42
 verglazing, 14
 verrijkte splijtstoffen, 3
 verspreiding, 17, 41, 42, 58

verwerking, 3, 4, 10, 11, 12, 13, 14

VITO, 48

voogdij, 5, 27, 30

voorzorgsbeginsel, 10, 45

vrijzetting, 41, 42

werkprogramma, i, ii, iv, 24, 29, 31, 32,
36, 44, 46, 47, 48, 62, 64, 65

wet

van 8 augustus 1980, 3

van 12 december 1997, 3

Widnell Europe, 64, 65

zeeberging, 26

Contactpersoon

Voor alle bijkomende inlichtingen kunt u contact opnemen met Evelyn Hooft, perswoordvoester van NIRAS, op het nr. (02) 212 10 33 of (075) 60 25 04; u kunt ook faxen naar het nr. (02) 212 10 40, of e-mailen naar e.hoof@nirond.be.

NIRAS

**Nationale instelling voor radioactief afval
en verrijkte splijtstoffen**

Kunstlaan 14

1210 Brussel

tel. +32 2 212 10 11

fax +32 2 218 51 65

info@nirond.be