

Het veiligheidsdossier

Mijlpaal voor de veilige oppervlakteberging van het
laag- en middelactieve kortlevende afval in België





1

WAT IS HET VEILIGHEIDS- DOSSIER?

PAGINA 2



2

KENNISMAKING MET DE BERGING

PAGINA 10

3

ONZE VEILIG- HEIDSSTRATEGIE:

Het raamwerk voor
een veilige berging

PAGINA 16

4

DE PRAKTIJK:

Hoe wordt het afval
veilig geborgen?

PAGINA 24



5

AANGETOOND:

Veilige en robuuste
berging, op korte
en lange termijn

PAGINA 36

Wie is NIRAS?

NIRAS, de Nationale instelling voor radioactief afval en verrijkte splijtstoffen, is sinds 1980 verantwoordelijk voor het veilige beheer van het radioactieve afval in België. De instelling heeft als taak de bevolking en het milieu te beschermen tegen de mogelijke gevaren van radioactief afval.

NIRAS voert haar opdracht uit volgens een duurzame aanpak die steunt op vier pijlers. Elke oplossing moet tegelijk veilig, technisch-wetenschappelijk onderbouwd, financieel verantwoord en maatschappelijk en ethisch aanvaardbaar zijn. In het oppervlaktebergingsproject in Dessel worden die vier pijlers in de praktijk gebracht.

Wat is radioactief afval?

Radioactief afval is een bijproduct van nucleaire technologieën die worden gebruikt in de energieproductie, bij wetenschappelijk onderzoek, in de medische sector en in de industrie. Radioactief afval bevat stoffen die ioniserende straling uitzenden. Die straling is bijzonder energierijk. Ze kan veranderingen aanbrengen in de materie waarin ze doordringt. Daardoor kan ze levende weefsels beschadigen en is ze gevaarlijk voor mens en milieu. Radioactiviteit dooft uit met de tijd. Maar zolang de radioactiviteit in het afval niet gedaald is tot een niveau dat aanvaardbaar is voor de volksgezondheid, moet er nauwlettend op toegezien worden dat de straling geen schade kan toebrengen.

Het afvalbeheersysteem van NIRAS

Om mens en milieu te beschermen tegen de mogelijke gevaren van radioactief afval heeft NIRAS een duurzaam afvalbeheersysteem ontwikkeld. Dat systeem is gebaseerd op twee principes: de insluiting van radioactieve stoffen en de afscherming van de ioniserende straling die ze voortbrengen.

Die principes passen we toe in alle stappen van het afvalbeheer. Vanaf het ontstaan bij de producent, over de acceptatie en de verwerking tot de opslag van het afval in afwachting van de definitieve berging.

Een duurzaam afvalbeheer in zeven stappen

1 Voorkomen aan de bron

Bij toepassingen met radioactieve stoffen ontstaat radioactief afval. De afvalproducenten nemen maatregelen om de hoeveelheid afval zoveel mogelijk te beperken. Dat doen ze onder meer door besmetting te voorkomen of door besmette materialen te ontsmetten.

2 Identificatie

Het radioactieve afval dat de producenten niet kunnen voorkomen, moeten ze nauwgezet identificeren en sorteren. Dat gebeurt volgens de strikte voorschriften van NIRAS. De kenmerken van het afval bepalen immers hoe het later verwerkt en opgeslagen kan worden.

3 Acceptatie

Nadat de producenten hun radioactieve afval geïdentificeerd en gesorteerd hebben, dragen ze het over aan NIRAS. Zodra wij het afval accepteren, zijn we er verantwoordelijk voor. Daarom controleren we eerst of het afval voldoet aan onze acceptatiecriteria.

4 Transport

Gespecialiseerde firma's halen het afval op bij de producenten en vervoeren het naar Belgoprocess in Dessel. Tijdens het transport gelden strenge veiligheidsvoorschriften.

5 Verwerking

Vooraleer we het afval opslaan, wordt het verwerkt. Het doel van de verwerking is het volume van het afval verkleinen en de overblijvende radioactieve stoffen vastzetten en insluiten. Zo wordt het afval geschikt gemaakt voor opslag.

6 Opslag

In afwachting van een definitieve berging wordt het verwerkte afval opgeslagen in aangepaste opslaggebouwen. Die zijn zo ontworpen dat ze mens en milieu beschermen tegen mogelijke schadelijke effecten. Hoewel de opslag veilig is op korte en middellange termijn, vormt dit slechts een tijdelijke oplossing.

7 Berging

Berging biedt een definitieve oplossing voor het langetermijnbeheer van radioactief afval. Drie basisprincipes – het afval afzonderen, insluiten en vasthouden – zorgen voor de veiligheid van de berging. Hoe het afval geborgen kan worden, hangt af van het afvaltype.



Figuur 1. Schematische weergave van het geïntegreerde beheersysteem

Wat is categorie A-afval?

Er zijn verschillende categorieën radioactief afval. Het afval wordt ingedeeld op basis van de hoeveelheid en de soort straling die het uitstoot en hoelang de stof radioactief blijft. Op de oppervlaktebergingssite in Dessel zal het laag- en middelactieve kortlevende afval in ons land geborgen worden. Dat type afval heeft na driehonderd jaar het grootste deel van zijn radioactiviteit verloren. Het heeft ook een lagere stralingsactiviteit dan het hoogactieve afval. Daarom komt het in aanmerking om het bovengronds te bergen.

Het kortlevende afval dat geborgen zal worden, bevat een kleine hoeveelheid langlevende stoffen. Het is onmogelijk om alle langlevende stoffen volledig uit de berging te bannen. De hoeveelheid van die stoffen zal wel sterk ingeperkt worden, zodat er geen risico's ontstaan voor mens en milieu.

OVER DEZE BROCHURE

Het laag- en middelactieve kortlevende afval in België (of: categorie A-afval) krijgt binnenkort een definitieve bestemming. De Nationale instelling voor radioactief afval en verrijkte splijtstoffen (NIRAS) bereidde samen met verschillende partners alles voor om op het grondgebied van de gemeente Dessel een oppervlakteberging te bouwen. Daarin zal het afval veilig bovengronds geborgen worden. Het is de eerste keer dat in ons land een berging voor radioactief afval wordt gebouwd.

Het oppervlaktebergingsproject kwam er niet van vandaag op morgen. Op 16 januari 1998 gaf de federale regering aan NIRAS de opdracht om een definitieve oplossing uit te werken voor het categorie A-afval in samenspraak met de lokale bevolking van een eventuele bergingslocatie. Vier gemeenten waren bereid om het bergen van afval op hun grondgebied te bestuderen: Dessel, Mol, Fleurus en Farciennes. Samen met deze gemeenten werden drie partnerschappen opgericht waarin de lokale stakeholders betrokken werden: STOLA in Dessel, MONA in Mol en PaLoFF in Fleurus-Farciennes. Elk partnerschap kreeg de opdracht een geïntegreerd voorontwerp te ontwikkelen: een ontwerp van een bergingsinstallatie op eigen grondgebied, samen met een pakket aan voorwaarden die van het project een gedragen totaaloplossing zouden maken.

Uit de verschillende voorontwerpen koos de federale regering in 2006 voor de oppervlakteberging van categorie A-afval in Dessel. Het was de start van wat het 'cAt-project' werd genoemd - een bergingsproject dat een technische en veilige langetermijnoplossing voor het afval combineert met maatschappelijke meerwaardeprojecten voor de regio.

De veiligheid van werknemers en omwonenden is uiteraard de absolute topprioriteit. Deze veiligheid, zowel vandaag als in de verre toekomst, toont NIRAS aan met een lijvig veiligheidsdossier. Met het veiligheidsdossier als technische basis vroeg NIRAS in 2013 een oprichtings- en exploitatievergunning voor de bergingsinrichting aan bij het FANC, het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle. Die Belgische overheidsinstantie werd opgericht om bevolking, werknemers en leefmilieu doeltreffend te beschermen tegen het gevaar

van ioniserende straling. Ze is verantwoordelijk voor de controle op de nucleaire installaties in ons land.

Het FANC bestudeerde het veiligheidsdossier en vroeg om bijkomende verduidelijkingen en aanvullingen. Op 4 februari 2019 diende NIRAS daarom een vervolledigd veiligheidsdossier in bij het FANC. Hiermee kon de vergunningsaanvraag een volgende fase ingaan.

Volgens welk concept en welke veiligheidsprincipes zal de oppervlakteberging gebouwd en beheerd worden? Hoe zal de veiligheid gecontroleerd en opgevolgd worden? En hoe zorgt het ontwerp ervoor dat de bergingsinrichting ook over honderden jaren nog altijd veilig en betrouwbaar zal zijn?

In deze brochure vindt u de antwoorden op al die vragen.



Marc Demarche
directeur-generaal
van NIRAS

Met vragen over het veiligheidsdossier of het oppervlaktebergingsproject kunt u steeds terecht bij NIRAS:

- info@niras.be
- tel. 02 212 10 11

Raadpleeg of download het volledige veiligheidsrapport via www.niras.be.

De ondersteunende documenten met wetenschappelijke achtergrondinformatie kunt u opvragen zoals bepaald in de geldende wetgeving.

1



WAT IS HET VEILIGHEIDSDOSSIER?

Het doel van het veiligheidsdossier is de veiligheid aantonen van de oppervlakteberging voor laag- en middelactief kortlevend afval of categorie A-afval in Dessel, zowel op korte als op lange termijn. Maar wat is een veiligheidsdossier precies? Waarom wordt het opgesteld? En hoe komt het tot stand? We vatten het hier voor u samen.

Wat is het veiligheidsdossier en waarvoor dient het?

De geplande bergingsinrichting in Dessel is een nucleaire installatie. Om zo'n installatie te bouwen en te exploiteren is een vergunning nodig. Die oprichtings- en exploitatievergunning voor de berging, ook *nucleaire vergunning* genoemd, wordt afgeleverd bij koninklijk besluit. Dat gebeurt na controle en beoordeling van de vergunningsaanvraag door een onafhankelijke instantie, het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC). De nucleaire vergunning legt de voorwaarden vast waaraan NIRAS moet voldoen om de berging in Dessel te mogen bouwen en exploiteren. Maar om die vergunning te krijgen, moet NIRAS eerst de veiligheid van de berging aantonen. Daarom hebben we alle technische en wetenschappelijke argumenten die nodig zijn om de veiligheid en betrouwbaarheid van de berging aan te tonen, gebundeld in een veiligheidsdossier. Dat dossier is cruciaal voor het hele project. Het vormt immers de technische basis om de oprichtings- en exploitatievergunning aan te vragen bij het FANC.

Met het veiligheidsdossier, een lijvige reeks van documenten die duizenden pagina's telt, tonen we aan hoe de veiligheid van de berging verzekerd wordt en hoe de werknemers, omwonenden en het leefmilieu afdoende beschermd zullen zijn. Zowel tijdens de bouw, de exploitatie, de sluiting en het verdere toezicht gedurende enkele honderden jaren, als daarna.

Hoe past het veiligheidsdossier in de vergunningsprocedure?

Naast een nucleaire vergunning heeft NIRAS ook een klassieke omgevingsvergunning nodig om de bergingsinrichting te bouwen. NIRAS dient dus verschillende vergunningsaanvragen in: bij de Vlaamse overheid (omgevingsvergunning) en bij het FANC (nucleaire vergunning). Het veiligheidsdossier maakt deel uit van de vergunningsaanvraag bij het FANC.

Milieueffectenrapport

Wie een vergunning aanvraagt voor een grote industriële installatie of een omvangrijk infrastructuurproject, moet eerst de effecten ervan op de omgeving onderzoeken en beschrijven. Dat gebeurt met een milieueffectrapport of MER. Het

MER beschrijft alle gevolgen die de installatie zou kunnen hebben voor mens en milieu. Ook voor de bergingsinrichting wordt zo'n MER opgemaakt. Dat behandelt zowel de klassieke milieueffecten, zoals mogelijke geluidshinder en eventuele gevolgen voor de mobiliteit, als de impact door de ioniserende straling van het radioactieve afval (de radiologische impact). Het MER wordt aangehecht aan beide vergunningsaanvragen. De dienst Mer van de Vlaamse overheid evalueert de klassieke milieueffecten; het FANC onderzoekt de radiologische impact. Wanneer de klassieke milieueffecten en de radiologische impact verband met elkaar houden, overleggen de Vlaamse administratie en het FANC.

Openbaar onderzoek

Na een eerste analyse van het vergunningsaanvraagdossier en een gunstig voorlopig voorafgaand advies van de Wetenschappelijke Raad wordt een openbaar onderzoek georganiseerd. Tijdens dat onderzoek krijgen zowel de adviesinstanties als het grote publiek de kans om zich uit te spreken over het dossier.

Internationale consultatie

In dezelfde periode onderzoekt de Europese Gemeenschap voor

Atoomenergie (Euratom) de eventuele grensoverschrijdende impact van de berging.

Vergunning in fasen

De vergunning wordt pas afgeleverd na een grondige analyse door het FANC, na het openbare onderzoek en na de goedkeuring van het veiligheidsdossier door het FANC. Ook de Wetenschappelijke Raad voor Ioniserende Stralingen – een onafhankelijk adviesorgaan binnen het FANC – moet het veiligheidsdossier goedkeuren. De vergunning wordt uitgereikt via een koninklijk besluit, dat ook de vergunningsvoorwaarden oplegt. Met de vergunning erkent het FANC de globale veiligheid van de oppervlakteberging.

Na de bouw van de bergingsinrichting moet het bevestigingsbesluit verzekeren dat de inrichting gebouwd werd in overeenstemming met de vergunningsvoorwaarden en dat de exploitant over de juiste procedures beschikt om de exploitatie te kunnen starten. Ook voor de sluiting en voor andere mijlpalen in de levensloop van de oppervlakteberging zijn telkens toelatingen of vergunningen nodig. Pas als die er zijn, kan de berging een volgende fase ingaan. Alle vergunningsstappen worden bevestigd bij koninklijk besluit.

Het huidige veiligheidsdossier bevat alle elementen die nodig zijn voor de eerste stap, namelijk de toelating om de bergingsinrichting te bouwen. Het dossier weerspiegelt dan ook de technische en wetenschappelijke inzichten van vandaag. Om gelijke tred te houden met nieuwe inzichten en kennis zal het dossier regelmatig geüpdatet worden. Dat

zijn de periodieke veiligheidsherzieningen. Toekomstige activiteiten, bijvoorbeeld het sluiten van de berging binnen een eeuw, zullen in detail worden uitgewerkt op basis van de algemene principes en informatie in het huidige dossier.

Hoe kwam het veiligheidsdossier tot stand?

Aan het veiligheidsdossier ging uitgebreid en gespecialiseerd onderzoek vooraf. We werkten daarvoor samen met zowel nationale als internationale onderzoekscentra, studiebureaus en experts. Die minutieuze voorbereiding past helemaal in ons streven naar een hoog niveau van veiligheid en kwaliteit.

Veiligheidsbeleid en veiligheidsstrategie

Het veiligheidsbeleid van NIRAS beschrijft de manier waarop de veiligheid van de berging verzekerd zal worden. Een belangrijke uitdaging bestaat erin het bewustzijn van het belang van veiligheid in stand te houden tijdens de bouw, exploitatie, sluiting en controle van de berging. Die verschillende fases zullen immers een periode van meerdere decennia en eeuwen omspannen. NIRAS heeft een geïntegreerd beheersysteem ontwikkeld voor de uitvoering van het veiligheidsbeleid en het continue toezicht op veiligheid en kwaliteit.

NIRAS heeft daarnaast een veiligheidsstrategie uitgewerkt om bij het ontwerp van de berging en de veiligheidsstudies topprioriteit te geven aan de veiligheid en de bescherming van het leefmilieu en de omwonenden. De veiligheidsstrategie omvat de veiligheidsdoelstelling en een aantal belangrijke principes om die doelstelling te realiseren. In

hoofdstuk 3 lichten we de veiligheidsstrategie verder toe.

Het detailontwerp van de berging

Een volgende stap in de voorbereiding was het vastleggen van de details van het ontwerp van de berging. Het ontwerp houdt systematisch rekening met de veiligheidsstrategie en brengt de karakteristieken van de site in rekening. Het ontwerp werd ook verbeterd, geoptimaliseerd en uitvoerig op zijn haalbaarheid getest via prototypes en testopstellingen.

Veiligheidsstudies

De veiligheidsstudies vormen de fundamenteën van het veiligheidsdossier. Het doel van die studies is aantonen dat de veiligheid gegarandeerd is, zowel op korte als op lange termijn. Daarbij worden zowel de operationele veiligheid als de veiligheid op lange termijn geëvalueerd.

- **Operationele veiligheid** heeft betrekking op activiteiten of ongevallen in de bergingsinrichting waardoor werknemers, omwonenden of het leefmilieu blootgesteld kunnen worden aan straling.
- Het gedrag van het bergingsstelsel is bepalend voor de **veiligheid van de omwonenden en het leefmilieu op lange termijn**, na sluiting. Tijdens de bouw en de exploitatie van de bergingsinrichting zullen controles gebeuren om de betrouwbaarheid van de verschillende componenten van de berging te garanderen. Een lange periode van monitoring laat toe te bevestigen dat de berging in staat zal zijn om de veiligheid op lange termijn te blijven verzekeren.



NIRAS voert voortdurend nieuwe proeven uit om materialen en bouwtechnieken te optimaliseren en te perfectioneren.

Redactie van het veiligheidsdossier

Met de veiligheidsstrategie, het ontwerp van de berging en de veiligheidsstudies als uitgangspunt ging NIRAS van start met de redactie van

het veiligheidsdossier. De veiligheidsexperts hebben heel wat ervaring en expertise opgebouwd over de berging en de veiligheidsaspecten ervan. Ze gaven de belangrijkste resultaten en bevindingen van de

studies een plaats in het veiligheidsdossier. De veiligheidsstudies en berekeningen zelf vormen de wetenschappelijke achtergrond-documenten.

Hoe is het veiligheidsdossier opgebouwd?

Het veiligheidsdossier bundelt het eigenlijke veiligheidsrapport en de ondersteunende documenten.

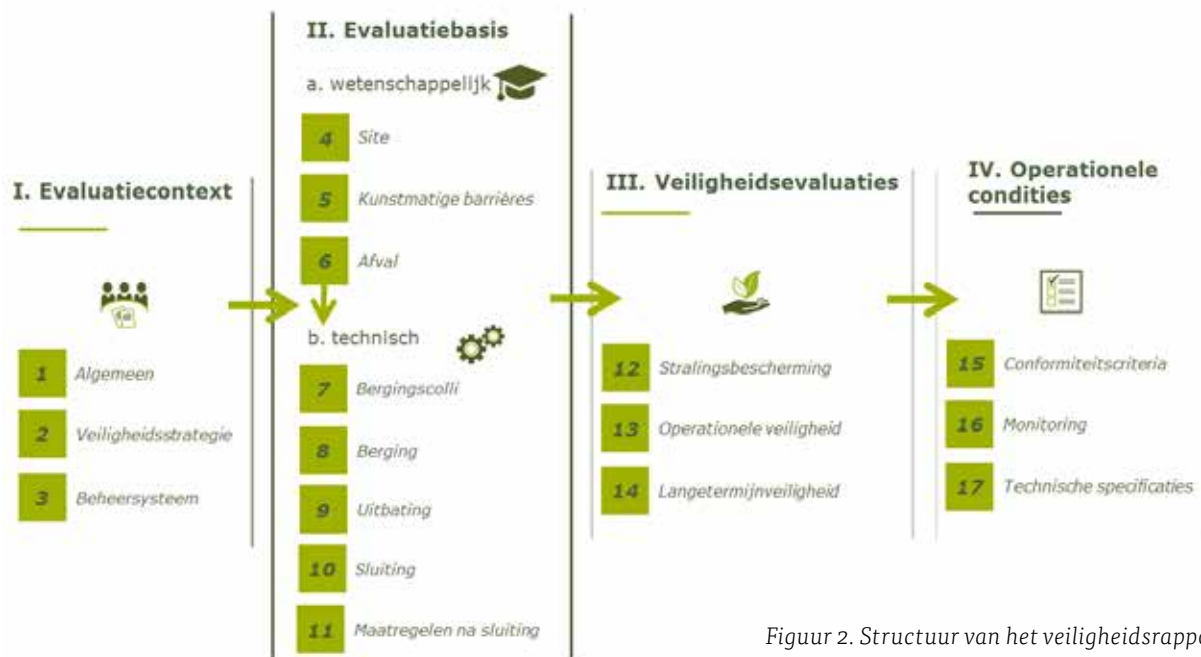
- 1 Het **eigenlijke veiligheidsrapport** beschrijft in zeventien hoofdstukken de veiligheidsargumenten en de belangrijkste elementen om die te onderbouwen. Het omvat ook een set van plannen.
- 2 De **ondersteunende documenten** bevatten wetenschappelijke achtergrondinformatie en technische details.

Hoe lees ik het veiligheidsrapport?

Deze brochure vat de kernboodschappen van het veiligheidsrapport voor u samen. Maar ze volgt niet de structuur van het veiligheidsrapport. Bent u op zoek naar meer technische informatie? Dan vormt onderstaande structuur een handige leidraad.

Technische samenvatting

Van het veiligheidsrapport is ook een technische samenvatting gemaakt die strikt genomen geen deel uitmaakt van het veiligheidsdossier. De samenvatting beschrijft de veiligheidsargumentatie in grote lijnen en geeft beknopt de inhoud weer van de verschillende hoofdstukken.



Figuur 2. Structuur van het veiligheidsrapport

Leeswijzer bij het veiligheidsrapport

Wilt u meer weten over ...

... de algemene context?

De eerste drie hoofdstukken van het veiligheidsrapport beschrijven de algemene context:

- de opbouw van het dossier (hoofdstuk 1)
- de veiligheidsstrategie en het veiligheidsconcept (hoofdstuk 2)
- het beheersysteem van NIRAS (hoofdstuk 3)

... de wetenschappelijke basis?

De drie volgende hoofdstukken bevatten de wetenschappelijke informatie die nodig is om de bergingsinrichting te kunnen ontwerpen en de veiligheid ervan te kunnen beoordelen:

- de karakteristieken van de bergingssite en haar omgeving (hoofdstuk 4)
- de samenstelling en werking van de verschillende onderdelen van de berging (hoofdstuk 5)
- welk soort afval er in de berging geborgen zal worden (hoofdstuk 6)

... de technische basis?

Ook tal van technische facetten zijn cruciaal voor de veiligheid van de berging. Die worden behandeld in vijf hoofdstukken:

- het ontwerp en de constructie van de monolieten (hoofdstuk 7)
- het ontwerp en de constructie van de berging (hoofdstuk 8)
- de exploitatie van de berging (hoofdstuk 9)
- de sluiting van de berging (hoofdstuk 10)
- de controles en het toezicht op de berging gedurende enkele honderden jaren na de sluiting (hoofdstuk 11)

... hoe de veiligheid beoordeeld werd?

Hoofdstukken 12, 13 en 14 lichten de veiligheidsbeoordeling toe:

- de stralingsbescherming (hoofdstuk 12)
- de operationele veiligheid (hoofdstuk 13)
- de veiligheid op lange termijn, na de sluiting van de berging (hoofdstuk 14)

... de voorwaarden voor de exploitatie van de berging?

Het vierde deel van het veiligheidsrapport beschrijft de omstandigheden waaronder de berging beheerd zal worden:

- de conformiteitscriteria om het afval toe te laten tot de berging (hoofdstuk 15)
- de monitoring van de berging en haar omgeving (hoofdstuk 16)
- de technische specificaties voor de exploitatie van de berging (hoofdstuk 17)



Intermezzo: wat u moet weten over radioactiviteit

Wat is ioniserende straling?

Ioniserende straling is straling die zoveel energie overbrengt dat ze in staat is om veranderingen teweeg te brengen in de materie waarin ze doordringt. Dat proces noemen wetenschappers 'ionisatie'. Ioniserende straling ontstaat wanneer elementen met een onstabiele atoomkern – radionucliden genoemd – door radioactief verval overgaan naar andere elementen, of andere isotopen van hetzelfde element, die al dan niet stabiel zijn. De gevolgen van ioniserende straling kunnen schadelijk zijn. Bijvoorbeeld als de ionisatie in het DNA plaatsvindt: onze lichaamscellen worden dan beschadigd.

Belangrijk om te weten: door bestraling met ioniserende straling word je niet radioactief. Dat is een veelvoorkomend misverstand. Dit kan wel bij neutronenstraling waarbij neutronen vrijkomen, maar dat is niet van toepassing bij het project voor oppervlakteberging.

De halveringstijd

Na verloop van tijd vermindert de stralingsactiviteit van radioactieve stoffen. Radioactiviteit verdwijnt dus op natuurlijke wijze. De stof wordt langzamerhand minder radioactief en zendt dan minder straling uit. De halveringstijd is de tijd waarin de helft van de radioactieve atomen vervalst. Die tijd is voor elke radionuclide verschillend en kan variëren van een fractie van een seconde tot miljoenen jaren.

Alfa-, bèta- en gammastralen

Radioactieve stoffen zenden verschillende soorten ioniserende straling uit. Alfa-, bèta- en gammastralen zijn de meest gekende. Ioniserende straling kan worden tegengehouden door afscherming. Alfastralen dringen niet diep door in de materie en kun je al met een vel papier volledig tegenhouden. Bètastralen hebben een groter doordringend vermogen, maar worden al gestopt door bijvoorbeeld een laagje water van één centimeter. Gammastralen dringen het diepst door in de materie. Als afschermingsmateriaal gebruikt men meestal beton, ijzer of lood.

Natuurlijke straling en kunstmatige straling

Er is altijd en overal straling. Die straling is afkomstig van radioactieve bronnen in onze omgeving: de bodem, bouwmaterialen, het heelal ... Die natuurlijke ioniserende straling wordt ook achtergrondstraling genoemd. Daarnaast is er de kunstmatig opgewekte ioniserende straling, die bijvoorbeeld wordt toegepast in de gezondheidszorg of de industrie.

Bestraling en besmetting

We kunnen op twee manieren blootgesteld worden aan ioniserende straling, namelijk door bestraling en besmetting:

- **Bestraling** gebeurt door een radioactieve bron die zich op een zekere afstand bevindt en waarbij er geen lichamelijk contact is tussen de bron en de 'ontvanger'.
- Bij **besmetting** is er wel lichamelijk contact met de radioactieve bron. Bij uitwendige besmetting hechten radioactieve deeltjes zich aan de huid. Door lichaamscontact kun je die besmetting doorgeven. Bij inwendige besmetting worden radioactieve deeltjes in het lichaam opgenomen. Ze worden ingeademd of ingeslikt, of via een open wonde in het bloed opgenomen.

Straling meten

De meeteenheid van radioactiviteit is de becquerel, afgekort Bq. Eén becquerel is gelijk aan één vervallen atoomkern per seconde. Het is dus een maat voor de hoeveelheid radioactiviteit van een stof.

Er bestaat ook een eenheid voor de stralingsenergie die door het menselijke organisme wordt opgenomen en de graad van schade als het menselijke organisme wordt blootgesteld aan straling: de sievert, afgekort tot Sv. Eén sievert is een grote dosis, daarom gebruiken we een duizendste van een sievert als eenheid: de millisievert, afgekort mSv.

2



KENNISMAKING MET DE BERGING

De berging staat centraal in het veiligheidsdossier. In dit deel vindt u een korte beschrijving van de caissons en de caissonfabriek, de monolieten en de Installatie voor de productie van monolieten (IPM), de bergingsmodules zelf en de afdekking. Meer informatie over al die onderdelen vindt u ook op www.niras.be.

Wat is oppervlakteberging?

Oppervlakteberging heeft als doel het radioactieve afval af te zonderen en de radionucliden in te sluiten, zodat het zowel vandaag als in een verre toekomst geen risico vormt voor mens en milieu. Dat gebeurt op zo'n manier dat de generaties na ons niet meer actief moeten tussenkomen om de veiligheid te garanderen. Toezicht blijft steeds mogelijk, maar is niet noodzakelijk. Het geheel van onderdelen van de berging die bijdragen tot de afzondering van het afval en het insluiten van de radionucliden noemen we het bergingssysteem. Oppervlakteberging wordt sinds vele tientallen jaren toegepast in een groot aantal landen, onder meer in West-Europa.

De oppervlakteberging in Dessel is zo ontworpen dat ze voldoet aan de voorwaarde van terugneembaarheid. Dat betekent dat het mogelijk is om het geborgen afval tot het einde van de nucleaire reglementaire controlefase in alle veiligheid terug te nemen, met dezelfde of vergelijkbare middelen als die die gebruikt zijn voor het bergen zelf.

Het radioactieve afval wordt in een berging geplaatst die zich in de bio-

sfeer bevindt. In dat soort systeem berust de veiligheid op lange termijn, na de sluiting van de berging, op **vier fundamenteën**:

- 1** de eigenschappen van de *berging* om het radioactieve afval op passieve wijze in te sluiten en af te zonderen van mens en milieu – dat zijn de veiligheidsfuncties;
- 2** de eigenschappen van de *bergingslocatie*, die bijdragen tot de passieve insluiting en afzondering;
- 3** de beperking van de *activiteit*, met name van de langlevende radioactieve stoffen, in het afval dat geborgen kan worden;
- 4** *controles en toezicht* op de berging en haar onmiddellijke omgeving, om te vermijden dat menselijke activiteiten de werking van de berging zouden verstoren.

Bij de oppervlakteberging in Dessel kunnen de insluiting en afzondering niet door natuurlijke barrières verkregen worden. We steunen hiervoor uitsluitend op de te bouwen componenten van de berging. De bergingslocatie zorgt wel voor een stabiele omgeving zodat de

insluitings- en afzonderingscapaciteit van het bergingssysteem niet aangetast of verminderd wordt.

Meer informatie over de veiligheidsstrategie en het veiligheidsconcept vindt u in hoofdstuk 3.

De oppervlakte-bergingssite in vogelvlucht

De bergingsinrichting zal gebouwd worden in de nucleaire zone op het grondgebied van Dessel, vlak bij de grens met de gemeente Mol. Het terrein is eigendom van NIRAS en ligt in het zuidwesten van Dessel, ten noorden van het kanaal Bocholt-Herentals en ten oosten van de N118 Geel-Retie, die daar de gemeentegrens tussen Dessel en Retie vormt.

Zowel op de oppervlaktebergingssite zelf als in de onmiddellijke omgeving bevinden zich tal van voorzieningen. Die zijn nodig om het afval te bergen, maar bieden ook kansen op andere vlakken, zoals lokale tewerkstelling. Het veiligheidsdossier gaat alleen over de bergingsinrichting. Dat wil zeggen: de twee eigenlijke bergingsinstallaties en de randvoorzieningen op de bergingssite.

- 1 Via de **kade** worden de grondstoffen en materialen voor de bouw van de berging aangevoerd over het kanaal.
- 2 In de **bestaande opslaggebouwen** bij Belgoprocess wordt het categorie A-afval momenteel opgeslagen.
- 3 In de **caissonfabriek** zullen de betonnen kisten of caissons geproduceerd worden waarin het afval verpakt wordt. Die fabriek ligt aan de bergingssite, vlak bij de kade.
- 4 In de **Installatie voor de productie van monolieten** (IPM) zal het afval verpakt worden in de caissons en ingekapseld in mortel. Zo ontstaan betonnen monolieten. De monolieten worden in de IPM opgeslagen tot ze met een trolley naar de bergingsmodules worden afgevoerd. De IPM ligt vlak naast de bergingsinrichting, en wordt geëxploiteerd door Belgoprocess.
- 5 De twee toekomstige **bergingsinstallaties** vormen het hart van de bergingssite. Ze bestaan elk uit verschillende bergingsmodules (34 in totaal), die gebouwd worden in twee rijen. De bergingsmodules zijn de betonnen constructies



Figuur 3. Ligging van de bergingsinrichting

waarin de monolieten geborgen zullen worden. Op termijn worden de bergingsinstallaties afgedekt met een aarden afdekking waardoor ze uiteindelijk alleen nog te herkennen zijn als twee heuvels in het landschap.

- 6 De bergingsinstallaties krijgen verder nog een aantal randvoorzieningen. De **toegangskluster** aan de hoofdingang van de site bestaat uit een administratief gebouw en twee technische gebouwen. Het administratieve gebouw omvat naast administratieve ruimtes en kleedruimtes ook de controle- en bedieningskamer van de berging, dataopslaglokalen voor het toezicht, de bewakingspost van de site en de archiefruimte. Het grootste technische gebouw huisvest de elektriciteitsvoorzieningen, een werkplaats waar onderhoud aan de trolleys kan gebeuren, opslagruimte, bluswatersystemen en een nooddiesel. Een kleiner technisch

gebouw bevat de warmtepompen en doet dienst als fietsenstalling.

Voor het transport van monolieten en materialen worden sporen en wegen aangelegd. Op het terrein van de bergingsinstallaties werden tot slot verschillende infiltratiebekkens uitgegraven om het hemelwater op te vangen dat op de modules valt. Drainagewater uit de inspectieruimtes onder de modules vangen we op in twee watercollectiegebouwen, één voor elke bergingsinstallatie.

- 7 Het **bezoekerscentrum Tablo** krijgt een plaats vlak bij de berging.

Alle projectonderdelen worden op zo'n manier ingeplant dat ze een logische procesketen vormen. Daardoor zijn de afstanden die het afval, de grondstoffen, caissons en monolieten moeten afleggen zo kort mogelijk.



Figuur 4. De onderdelen van de bergingssite in vogelvlucht

Hoe gaat het bergingsproces in zijn werk?

Opeenvolgende barrières zonderen het afval af en sluiten de radionucliden in: dat is een van de basisprincipes van oppervlakteberging. Hoe gaat dat in zijn werk? Het categorie A-afval wordt meestal ingekapseld in een metalen vat, dat op zijn beurt met mortel wordt ingekapseld in een betonnen kist of caisson. Dat geheel, een monoliet genoemd, wordt geborgen in de bergingsmodules.

Het bergingsproces verloopt als volgt:



1 Productie van monolieten

De afvalvaten met categorie A-afval worden meestal per vier in een betonnen kist of caisson geplaatst, waarin ze met mortel worden ingekapseld. Zo ontstaat een monoliet. Elke monoliet ondergaat een uiterst strenge controle vooraleer die naar de bergingsmodules vervoerd wordt.



2 Plaatsing van de monolieten in de bergingsmodules

De monolieten worden geborgen in de modules. Dat zijn betonnen bunkers met dikke wanden van gewapend beton. Het bergen van de monolieten gebeurt vanop afstand, vanuit de controlekamer in het administratieve gebouw. Als een module gevuld is, wordt ze afgesloten met een betonnen dekplaat. De modules zijn zo ontworpen dat de berging van het afval op een robuuste en veilige manier verloopt.



3 Bescherming van de modules

Tijdens het vullen van de modules met monolieten wordt over alle modules van de bergingsinstallatie een stalen dak geplaatst. Het dak biedt bescherming tegen alle weersomstandigheden en wordt op termijn

vervangen door een permanente afdekking. Die afdekking bestaat uit een vezelversterkte betonnen plaat en een uitgekend systeem van natuurlijke materialen en folies. Ze moet vermijden dat er water in de modules sijpelt en beschermt de modules tegen erosie, grote temperatuurschommelingen en indringende wortels. Uiteindelijk zullen er in het landschap twee groene heuvels of 'tumuli' overblijven, die mooi in de omgeving zijn geïntegreerd.



4 Opvolging van de berging

De berging wordt tijdens en na het vullen nog een lange tijd gecontroleerd en gemonitord om de veiligheid te garanderen. De modules zijn uitgerust met een inspectiegalerij; elke module heeft onderaan ook een inspectieruimte en een drainagesysteem. Dat alles laat toe om eventuele scheuren of insijpend water op tijd vast te stellen en indien nodig maatregelen te treffen. De inspecties zullen gebeuren met robottoestellen. Ook het grondwater in de onmiddellijke omgeving zal via een netwerk van peilbuizen permanent gecontroleerd worden. Bovendien wordt de stabiliteit van de modules regelmatig onderzocht.

De berging door de eeuwen heen

De verschillende fasen in de levensloop van de berging worden onderverdeeld in een periode voor de sluiting (de operationele periode) en een periode na de sluiting.

Operationele periode

- De *bouwfase* gaat van start als alle nodige vergunningen zijn afgeleverd.
- De *exploitatiefase* wordt onderverdeeld in twee delen. Tijdens het eerste deel wordt het afval geborgen in de modules. We schatten dat dat ongeveer 50 jaar zal duren. Daarna wordt het stalen dak verwijderd en kan

de afdekking geplaatst worden. Vervolgens volgen we de berging nog steeds nauwgezet op. Dat gebeurt vanuit de inspectie-ruimtes en via het drainagesysteem. Ook de ruimere omgeving wordt onder toezicht gehouden en gemonitord.

- Tijdens de *sluitingsfase* worden de inspectiegalerij, het drainagesysteem en de inspectieruimtes opgevuld. De berging en haar omgeving worden nog steeds gemonitord en gecontroleerd.

Periode na sluiting

- Ongeveer 100 jaar na de start van de exploitatie gaat de *nucleaire reglementaire controlefase* in.

De monitoring van de afdekking en de omgeving, het onderhoud en de bewaking worden nog eens 250 jaar voortgezet. 350 jaar na de start van de exploitatie kan de nucleaire reglementaire controle gestopt worden.

- Na de nucleaire controlefase blijft het toezicht op de berging steeds mogelijk, maar het is niet meer noodzakelijk. Tegen die tijd is de radioactiviteit in het afval zodanig afgenomen dat, stel dat iemand in de installatie zou binnendringen, de radiologische impact aanvaardbaar is ten opzichte van de referentiewaarde die door het FANC is opgelegd.



Figuur 5. De levensfasen van de oppervlakteberging

Een levend geheugen voor de berging

De vergunningsaanvraag, de bouw en exploitatie van de berging en ook het toezicht op de berging leiden tot nieuwe kennis en inzichten over 'verstandig handelen'. Om de veiligheid van mens en milieu te garanderen, is het belangrijk dat die kennis ook op termijn goed beheerd, bewaard en doorgegeven wordt. De berging is een uniek project, waarbij over een tijdspanne van honderden jaren specifieke handelingen nodig zijn. Daarom heeft NIRAS een project rond kennisbeheer opgestart.

Een werkgroep, ondersteund door externe experts, tekent de strategie rond kennisbeheer van de berging uit. We maken een inventaris op van documenten die op kwaliteitsvol papier bewaard moeten worden en zoeken uit waar die documenten het best opgeborgen worden.

Door te investeren in een nauwe band met de lokale partnerschappen is de (kennis over de) oppervlakteberging verankerd in de lokale gemeenschappen. Het voortbestaan van de partnerschappen gedurende alle levensfasen van de berging garandeert het behoud van dit 'levende geheugen' van en over het project in de regio. Ook de activiteiten van het toekomstige bezoekerscentrum Tabloo, de samenwerking met de lokale hogeschool en het Lokaal Fonds dragen bij tot het levendig houden van de herinnering aan het project.

NIRAS is eigenaar van de berging én betrokken partij bij de lokale partnerschappen. We spelen dus een belangrijke rol bij het verzekeren van de continuïteit in de opvolging van de berging en het behoud van de herinnering eraan.



Tijdens een opendeurdag eind september 2019 brachten meer dan 1400 geïnteresseerden een bezoek aan de oppervlaktebergingssite in Dessel.



ONZE VEILIGHEIDSSTRATEGIE: HET RAAMWERK VOOR EEN VEILIGE BERGING

De oppervlakteberging zal veilig en betrouwbaar zijn, zowel tijdens de operationele periode als op lange termijn (na de sluiting). Het ontwerp is solide en wetenschappelijk onderbouwd, en kwam tot stand binnen een doordachte veiligheidsstrategie. Hier leest u alles over die veiligheidsstrategie en de principes die het raamwerk vormen van een veilige berging op korte en lange termijn. We vertellen ook hoe we te werk zijn gegaan om de installatie te ontwerpen.

Onze veiligheidsstrategie

Onze veiligheidsdoelstelling

De berging moet veilig zijn. Maar wat betekent dat concreet? In de eerste plaats moet de berging mens en milieu beschermen tegen de mogelijke risico's van het radioactieve afval. Vandaag, maar ook op lange termijn. De berging is ook zo ontworpen dat we geen onnodige lasten overdragen op de toekomstige generaties. Zij zullen op termijn dus niet hoeven in te grijpen om de veiligheid te ver-

zekeren. Van bij het ontwerp wordt bovendien ingezet op het voorkomen van ongevallen. Mocht er zich toch een ongeval voordoen, dan blijven de gevolgen beperkt.

Belangrijke pijlers van de veiligheid

Hoe wordt de veiligheidsdoelstelling gehaald? Dat doen we door een reeks veiligheidsprincipes toe te passen. Daarvoor hebben we ons gebaseerd op de Belgische wetgeving en de richtlijnen van het Federaal

Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC), de regelgeving van de Europese Unie en de internationale regelgeving en aanbevelingen van het Internationaal Atoomenergieagentschap (IAEA) en het Agentschap voor Kernenergie (NEA). De principes vormden een leidraad bij het ontwerp van de berging en bij de veiligheidsstudies. Het zijn daarnaast de belangrijkste pijlers voor het toekomstige beheer van de berging en de voortdurende evaluatie van de veiligheid.



Figuur 6. Overzicht van de belangrijkste pijlers van de veiligheid

De belangrijkste principes voor de veiligheid van de berging op lange termijn zijn:

- 1 de **principes van stralingsbescherming**, toegepast op de berging;
- 2 **passieve veiligheid** of: veiligheid op lange termijn die ook verzekerd blijft zonder actieve maatregelen;
- 3 de **afzondering** van het radioactieve afval en de **insluiting** van de radionucliden als de belangrijkste veiligheidsfuncties van het bergingssysteem;
- 4 de **beperking van de activiteit van langlevende radionucliden** in het afval dat geborgen kan worden (zie kader op p. 19);
- 5 **robuustheid** van het bergingssysteem: robuuste elementen

maken de prestatie van de afzondering en insluiting minder vatbaar voor verstoringen of onzekere factoren;

- 6 **diversiteit** binnen het bergingssysteem: diverse veiligheidsfuncties, materialen en/of (productie)processen verkleinen de kans dat het bergingssysteem in zijn geheel niet functioneert;
- 7 **gelaagde bescherming**: de veiligheid mag niet afhankelijk zijn van één enkel element van het bergingssysteem, één enkele controlemaatregel, of de vervulling van één enkele veiligheidsfunctie of administratieve procedure;
- 8 **aantoonbaarheid**: onder meer via testprogramma's tonen we aan dat de berging realiseerbaar is en dat die mens en milieu zal beschermen.

1 De principes van stralingsbescherming

Deze principes zijn bedoeld om werknemers en omwonenden van nucleaire installaties te beschermen tegen de gevolgen van ioniserende straling. Stralingsbescherming kent drie principes:

- het *rechtvaardigingsprincipe*: van elke activiteit die een blootstelling aan ioniserende straling met zich meebrengt, moeten de voor- en nadelen goed afgewogen worden. Die afweging moet aantonen dat de activiteit meer voordelen heeft dan nadelen. Het beheer en de berging van radioactief afval worden gerechtvaardigd in het kader van de handelingen die het afval genereren.

Stralingsdosis beperkt door de wet

Het biologische effect van ioniserende straling varieert naargelang het soort straling, haar energie-inhoud, de duur van de blootstelling en het orgaan of lichaamsdeel dat wordt blootgesteld. We spreken ook van de stralingsdosis, uitgedrukt in millisievert (mSv).

Om de stralingsdosis waaraan de bevolking wordt blootgesteld te beperken, zijn er in de Belgische wetgeving dosislimieten vastgesteld. Die zijn gebaseerd op Europese richtlijnen, die op

hun beurt de aanbevelingen van internationale instanties volgen. De effectieve dosis waaraan een individu mag worden blootgesteld – boven op de natuurlijke en medische blootstelling – is beperkt tot 1 mSv per jaar. De gemiddelde Vlaming wordt daarnaast jaarlijks blootgesteld aan 4,0 mSv door natuurlijke straling en medische behandelingen (cijfer van 2015).

Enkele voorbeelden:

- straling van de kosmos: ongeveer 0,3 mSv/jaar op zeeniveau
- achtergrondstraling: ongeveer 0,4 mSv/jaar
- radioactieve stoffen die van nature in het menselijk lichaam aanwezig zijn: ongeveer 0,3 mSv/jaar
- natuurlijk aanwezig radon- en thorongas: 1,4 mSv/jaar
- tandfoto: 0,005 à 0,01 mSv
- longfoto: 0,02 à 0,29 mSv
- CT-scan buik, borstkas, bekken: 2,2 à 16,1 mSv

- het *optimaliseringsprincipe*: de bescherming wordt geoptimaliseerd door toekomstige blootstellingen te vermijden of te verminderen. Het optimaliseringsproces houdt rekening met zowel technische als socio-economische ontwikkelingen. Een geoptimaliseerde oplossing moet impacts hebben die zo laag als redelijkerwijze mogelijk liggen en die in ieder geval lager zijn dan de dosisbeperking. Voor normale blootstellingen van de omwonenden door de berging heeft het FANC een dosisbeperking van 0,1 mSv per jaar opgelegd, zowel tijdens de operationele periode als op lange termijn. Die beperking is veel lager dan de dosislimiet voor het publiek.
- het *principe van dosislimieten*. De wetgeving legt een maximale stralingsdosis op die de bevolking jaarlijks mag ontvangen. Die dosis wordt uitgedrukt in mSv per jaar. Voor professioneel blootgestelde werknemers is de dosislimiet voor geplande blootstellingen 20 mSv per 12 maanden. Voor het publiek bedraagt de dosislimiet voor geplande blootstellingen 1 mSv per jaar (zie kader op p. 18).

2 Passieve veiligheid

De internationale praktijk voor oppervlakteberging is gebaseerd op een controle en toezicht van enkele honderden jaren. Als men nadien die controle en dat toezicht zou stopzetten, verzekert de passieve werking van het bergingssysteem de verdere afzondering en insluiting. Dat betekent dat actieve tussenkomst van de mens dan niet langer noodzakelijk is om de veiligheid te waarborgen.

De bergingsinstallaties evolueren al bij de sluiting richting een passief systeem, ongeveer 50 jaar nadat de laatste monolieten met afval geborgen zijn. Ten laatste 300 jaar nadat al het afval geborgen is, kan ook de controle worden opgeheven. Als alle betrokkenen voldoende vertrouwen hebben in de veiligheid op lange termijn door het toezicht en de periodieke veiligheidsherzieningen, dan wordt de bescherming volledig passief.

Voor toekomstige generaties blijft het wel steeds mogelijk om de controles en het toezicht voort te zetten, als zij dat willen. Ze kunnen er ook voor kiezen om passieve beschermingsmaatregelen te blijven nemen, zoals het landgebruik beperken, informatie verspreiden over de site, enzovoort.

3 Afzondering en insluiting

Op lange termijn berust de veiligheid van de berging op afzondering en insluiting. Door het afval af te zonderen van de biosfeer, wordt contact met de mens vermeden. Door de radio-

nucliden in te sluiten, wordt het vrijkomen van radioactieve stoffen in de biosfeer zoveel mogelijk voorkomen en beperkt.

- De *afzondering* van het afval moet voorkomen dat mensen ermee in contact komen. Mocht dat toch gebeuren, dan zorgt dit veiligheidsprincipe ervoor dat de gevolgen beperkt blijven. Bijvoorbeeld als de kennis over de berging verloren zou zijn gegaan en iemand onbedoeld in de berging zou binnendringen, of bij een drastische ingreep. Daarom zijn er diverse en robuuste barrières aanwezig rond het afval én wordt de toegang tot de bergingssite gedurende 350 jaar beperkt.
- De *insluiting* is essentieel om het risico op blootstelling in te perken. Bepaalde langlevende radionucliden, die na 350 jaar nog niet sterk vervallen zijn, kunnen op lange termijn door de barrières van de berging heen toch vrijkomen in de biosfeer. Door ze in te sluiten

Radiologische bronterm

De radiologische karakteristieken van de verzameling van al het afval dat in de berging geborgen mag worden, noemen we ook de radiologische bronterm. De bronterm beperken we door:

- de activiteit te beperken van langlevende radionucliden die via het afval in de oppervlakteberging geborgen wordt;
- de activiteit per volume-eenheid (ook activiteitsconcentratie genoemd) te beperken per afvalvat, monoliet en module.

Hoeveel afval mag er in de berging? Welk afval wel en welk afval niet? Bij de productie van monolieten hanteert NIRAS strikte criteria om te verzekeren dat de totale hoeveelheid radioactiviteit in de berging én de specifieke activiteit per afvalvat en per monoliet niet overschreden worden. Meer uitleg over de opvulstrategie voor de berging vindt u op p. 30.

wordt het vrijkomen van radionucliden vertraagd en in de tijd gespreid. Met de afdekking wordt waterinsijpeling tot in de modules voorkomen. Bovendien beschermen de metersdikke aardelagen de onderliggende betonnen barrières tegen invloeden van buitenaf, waardoor die barrières intact blijven. Zo wordt voorkomen dat radionucliden vrijkomen. In de loop van de eeuwen zullen, door het verouderen van de barrières, radionucliden toch geleidelijk aan uitlogen. De barrières zijn zo ontworpen dat de radiologische impact in dat geval onder de reglementaire

dosisbeperking van 0,1 mSv/jaar blijft.

4 Beperking van langlevende radionucliden

Om in aanmerking te komen voor oppervlakteberging moet het categorie A-afval zo weinig mogelijk langlevende radionucliden bevatten. De kortlevende radionucliden verliezen het grootste deel van hun radioactiviteit in de periode van 350 jaar waarin de berging gecontroleerd wordt. Voor de langlevende radionucliden is dat niet het geval. Die stoffen worden dus zoveel mogelijk geweerd uit de oppervlakteberging.

Door de langlevende radionucliden in het afval te beperken, wordt ook de totale radioactiviteit van die langlevende radionucliden in de berging beperkt (zie kader op p. 19). Dat gebeurt enerzijds door het afvalacceptatiesysteem en anderzijds door het toepassen van radiologische limieten tijdens het opvullen van de berging.

Op die manier is het risico na stopzetting van de nucleaire reglementaire controle laag; het stemt dan overeen met de capaciteit die het bergingssysteem op dat moment heeft om het afval verder passief in te sluiten en af te zonderen.

Het afvalacceptatiesysteem van NIRAS

Radioactief afval veilig beheren heeft niet alleen te maken met de infrastructuur voor verwerking, opslag en berging. Ook de samenstelling van het afval speelt een rol. Om het in alle veiligheid te kunnen beheren, zowel op korte als op lange termijn, moet het afval dat aan NIRAS wordt overgedragen aan een aantal specifieke eisen voldoen. NIRAS heeft daartoe een acceptatiesysteem ontwikkeld, dat gecertificeerd is volgens de internationale norm ISO 9001.

Dat systeem telt drie opeenvolgende stappen:

- NIRAS stelt **acceptatiecriteria** op voor de verschillende categorieën van afval (A, B en C). In de berging in Dessel zal alleen categorie A-afval (laag- en middelactief kortlevend afval) geborgen kunnen worden. Dat is immers het enige afvaltype dat in aanmerking komt voor oppervlakteberging. De acceptatiecriteria bepalen de technische minimumeisen waaraan het afval moet voldoen: op mechanisch, fysisch, chemisch, radiologisch, thermisch of biologisch vlak. Ook beschrijven ze de administratieve eisen waaraan het afval moet voldoen om door NIRAS geaccepteerd te worden. De strikte nale-

ving van deze criteria door de afvalproducenten verbetert niet alleen de veiligheid, maar ook de doeltreffendheid van de overname van het afval.

- Alle installaties die radioactief afval verwerken, conditioneren en opslaan, en ook installaties en methoden die gebruikt worden om het afval te karakteriseren, moeten door NIRAS **erkend worden**. Door die erkenning kan men zeker zijn dat een bepaalde installatie of methode geschikt is om radioactief afval dat aan de acceptatiecriteria voldoet te produceren of te karakteriseren.
- NIRAS **accepteert** het afval, overeenkomstig de acceptatiecriteria en de erkenningen. Pas nadat NIRAS het afval geaccepteerd heeft, worden regelingen getroffen om het afval op te halen en te vervoeren naar de opslagplaats of, in de toekomst, naar de eindbestemming.

Eens de bouw- en exploitatievergunning voor de oppervlakteberging in Dessel verkregen is, zal NIRAS de voorwaarden die in die vergunning zijn opgenomen in het huidige acceptatiesysteem integreren.

5, 6 en 7 Robuustheid, diversiteit en gelaagde bescherming

De berging moet stabiel en robuust zijn. Daarom worden er verschillende, van elkaar onafhankelijke, niveaus en types van bescherming ingebouwd. Die 'gelaagde bescherming' is nodig opdat de veiligheid niet zou afhangen van één enkel element van het bergingssysteem, één enkele controlemaatregel, of de invulling van één enkele veiligheidsfunctie of administratieve procedure.

Het principe van gelaagde bescherming wordt dan ook toegepast van bij het ontwerp van de berging: robuustheid en diversiteit zijn belangrijke onderdelen van de gelaagde bescherming. Daarnaast zijn controlemaatregelen en procedures nodig om de gevolgen van menselijke fouten te minimaliseren, afwijkingen op te sporen en waar nodig corrigerende maatregelen te nemen.

De gelaagde bescherming omvat vijf niveaus:

- 1 Preventie en minimalisatie van bedreigingen:** in eerste instantie nemen we maatregelen om te vermijden dat bedreigingen optreden of tot bij de sleutel-elementen van het bergingssysteem geraken. De aardelagen van de afdekking beschermen de onderliggende betonbarrières bijvoorbeeld tegen invloeden van buitenaf. De bergingslocatie zorgt dan weer voor een stabiele omgeving voor het bergingssysteem.
- 2 Robuuste barrières en veiligheidsfuncties:** met verwachte en mogelijke bedreigingen – zoals aardbevingen – werd rekening gehouden in het ontwerp

De zettingsproef

Als de bergingsmodules gevuld zijn, zal er een groot gewicht rusten op de ondergrond. Daardoor zullen in de bodem zettingen optreden.

In de zettingsproef onderzochten we hoe de ondergrond zich onder dat gewicht zal zetten. De proef bestond uit een zandheuvel in de vorm van een afgeknotten piramide van 20 meter hoog, met een bovenzijde van 20 bij 20 meter, vergelijkbaar met het gewicht van een gevulde bergingsmodule. De test toonde aan dat de zetting een stuk minder is dan eerst berekend. Op regelmatige tijdstippen werden nieuwe metingen uitgevoerd om na te gaan of de ondergrond zich nog verder zou zetten onder het gewicht van de zandheuvel. Dat bleek niet het geval te zijn.

van de berging. Hierbij wordt bovendien telkens ook nog een marge gehanteerd. Zo behouden de barrières toch hun doeltreffendheid met marge wanneer ze belast worden.

- 3 Complementaire en onafhankelijke barrières en veiligheidsfuncties:** die zorgen ervoor dat één of meerdere vervangende barrières en/of veiligheidsfuncties beschikbaar zijn als één barrière of veiligheidsfunctie faalt.
- 4 Controle en correctie:** defecten of beschadigingen kunnen nog lange tijd opgespoord en gecorrigeerd worden. Er zijn tal van controles voorzien, bijvoorbeeld het toezicht op de afdekking.
- 5 Beheer van ongevallen:** bij ernstige ongevallen zullen bijkomende maatregelen worden genomen, conform het noodplan.

Een berging moet uiteindelijk zonder menselijke tussenkomst kunnen zorgen voor de veiligheid op lange termijn. Daarom wordt er een sterke klemtoon gelegd op de eerste drie niveaus van gelaagde bescherming.

8 Aantoonbaarheid

Aantoonbaarheid omvat verschillende aspecten. Zo moet aangetoond worden dat de berging gerealiseerd kan worden met het vereiste performantieniveau. Dat kunnen we garanderen door te voorzien in een uitgebreid kwalificatieprogramma bij de bouw van de berging en door testprogramma's zoals de zettingsproef uit te voeren (zie kader hierboven). Ook de uitvoerbaarheid, beheersing en betrouwbaarheid van (bouw)technieken worden gestaafd via testprogramma's, bijvoorbeeld de demonstratieproef (zie kader op p. 22).

Daarnaast moet worden aangetoond dat de veiligheid gegarandeerd is en dat mens en milieu zowel vandaag als in de toekomst beschermd zijn. Controles op het afval worden uitgevoerd op verschillende plaatsen in de beheercyclus. Eerst in het kader van het afvalacceptatiesysteem (zie p. 20), later ook in aanloop naar de productie van de monolieten en in het kader van de berging zelf. Ook de invulling van het principe van de gelaagde bescherming en de resultaten van de veiligheidsstudies spelen hierbij een belangrijke rol.

De demonstratieproef: perfectioneren van de bouwtechnieken

NIRAS moet verzekeren dat de bouw van de berging beantwoordt aan de eisen van het veiligheidsrapport en de vergunning. Essentieel is dat de bouwtechnieken en constructieparameters gekend en beheerst zijn vooraleer de eigenlijke bouw van de berging start.

In de demonstratieproef heeft NIRAS daarom een deel van een bergingsmodule nagebouwd. Daarnaast worden continu nieuwe tests uitgevoerd om de kennis over de materialen en constructietechnieken up-to-date te houden.

Met gespecialiseerde meetapparatuur werden belangrijke parameters van de betonconstructie opgevolgd, zoals de betonuitharding en het ontstaan van scheuren. Die eigenschappen zijn immers doorslaggevend voor de duurzaamheid van het beton. En die is dan weer cruciaal om de berging performant en veilig te maken.

De bouw van de oorspronkelijke demonstratieproef werd eind 2011 afgerond, maar NIRAS voert voortdurend nieuwe proeven uit om de materialen en bouwtechnieken continu te optimaliseren en te perfectioneren. Zo werden al bijkomende betonnen testwanden opgetrokken, onder meer om een nieuw soort superplastificeerder te testen, die het beton minder stroef maakt. Op de wanden werd ook het gebruik van bekistingstrillers getest. Die helpen het beton van de wanden te verdichten, wat cruciaal is om het beton de gewenste eigenschappen te geven.

Met de ervaringen en lessen uit de bouwexperimenten worden doelgericht nieuwe tests opgezet. Zo hebben we ook een test uitgevoerd met een zelfverdichtend beton. Die aanpak van progressief testen en continu verbeteren moet uitmonden in een sluitende procedure voor de bouw van de berging. Daarbij moeten maatregelen genomen worden om te verzekeren dat de uiteindelijke berging voldoet aan alle eisen. Ook tijdens de bouwfase zullen de constructietechnieken verder geperfectioneerd worden.

Het veiligheidsconcept

De operationele veiligheidsfuncties van de berging zijn afzonderen, insluiten en afschermen van externe straling. De veiligheidsfuncties op lange termijn zijn verbonden met de insluiting en afzondering van het afval in de periode na de sluiting.

Die veiligheidsfuncties moeten door één of meerdere onderdelen van het bergingssysteem worden vervuld. Bepaalde onderdelen hebben bijvoorbeeld als functie de waterinsijpeling of het vrijkomen van radionucliden te beperken. Andere moeten dan weer beletten dat onze nakomelingen onopzettelijk de installatie zouden beschadigen of binnendringen. Soms zal één onder-

deel verschillende functies combineren. Allemaal samen garanderen de onderdelen, met hun respectieve veiligheidsfuncties, de veiligheid van de berging.

De onderdelen worden ook *systemen, structuren en componenten* (SSC) genoemd. De beschrijving van alle SSC's met de functies die ze vervullen tijdens de verschillende levensfasen van de berging noemen we het **veiligheidsconcept**. Het veiligheidsconcept wordt opgesplitst in twee periodes: de operationele periode en de lange termijn. Voor beide periodes werd een matrix (een gedetailleerde tabel) opgemaakt die per SSC de (deel)functies weergeeft. Die matrices zijn de essentie van het veiligheidsconcept. Ze beschrijven

in detail hoe de SSC's de veiligheidsfuncties vervullen of ertoe zullen bijdragen. Bij het toewijzen van veiligheidsfuncties aan SSC's deden we een beroep op de beschikbare wetenschappelijke kennis rond de evolutie van het bergingssysteem. Bovendien gingen we voorzichtig te werk. Door reserves in te bouwen werd het concept nog robuuster: de veiligheid hangt niet af van één enkele veiligheidsfunctie of één enkele barrière.

Het veiligheidsconcept was een essentieel instrument om het ontwerp (zie hoofdstuk 4) en de veiligheidsstudies (zie hoofdstuk 5) te ontwikkelen.

Het ontwerpproces van de berging

Het ontwerp van de berging is gebaseerd op vier pijlers:

- *Specifieke vereisten* zoals de Belgische regelgeving, documenten van de veiligheidsautoriteit, institutionele beslissingen en de voorwaarden opgelegd door de lokale partnerschappen.
- Het *veiligheidsconcept*, met de veiligheidsfuncties die de verschillende SSC's moeten vervullen.
- De *ontwerpkeuzes*, dat zijn strategische keuzes die voortkomen uit de wetenschappelijke en technische kennis van experts. Zo wordt bijvoorbeeld gekozen voor gestandaardiseerde mono-lieten als verpakking voor het afval in de berging.
- Het *afval zelf*, waarbij gekeken wordt of de gebruikte materialen geschikt zijn voor het afval.

De vier pijlers vormen een basis voor het ontwerp. Ze werden vertaald naar instructies die meer direct bruikbaar zijn voor een ontwerper: de **ontwerpvereisten**. Dat zijn de voorwaarden en vereisten waaraan de SSC's moeten voldoen om de veiligheid van de berging te verzekeren. Er wordt systematisch nagegaan welke ontwerpvereisten van toepassing zijn op welke SSC's.

Voor elke SSC zijn vervolgens **conformiteitscriteria** bepaald. Die helpen om in de praktijk te evalueren of ook daadwerkelijk aan de voorwaarden is voldaan. Ze leggen bijvoorbeeld vast wat de minimale wapening is van de componenten uit gewapend beton om aan een eventuele aardbeving te weerstaan. Tegelijk wordt ook gedefinieerd hoe het conformiteitscriterium op de werf of tijdens de productie gecontroleerd moet worden. De minimale wapeningshoeveelheid wordt zowel gecontroleerd op de wapeningsplannen als op de werf, vooraleer de aannemer tot betonneren mag overgaan.

Optimalisering van het bergingssysteem

Optimalisering van de bescherming is een hoeksteen voor een veilig beheer van de berging. Daarbij wordt ernaar gestreefd om stralingsdoses en het vrijkomen van radioactiviteit in het milieu zo laag als redelijkerwijze haalbaar te houden, rekening houdend met sociale en economische factoren.

Eén aspect dat daartoe bijdraagt, is het systematisch evalueren van het ontwerp en van de keuzes die daarin werden gemaakt. Daarbij worden mogelijke alternatieve keuzes vergeleken en beoordeeld, om zo tot een optimale keuze te komen.

Kortom, NIRAS heeft een berging ontwikkeld op basis van strategische principes die uitdrukkelijk rekening houden met de internationale beste praktijken.

De bergingsinrichting sluit de radionucliden in en zondert het afval af. Maar ook de controle en het toezicht dragen daar aanvankelijk toe bij. Een systeem van gelaagde bescherming maakt het bergings-

systeem robuust. Bovendien zorgt de bergingslocatie voor een stabiele omgeving voor de installaties.

Door de bronterm te beperken is het resterende risico van het afval op het eind van de nucleaire reglementaire controleperiode laag, rekening houdend met de verdere passieve insluiting en afzondering door het bergingssysteem.

4



DE PRAKTIJK: HOE WORDT HET AFVAL VEILIG GEBORGEN?

De globale veiligheidsbenadering, waarin de veiligheidsstrategie, het veiligheidsconcept en de ontwerpstrategie elkaar opvolgen, resulteert in een betrouwbare oppervlakteberging. U leest hier hoe we de principes en keuzes uit het vorige hoofdstuk vertaald hebben in de praktijk. We beschrijven eerst hoe het bergen van afval in zijn werk gaat en hoe de cruciale onderdelen van de berging zijn opgebouwd. Vervolgens lichten we toe hoe we met een uitgekiende opvulstrategie de veiligheid op lange termijn verzekeren.

Productie van de caissons en monolieten

Voordat het afval wordt geborgen, wordt het ingekapseld in betonnen kisten of caissons. Die worden gefabriceerd in de caissonfabriek. De inkapseling van het afval in de caissons – de productie van de monolieten – gebeurt in de Installatie voor de productie van monolieten (IPM).

Productie van de caissons

De betonnen kisten of caissons hebben een 12 centimeter dikke wand en een deksel. Zo vormen ze een betonnen barrière. Die barrière heeft een dubbele functie: de radioactieve straling tegenhouden en de radioactieve stoffen insluiten. De caissons zijn dus een cruciale schakel in een veilige berging. Om de mechanische sterkte van de caissons te garanderen zal NIRAS de fabricage van de caissons nauwgezet opvolgen. Vooral de nabehandeling tijdens het uitharden van het beton is kritiek. De nabehandeling bepaalt immers de kwaliteit van het beton en ook de capaciteit om radionucliden in te sluiten. Er wordt een uitgekiend

controleprogramma ontwikkeld om de kwaliteit van de caissons te garanderen. Door de productie van de caissons op de site houdt NIRAS controle over de kwaliteit van de

caissons. Bovendien is er zekerheid over de bevoorrading. De caissons zullen worden gefabriceerd met een productiesnelheid van ongeveer 1.000 per jaar.

Drie caisontypes

NIRAS heeft drie verschillende erkende types caissons ontwikkeld:

- **Type I** is geschikt voor het inkapselen van standaardvaten van 400 liter.
- **Type II** is geschikt voor niet-standaardvaten.
- **Type III** is geschikt voor bulkafval, vooral afkomstig van de ontmanteling van buiten dienst gestelde nucleaire installaties. In dat type zit een stalen mand die het bulkafval vasthoudt. De deksels zijn zo ontworpen dat de monoliet veilig vervoerd kan worden.

Voor bepaalde afvalstromen kan het basisontwerp van de caissons worden aangepast, als dat een veiligheidsvoordeel oplevert. Dat veiligheidsvoordeel moet men kunnen aantonen aan de hand van veiligheidsevaluaties.



Productie van de monolieten

Een monoliet is een caisson waarin het afval wordt ingekapseld met mortel. De monolieten vormen een barrière voor radioactieve stoffen tijdens het hele bergingsproces. Ze zijn belangrijk voor de veiligheid op lange termijn. Door de specifieke eigenschappen van beton en mortel wordt de uitloging van radionucliden immers beperkt. Ook tijdens de exploitatie bieden de monolieten be-

langrijke voordelen. Zo verzekeren ze een veilig transport van het radioactieve afval en vergemakkelijken ze de exploitatie van de berging. Bovendien maken ze het mogelijk om het afval terug te nemen, als dat in de toekomst nodig is.

De monolieten worden geproduceerd in de Installatie voor de productie van monolieten (IPM). De grondstoffen die in de IPM gebruikt

worden, zullen nauwlettend gecontroleerd worden. Hetzelfde geldt voor de productieprocessen in de IPM. Het inbrengen van het afval en het injecteren van de mortel moeten bijvoorbeeld aan strenge regels voldoen. De cementeringsinstallatie moet bovendien erkend worden volgens het afvalacceptatiesysteem van NIRAS.

Het gedrag van beton: grondig onderzocht en continu opgevolgd

De betonnen componenten van de berging zijn cruciaal voor de veiligheid. De samenstelling van het beton en de mortel die gebruikt zullen worden, is het resultaat van uitgebreid wetenschappelijk onderzoek.

Beton zorgt er niet alleen voor dat de berging stevig en robuust is. Het is ook bepalend voor de veiligheid op lange termijn. Hoe komt dat? Dankzij hun chemische en fysische eigenschappen houden beton en mortel radioactieve stoffen vast en beperken ze de infiltratie van water. Ze beletten dus dat radioactieve stoffen uitlogen naar de omgeving, of ze zorgen ervoor dat dat proces vertraagd wordt.

In de loop der eeuwen zal het beton sowieso degraderen; dat is onvermijdelijk. Fysische en chemische processen kunnen op termijn het beton aantasten, waardoor scheuren kunnen ontstaan. Het beton voor de berging is zodanig samengesteld dat die verwachte degradatie zo traag mogelijk verloopt. Bovendien beschermt de afdekking het beton én beperken meerdere barrières de infiltratie van water. Zo wordt

het beton onder meer beschermd tegen de impact van vriezen en dooien.

Getuigenmonolieten en proefstukken

We hebben het gedrag van de betonnen componenten bestudeerd aan de hand van modellen en experimenten met prototypes en mock-ups op ware grootte. Die studies hebben belangrijke informatie opgeleverd om de berging te ontwerpen en de veiligheid te beoordelen.

Om de hypothesen te bevestigen voor reële omstandigheden zullen proefstukken en zogenaamde getuigenmonolieten in de berging worden opgenomen. Via de instrumenten die worden ingebouwd in zo'n getuigenmonoliet en via destructieve proeven op andere proefstukken kunnen we tot de sluiting de degradatieprocessen monitoren: in functie van de tijd én in representatieve omstandigheden. De getuigenmonolieten en proefstukken worden opgeslagen in twee proefstukkamers tussen twee modules, maar bevatten geen afval.

Plaatsing van de monolieten in de bergingsmodules

De bergingsmodules vormen het hart van de berging. Het zijn betonnen structuren waarin de monolieten met afval opgeborgen worden.

Van de IPM naar de modules

De monolieten worden van de IPM naar de bergingsmodules getransporteerd met een trolley die bestuurd wordt vanuit de controle- en bedieningskamer in de toegangscluster. Er is een spoor aan elke kant van de modules, en elke rij modules is uitgerust met een rolbrug. Elke trolley bevat slechts één monoliet. Als de monoliet aankomt bij de module waar hij geborgen zal worden, wordt hij opgetild via de ankers op de hoeken van de monoliet. De rolbrug tilt de monoliet over de muur van de module en bergt hem op de plaats die op voorhand werd bepaald. Na plaatsing van een monoliet wordt er een afschermingsplaat bovenop gelegd. Die afschermingsplaat wordt tijdelijk weggenomen voor de plaatsing van een volgende monoliet, bovenop de vorige, en daarna weer teruggelegd. Zo wordt de straling in de omgeving van de modules beperkt.

Elke bergingsmodule bestaat uit wanden en vloerplaten (1) in gewapend beton (70 centimeter dik) en kunnen accidentele belastingen weerstaan, zoals een aardbeving. Elke module meet 25 bij 27 meter en kan zo'n 900 monolieten bevatten.

De modules zijn opgebouwd uit wanden en vloerplaten (1) in gewapend beton (70 centimeter dik) en kunnen accidentele belastingen weerstaan, zoals een aardbeving. Elke module meet 25 bij 27 meter en kan zo'n 900 monolieten bevatten.



Figuur 7. De verschillende onderdelen van de bergingsmodules

Tussen de modules bevindt zich een inspectiegalerij (2). Elke module heeft onderaan ook een inspectieruimte en een drainagesysteem (3). Die helpen om eventuele scheuren of insijpelend water tijdig vast te stellen. Indien nodig worden dan de vereiste maatregelen getroffen. De inspecties zullen gebeuren met robottoestellen. Dankzij het drainagesysteem kan water dat eventueel in de inspectieruimte of de modules aanwezig is, opgevangen en afgeleid worden naar de watercollectiegebouwen. Daar wordt het water gecontroleerd en indien nodig afgevoerd voor behandeling.

Om de modules te beschermen tegen de weersomstandigheden worden ze afgedekt met een stalen dak (4) tijdens de exploitatie. Het dak wordt bevestigd op de zijwanden van de modules en wordt ondersteund door een stalen structuur. Die structuur geeft ook steun

aan de twee rolbruggen (5) in het gebouw. Het dak wordt op termijn vervangen door de afdekking.

De modules worden op een ophoging (6) gebouwd. Die fundering bestaat uit een 60 centimeter dikke grindlaag, met daarboven een mengsel van zand en cement van 2 meter. De ophoging zorgt ervoor dat de modules altijd boven het waterniveau staan, ook na een extreem hevige regenbui of bij overstromingen. De grindlaag voorkomt dat vocht opstijgt.

Als een module gevuld is met monolieten, worden de resterende lege ruimtes in de module gevuld met grind. Zo worden de gevolgen van een aardbeving op de monolieten beperkt. Bovendien kunnen de monolieten worden teruggenomen, als dat nodig is. Daarna wordt de module afgesloten met een betonnen dekplaat (niet op de afbeelding).

Waarom een inspectieruimte onder de bergingsmodules?

Onder elke bergingsmodule komt er een inspectieruimte waarin regelmatig controles verricht zullen worden. Zo kunnen eventuele scheuren of insijpelend water in een vroeg stadium vastgesteld worden. Het gebruik van een inspectieruimte maakt het functioneren van de bergingsinstallaties ook minder afhankelijk van de plaatselijke geologische ondergrond.

Bij de zoektocht naar een geschikte site voor het bergen van categorie A-afval speelden in eerste instantie de natuurlijke geologische en hydrogeologische kenmerken van de site een grote rol. Zo zocht men naar sites die gekenmerkt werden door een oppervlakkige doorlatende laag (bijvoorbeeld zand) boven op een ondoorlatende laag (bijvoorbeeld klei). Die zand-op-kleilagen moesten in de richting van een drainerende rivier hellen. Het grondwater zou dan ter hoogte van die rivier kunnen worden opgevangen en radiologisch gemonitord worden, om na te gaan of de berging haar afzonderings- en insluitingsfunctie goed vervult.

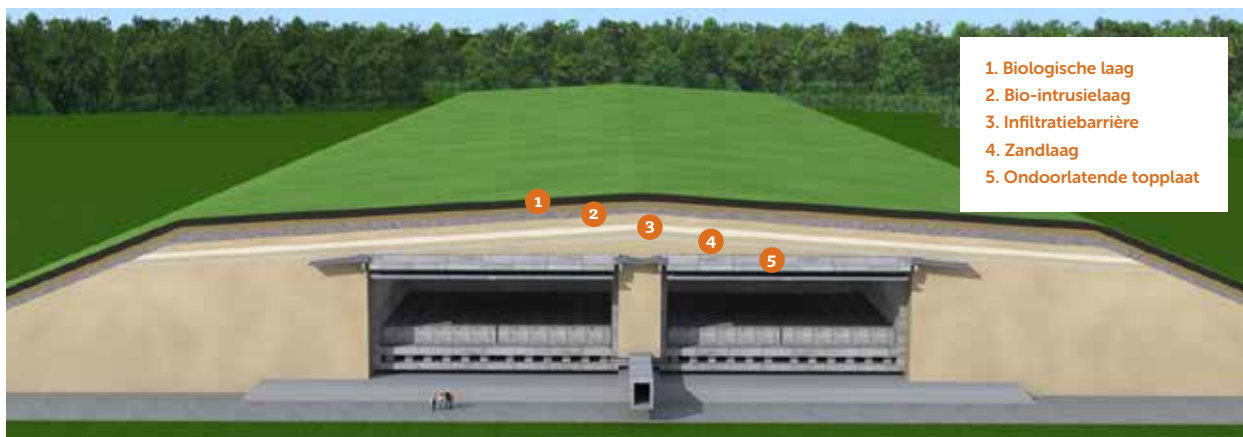
Barrières

De site in Dessel biedt niet de mogelijkheid om op een natuurlijke manier te monitoren via een drainerende rivier. Daarom koos NIRAS voor een kunstmatige monitoring door een inspectieruimte onder de bergingsmodules te installeren, dicht bij het geborgen afval. De (kunstmatige) inspectieruimte onder de bergingsmodules neemt dus de monitoringfunctie van de (natuurlijke) zand-op-kleilaag en de drainerende rivier over.

Grondige monitoring

De inspectieruimte maakt het mogelijk om insijpelend water vlak bij het afval op te vangen. Door de inspectieruimte kan men ook een eventuele instabiliteit in de constructie vaststellen. Zo kan de degradatie van de betonnen barrières worden gemonitord en vroegtijdig worden vastgesteld. Omdat de inspectieruimte door haar beperkte hoogte moeilijk toegankelijk is, zullen de inspecties gebeuren met robottoestellen.





Figuur 8. Overzicht van de afdekking

Bescherming van de bergingsmodules

Op termijn wordt het dak over de bergingsmodules vervangen door een permanente afdekking. Die zal bestaan uit een uitgekiend systeem van vezelversterkt beton, natuurlijke en kunstmatige materialen. Een belangrijke functie van de afdekking is de waterinfiltratie beperken. Verder bestaat de rol van de aar-delagen van de afdekking erin de betonnen barrières te beschermen tegen degradatie. De afdekking geeft de bergingsmodules op termijn het uitzicht van twee heuvels of tumuli in het landschap.

De afdekking boven de modules wordt in totaal meer dan 5 meter dik en bestaat uit een aantal lagen (van boven naar beneden):

- 1 Biologische laag.** De bovenste laag van 1,3 meter dik bevordert de plantengroei. Dat is belangrijk om erosie te voorkomen en om een groot deel van het regenwater te verdampen. Ook de onderliggende kleilaag wordt op die manier beschermd tegen uitdroging.
- 2 Bio-intrusie laag.** Deze laag is 1,4 meter dik en verhindert dat graven-dieren en plantenwortels de onderliggende infiltratiebarrière verstoren. Door haar specifieke samenstelling, met grote hoekige

stukken steen, is ze ook goed bestand tegen erosie.

- 3 Infiltratiebarrière.** Deze 1,5 meter dikke laag wordt alleen aangebracht op de top van de modules. Ze bestaat uit kleila-gen en moet beletten dat er water doorsijpelt naar de modules.
- 4 Zandlaag.** Dit is de laatste drai-nerende laag van 25 centimeter

dik. Ze zorgt ervoor dat kleine hoeveelheden doorsijpelend water worden afgevoerd boven de ondoorlatende topplaat.

- 5 Ondoorlatende topplaat.** Deze betonnen plaat van minstens 70 centimeter dik is de tweede infiltratiebarrière van de afdek-king. Ze bestaat uit vezelversterkt beton om de duurzaamheid ervan te vergroten.

De proefafdekking: gedrag van de afdekking voorspellen

Om het gedrag van een afdekking beter te leren kennen, installeert NIRAS een proefafdekking nabij de bergingssite. Die is als het ware een simulatie van de afdekking op reële schaal.

De proefafdekking is 45 bij 70 meter en 6 tot 7 meter hoog. De proefafdekking moet aantonen dat het haalbaar is om een meerlagig afdeksysteem in de praktijk te bouwen. Bovendien kan via de proefafdekking de performantie van de afdekking op lange termijn (meerdere decennia) worden opgevolgd. Zowel het hydraulische gedrag als processen zoals zetting en erosie zullen worden opgevolgd

aan de hand van staalnames en metingen.

Wat zal NIRAS testen in de proefafdekking?

In de proefafdekking wordt het gedrag van de afdekking op lange termijn onderzocht. Hoe zoekt het water zijn weg, hoe evolueert de temperatuur, welke biologische en chemische pro-cessen vinden plaats? We zullen de lokale partnerschappen en het publiek regelmatig informeren over de performantie van de proefafdekking. Vooral parameters die met de veiligheid te maken hebben, zoals infiltratie, zullen in die communicatie aandacht krijgen.

Bouw en exploitatie van de bergingsmodules

Bouw en exploitatie in fasen

NIRAS schat dat er 29 modules nodig zullen zijn om al het categorie A-afval van het huidige nucleaire programma te bergen. In de plannen wordt rekening gehouden met een reservecapaciteit van 20%, wat het totale aantal in het ontwerp op 34 modules brengt. Die modules worden verdeeld over twee zones – één van 20 en één van 14 modules. Elke zone wordt op termijn afgedekt tot een tumulus. De bouw van de bergingsmodules verloopt in fasen.

Eerst worden de 20 modules gebouwd die het dichtst bij de Installatie voor de productie van monolieten (IPM) liggen. Dat gebeurt in 2 rijen van 10. Zodra de eerste 8 modules volledig klaar en reglementair opgeleverd zijn, kan de exploitatie van de site starten. Tegelijk bouwen we de volgende 12 modules, die rechtstreeks aansluiten bij de eerste reeks van 8. De modules zullen per 4 opgevuld worden, eerst de modules die het dichtst bij de IPM liggen. Als een groep van 4 modules volledig gevuld is, wordt elke module afgedicht met een betonnen afdekplaat. Wanneer alle 20 modules gevuld en afgedicht zijn, kan het dak op termijn worden vervangen door de permanente afdekking.

Zodra de eerste 20 modules bijna opgevuld zijn, zal de bouw van de volgende zone (14 modules) beginnen. De exacte timing en duur van die fase hangen af van de toekomstige afvalproductie en het scenario voor de ontmanteling van de kerninstallaties.

De opvulstrategie

De activiteit van langlevende radio-

nucliden in de oppervlakteberging moet beperkt blijven. Daarom wordt er een maximaal toegelaten niveau van radioactiviteit in de berging vastgelegd voor de 28 kritieke radionucliden (zie kader op p. 31), die bepalend zijn voor de veiligheid op lange termijn. We noemen dit ook de 'radiologische capaciteit' van de berging. Het is de bedoeling om een zo groot mogelijk volume categorie A-afval in de installatie te bergen. Het komt er dus op aan het beschikbare bergingsvolume zo goed mogelijk te benutten, zonder dat de radiologische capaciteit van de installatie overschreden wordt. Om dit praktisch beheersbaar te maken, is ook de spreiding van de activiteit over de bergingsmodules aan bepaalde regels onderworpen. Daarbij wordt rekening gehouden met de resultaten van de veiligheidsstudies. Welk afval in de berging mag en welk afval niet, en welke plaats het in elke module krijgt, is dan ook het resultaat van een minutieus en afgewogen proces. Bij dat proces houden we terdege rekening met de radiologische karakteristieken van het te bergen afval.

De 34 bergingsmodules zullen per 4 opgevuld worden. Voor elke fase van 4 modules volgen we een uitgaande opvulstrategie:

- 1 Op basis van het gekarakteriseerde afval wordt een lijst gemaakt van vaten met afval die in principe geschikt zijn voor oppervlakteberging in Dessel. Dat gebeurt aan de hand van conformiteitsdossiers. In zo'n dossier wordt voor een bepaalde afvalfamilie aangetoond dat ze geschikt is voor de oppervlakteberging. Zijn er specifieke maatregelen nodig om die bergbaarheid te verzekeren, zoals

een speciaal type monoliet? Dan worden die besproken in het conformiteitsdossier.

- 2 Daarna wordt een voorstel gemaakt om de geaccepteerde afvalvaten te combineren tot monolieten en de 4 modules op te vullen. Dit *opvulplan* bepaalt welke vaten gecombineerd worden tot een monoliet en welke plaats de monolieten krijgen in de reeks van 4 modules. NIRAS streeft ernaar de berging qua radioactiviteit (van langlevende radionucliden) zo homogeen mogelijk op te vullen. Daarnaast wordt rekening gehouden met de mogelijkheden om de afvalvaten uit de opslaggebouwen te halen én met overwegingen rond stralingsbescherming. Zo worden de monolieten met het hoogste stralingsniveau bijvoorbeeld centraal in een module geplaatst en afgeschermd door monolieten met een lager stralingsniveau.

- 3 De in het opvulplan beschouwde afvalvaten worden stuk voor stuk *gecontroleerd* om hun conformiteit te bevestigen. Dan pas worden ze afgevoerd naar de IPM om er monolieten van te maken. Na controle van de conformiteitsvereisten kunnen de monolieten ten slotte worden geaccepteerd en vervoerd naar de bergingsmodules. Net voor berging wordt een visuele controle uitgevoerd op de monoliet. Is de monoliet geborgen? Dan vindt er een laatste controle plaats om na te gaan of de monoliet correct geplaatst werd en nog altijd intact is.

De strategie om de modules op te vullen start dus lang voordat de

monolieten in de berging geplaatst worden. Het begint al bij het combineren van afvalvaten in één monoliet. Meer zelfs: een afvalvat wordt in de IPM toegelaten omdat het past binnen de opvulstrategie voor de reeks van modules die wordt opgevuld. Verder moet het afvalvat aan een reeks voorwaarden voldoen.

Zo moet het vat deel uitmaken van een afvalfamilie die op basis van haar radiologische karakteristieken bestemd is voor oppervlakteberging. Het afvalvat moet ook volledig geaccepteerd zijn volgens het acceptatiesysteem van NIRAS en aan alle conformiteitsvereisten voor het afvalvat voldoen.

Beperking van 28 kritieke radionucliden

Om de berging ook op lange termijn veilig te houden, moeten we de hoeveelheid langlevende radioactieve stoffen in de oppervlakteberging beperken.

De kortlevende elementen verliezen het grootste deel van hun activiteit in de periode van 300 jaar (na het opvullen van de berging) waarin de berging gecontroleerd wordt. Voor de langlevende stoffen is dat niet het geval. Vooral de kritieke radionucliden zijn daarbij van belang. Dat zijn langlevende radionucliden die bepalend zijn voor de radiologische impact van de berging op lange termijn.

Daarom kunnen we maar een bepaalde hoeveelheid van die kritieke radionucliden toelaten in de berging, en dus in het te bergen afval. Bovendien moet de radioactiviteit verspreid worden over de verschillende modules. NIRAS hanteert hiervoor een systeem van radiologische limieten en controles.

Radiologische limieten

Voor 28 kritieke radionucliden wordt de toegelaten hoeveelheid beperkt.

- Een eerste limiet is een absolute beperking van de radiologische capaciteit per kritieke radionuclide. Met andere woorden: per kritieke radionuclide wordt een maximaal toegelaten niveau van radioactiviteit in de berging vastgelegd. Dat niveau is gebaseerd op de bronterm zoals die vandaag gekend is en waarvoor de veiligheid is aangetoond.

- Een tweede limiet beperkt de toegelaten activiteitsconcentratie in een afvalvat of een monoliet met bulkafval. Die maximale concentratie is hoger dan het gemiddelde op basis van de radiologische capaciteit. Zo kunnen uitzonderlijke afvalvaten, met een hogere dan gemiddelde concentratie van één of enkele kritieke radionucliden, toch in de oppervlakteberging.
- Een derde limiet beperkt de toegelaten activiteitsconcentratie per module voor enkele specifieke radionucliden.

De veiligheid van de berging is aangetoond op voorwaarde dat de radionucliden die het meest bepalend zijn voor de impact, niet op één plaats in de berging geconcentreerd zijn. Dat zou ook in tegenspraak zijn met het streven naar een optimale benutting van het bergingsvolume. Daarom worden regels opgelegd die een goede spreiding van de activiteit over de verschillende modules moeten garanderen: de heterogeniteitsbeperkingen.

Controles

De radiologische limieten zijn een belangrijk uitgangspunt voor een opvulplan. Daarnaast zijn bijkomende controles voorzien. Die moeten garanderen dat de impact op lange termijn steeds in overeenstemming is met de relevante beoordelingscriteria.

Opvolging van de berging

De berging en haar omgeving zullen gedurende 350 jaar onder permanent toezicht staan. Een programma voor monitoring en toezicht wordt opgezet om op te volgen of de berging werkt zoals dat moet.

De resultaten en analyses worden in de eerste plaats gebruikt om te bevestigen of de berging beantwoordt aan de wettelijke voorschriften en voorwaarden van de vergunning.

De meetgegevens moeten in de toekomst ook belangrijke beslissingen ondersteunen. Denk maar aan de overgang naar een volgende fase in het leven van de berging, het actualiseren van het veiligheidsdossier of het opstarten van remediërende maatregelen, indien nodig. Ten slotte zullen we de gegevens ook gebruiken om de bevolking en het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) te informeren.

Voor tal van parameters die we opvolgen, zijn actieniveaus vastge-

legd. Als een bepaalde parameter het actieniveau overschrijdt of de waargenomen trends wijken af van de langetermijnevaluaties, wordt de situatie nader gedocumenteerd en onderzocht om die overschrijding of afwijkende trend te verklaren. Op basis van de conclusies van het onderzoek kunnen vervolgens acties ondernomen worden om een toekomstige impact te minimaliseren. Alle monitoringgegevens worden opgeslagen in een centrale databank die wordt beheerd door NIRAS.

Wat wordt er gemonitord?

- 1 De impact van de berging op de omgeving. Een belangrijk onderdeel daarvan is het radiologische monitoringprogramma. Dat houdt toezicht op de omgevingslucht, de bodem en het grond- en oppervlaktewater.
- 2 De performantie van de berging: werkt de berging zoals gepland? Dat omvat onder meer:
 - toezicht op de structuur van de berging, bijvoorbeeld de controle op scheuren;
 - toezicht op het drainagewater en het goed functioneren van het drainagesysteem in de inspectieruimten en de galerijen: opvolging van betonscheuren in de modulevloeren, detectie van lekken boven aan de inspectieruimte, detectie van water op de vloer van

de inspectieruimten ... Door het drainagewater op te vangen kunnen we mogelijke lekken in het dak, de afdekking of betonnen componenten detecteren. Ook meten we of het water besmet is. Die metingen moeten aantonen of de maatregelen om afzondering en insluiting te garanderen doeltreffend zijn, en wat de oorzaak is van een eventuele radiologische verontreiniging;

- opvolging van de proefstukken en getuigenmonolieten.

- 3 Grondwaterpeilmetingen, meteorologische parameters en het debiet van de waterlopen als input voor de *grondwatermodellen*.

Veilige bouw, veilige exploitatie

Niet alleen op lange termijn, maar ook tijdens de bouw en de exploitatie is veiligheid een topprioriteit. De manier waarop de berging gebouwd en geëxploiteerd wordt, is bovendien doorslaggevend voor de veiligheid op lange termijn. Concreet: om de veiligheid op lange termijn te waarborgen, moet:

- 1 het afval in overeenstemming zijn met de conformiteitsvereisten voor afval in de oppervlakteberging;
- 2 de berging gebouwd en geëxploiteerd zijn in overeenstemming met de ontwerpvereisten.

Het kwaliteitsprogramma

De eigenschappen van de systemen, structuren en componenten (SSC's) van het bergingssysteem bepalen in hoge mate de veiligheid van de berging op lange termijn. Dat betekent dat er voldoende vertrouwen moet bestaan in het feit dat de verschillende componenten, zoals de modules en de monolieten, hun veiligheidsfuncties op korte én op lange termijn zullen vervullen. Dat vertrouwen wordt geleverd en ondersteund door het kwaliteitsprogramma. Dat programma heeft als doel de SSC's te realiseren volgens de specificaties in het veiligheidsdossier. Alleen dan kan de berging geëxploiteerd worden in overeenstemming met de vergunningsvoorwaarden.

NIRAS ontwikkelt voor al haar activiteiten een geïntegreerd beheersysteem (*integrated management system* of IMS), in overeenstemming met de standaarden van het Internationaal Atoomenergieagentschap (IAEA).

Dat IMS past in het NIRAS-beleid voor integrale kwaliteitszorg en in de veiligheidsstrategie. Het IMS integreert op structurele wijze het kwaliteitsbeheer van NIRAS en geeft de werking weer van een gecoördineerd beheer van het radioactieve afval in België.

Het acceptatiesysteem

De langetermijnveiligheid hangt ook af van de kwaliteit van het hele afvalbeheer. Via haar acceptatiesysteem (zie p. 20) legt NIRAS de producenten voorwaarden op. De toekomstige acceptatiecriteria zullen rekening houden met de vergunningsvoorwaarden voor de berging.

Fysieke barrières

De barrières van het bergingssysteem zijn niet enkel cruciaal voor de veiligheid op lange termijn. Ze leveren ook een belangrijke bijdrage om tijdens de exploitatie van de berging de blootstelling aan radioactieve straling zo laag mogelijk te houden. De radionucliden worden immers ingesloten dankzij de inkapseling in het afvalvat en de dubbele barrière van de monoliet (de mortel en de caisson). Door de barrières voortdurend te monitoren en – indien nodig – te herstellen, waken we er bovendien over dat ze intact blijven.

Zonering

Om de risico's op blootstelling verder te beperken, zijn niet alle zones van de bergingsite toegankelijk voor iedereen. De site wordt onderverdeeld in zones, afgebakend op basis van hun dosisniveau. De toegankelijkheid van de verschillende zones is gereguleerd.

Uitbatingsvoorwaarden

Voor de exploitatie van de berging worden uitbatingsvoorwaarden

en technische specificaties in de vergunning opgenomen. Dat zijn de vereisten om de veiligheid te verzekeren bij een normale exploitatie. Als om een of andere reden niet voldaan is aan die voorwaarden, zal NIRAS zo snel mogelijk maatregelen treffen om de exploitatie te normaliseren. Dat kan bijvoorbeeld als een installatie uitvalt of als een parameter een referentiedrempel overschrijdt. Voor dergelijke situaties geldt een meldingsplicht.

Ongevallen hebben geen of een geringe radiologische impact

Alle gebeurtenissen die mogelijk een gevolg kunnen hebben voor de veiligheid van de berging hebben we in kaart gebracht. We bouwden ook specifieke maatregelen in bij het ontwerp en voor de exploitatie van de installatie om zulke incidenten te vermijden of de gevolgen ervan in te perken.

De juiste ontwerpmaatregelen zorgen ervoor dat het risico op een incident beperkt blijft. De procedures voor de exploitatie van de berging zijn bovendien zodanig uitgewerkt dat de exploitatie op een veilige manier gestopt kan worden als er toch een incident plaatsvindt. Zo zullen de bergingsactiviteiten bijvoorbeeld stilgelegd worden bij hevige wind of wanneer bepaalde functies of diensten uitvallen.

Door het toepassen van de juiste ontwerpcriteria, procedures en maatregelen zijn de normale omstandigheden waaronder de berging geëxploiteerd wordt, veilig. Zelfs al zou er toch een incident zijn, dan nog komt er wellicht geen radioactiviteit vrij en blijven werknemers, bevolking en leefmilieu beschermd. Zelfs bij aardbevingen of overstro-

mingen is de berging veilig. Het ongeval met de meest verregaande radiologische gevolgen is het neerstorten van een vliegtuig op een bergingsinstallatie in exploitatie. Zelfs voor zo'n extreem ongeval ligt de berekende maximale radiologische impact in de buurt van de blootstellingen door natuurlijke straling.

Reglementair toezicht

Een reglementair toezicht op de veiligheid zal op verscheidene niveaus en door verschillende instanties gebeuren. De Dienst Fysische Controle (DFC) van NIRAS zal instaan voor het toezicht op de algemene veiligheid en de radiologische veiligheid in het bijzonder. Die dienst zal toezicht houden op het respecteren van de vergunningsvoorwaarden van de berging en de toepassing van de arbeidswetgeving. Bovendien zal een erkende instelling op regelmatige basis en systematisch controles uitvoeren onder toezicht van het FANC.

Het noodplan

Voor noodsituaties werkte NIRAS een intern noodplan uit dat de aanpak beschrijft voor als zich een incident of ongeval zou voordoen. Zowel klassieke ongevallen als ongevallen met een radiologisch risico zitten daarin vervat. Het noodplan bepaalt hoe de autoriteiten en andere stakeholders op de hoogte worden gebracht van de aard en omvang van het incident.

Het externe noodplan wordt alleen geactiveerd als er een ernstig incident plaatsvindt. Het Nationaal Crisiscentrum, de provinciebesturen en de gemeenten leiden het externe noodplan in goede banen.

Van elk incident met mogelijke radioactieve risico's wordt een zogenaamde INES-melding (International Nuclear Event Scale) opgesteld. Wereldwijd melden overheden incidenten met een mogelijk radiologisch risico volgens

het INES-systeem, dat de ernst van het incident weergeeft. Bovendien zullen alle andere incidenten, ook de klassieke, aan alle stakeholders worden gemeld.

Op geregelde tijdstippen zullen noodplanoefeningen worden gehouden. Dat doen we om de paraatheid van de organisatie en van het personeel voor het interne noodplan op peil te houden.



*Verschillende instanties zullen
toezien op een veilige bouw en
exploitatie van de berging.*

5



AANGETOOND: VEILIGE EN ROBUUSTE BERGING, OP KORTE EN LANGE TERMIJN

Het concept van de berging is robuust en veilig, zowel op korte als op lange termijn. Om dat aan te tonen, hebben we een internationaal aanvaarde methodologie gebruikt om de veiligheid te beoordelen.

Aangetoond: een veilige berging tijdens de bouw en exploitatie

Zullen de bouw en exploitatie van de bergingsinstallaties veilig verlopen? De risico's werden nauwkeurig in kaart gebracht. De veiligheid

werd niet alleen berekend tijdens de normale operaties, maar ook voor hypothetische situaties van een ongeval of incident, zoals een stroomonderbreking, overstroming of vliegtuigcrash.

Uit die nauwgezette en uitvoerige analyse blijkt dat in geen van die situaties de dosislimieten voor beroepshalve blootgestelde personen overschreden worden. Ook geeft geen enkele gebeurtenis aanleiding tot onaanvaardbare stralingsdosisen voor de bevolking.

Een robuuste berging

Niet alleen de samenstelling van het afval en het ontwerp van de berging zijn cruciaal voor de veiligheid. Ook de kenmerken van de bergingssite zelf spelen een belangrijke rol. Tal van studies, terreinverkenningen en tests werden uitgevoerd om de geologie, klimatologie en de hydro(geo)logie van de bergingssite en de ruimere omgeving te leren kennen.

De capaciteit van de berging om het afval af te zonderen en de radionucliden in te sluiten, zou bedreigd kunnen worden door bijvoorbeeld een aardbeving, het onstabiel worden van de ondergrond of een overstroming. Ook de waterhuishouding in de regio speelt een belangrijke rol voor de

veiligheid. Op lange termijn kan de restactiviteit van de radionucliden immers uitlogen naar het grondwater. Al die effecten werden grondig bestudeerd om aan te tonen dat de impact die ze veroorzaken aanvaardbaar is.

De berging werd zo ontworpen dat ze bestand is tegen extreme weersomstandigheden en incidenten. De berging is bestand tegen aardbevingen. Ze werd zo ontworpen dat het water bij overstromingen nooit hoger komt dan de onderkant van de bergingsinstallaties. Het ontwerp van de dakstructuur houdt verder rekening met een sneeuwlaag van een halve meter, met windstoten die zo sterk zijn dat ze maar eens in de 100 jaar voorkomen, met tor-

nado's die eens in de 10 miljoen jaar voorkomen en met extreme temperaturen.

Zijn de monolieten geschikt voor transport? Blijven ze intact bij een ongeval? Om de duurzaamheid van de monolieten te testen, werd een reeks prototypes ontwikkeld. Die ondergingen een aantal tests. We bestudeerden onder meer de schade aan twee types monolieten als ze van een hoogte van 0,6 tot 6 meter naar beneden vallen. Die valtests hebben aangetoond dat monolieten als transportverpakking gekwalificeerd zouden kunnen worden. De tests toonden ook aan dat de gevolgen van extreme condities, zoals een vliegtuigcrash, beperkt blijven.

Aangetoond: de berging is veilig op lange termijn

Bestudeerde scenario's

Voor de evaluatie van de radiologische veiligheid op lange termijn hebben we vier types scenario's in detail bestudeerd:

- **Scenario's van verwachte evolutie**, waarin de systemen, structuren en componenten (SSC's) van het bergingssysteem hun insluitingsfunctie(s) vervullen zoals voorzien in het veiligheidsconcept. De restactiviteit van radionucliden loopt dan op lange termijn geleidelijk uit naar het grondwater.
- **Scenario's van niet-verwachte maar mogelijke evoluties**, die minder aannemelijk zijn. Daarin beschouwen we verstoringen op de verwachte evolutie. Het bergingssysteem degradeert dan vroeger, sneller of heviger. Dat heeft vooral gevolgen voor de snelheid van uitloging. Enkel in het extreme geval van de crash van een groot passagiersvliegtuig, waarbij een diepe krater kan worden geslagen in een tumulus, is er ook directe blootstelling mogelijk aan het afval in de berging.
- **Intrusiescenario's**, waarin na het stopzetten van de nucleaire reglementaire controle iemand onopzettelijk binnendringt in een bergingsinstallatie. Door de restactiviteit in de berging kan er dan radiologische blootstelling optreden voor de indringer, maar ook voor de naburige bevolking.
- Zogenaamde **penaliserende scenario's** op zeer lange termijn. Na enkele duizenden jaren wordt het onmogelijk om een eendui-

dige beschrijving te maken van een mogelijke evolutie van het bergingssysteem. Dat komt omdat de onzekerheden mettertijd toenemen. Penaliserende scenario's laten toe om een bovengrens te berekenen van de impact op zeer lange termijn, wanneer de performantie van insluiting en afzondering van de berging minimaal is.

Berekende radiologische impact

De berekende radiologische impact voor alle scenario's bevindt zich onder of in de buurt van blootstellingen door natuurlijke bronnen en bestaande blootstellingen. De blootstelling aan ioniserende straling door natuurlijke bronnen is wereldwijd 1 à 13 mSv/jaar en bedraagt gemiddeld 2,4 mSv/jaar. In Vlaanderen is de gemiddelde blootstelling 4,0 mSv/jaar (medische blootstellingen en natuurlijke straling meegerekend, zie ook p. 18).

De radiologische effecten op lange termijn liggen ook telkens onder de reglementaire beoordelingscriteria:

- Voor de *scenario's van verwachte evolutie* is het beoordelingscriterium de reglementaire dosisbeperking van 0,1 mSv/jaar. Die waarde is veel lager dan de dosislimiet voor het publiek van 1 mSv/jaar en is vergelijkbaar met een retourvlucht Brussel-New York.

Dat betekent dat het effect van de berging in de praktijk nauwelijks merkbaar zal zijn.

- Voor de *minder aannemelijke scenario's* stelt het beoordelingscriterium dat het totale radiologische risico lager moet zijn dan een kans van 1 op 100.000 per jaar. Het radiologische risico van een scenario is de combinatie van de radiologische impact, de waarschijnlijkheid dat het scenario gebeurt, en het risico op kanker en genetische effecten per eenheid van radiologische impact. Het totale radiologische risico is de som van de risico's van de verschillende alternatieve scenario's. Het totale geschatte radiologische risico ligt onder de reglementaire risicobeperking.
- Voor *scenario's van onopzettelijk binnendringen* werd de radiologische impact vergeleken met een referentiewaarde van 3 mSv/jaar. Die referentiewaarde is een voor het FANC aanvaardbare grootteorde van de berekende dosis. De radiologische impact ligt onder die referentiewaarde.
- Voor *penaliserende scenario's* werd de radiologische impact eveneens vergeleken met een referentiewaarde van 3 mSv/jaar, zoals gevraagd door het FANC. De radiologische impact is van die grootteorde.

Risico's voor andere organismen

Naast de radiologische impact voor de mens krijgen ook de risico's voor niet-menselijke organismen de nodige aandacht. Berekeningen wijzen uit dat die risico's onder de internationaal voorgestelde referentieniveaus liggen. Zowel de mens als het leefmilieu is dus afdoende beschermd.

De berekeningen tonen dus aan dat de berging ook op lange termijn veilig is. De berging en haar veiligheid zijn bovendien robuust: de veiligheid hangt niet af van één enkele controlemaatregel, één enkele veiligheidsfunctie, één enkele barrière of één enkele administratieve procedure.

De ontwikkeling van de berging: een stapsgewijs proces

Als NIRAS de nodige vergunningen heeft verkregen, starten we met de bouw van de berging volgens het ontwikkelde veiligheidsconcept. Maar ook in de volgende programmastappen blijft de vei-

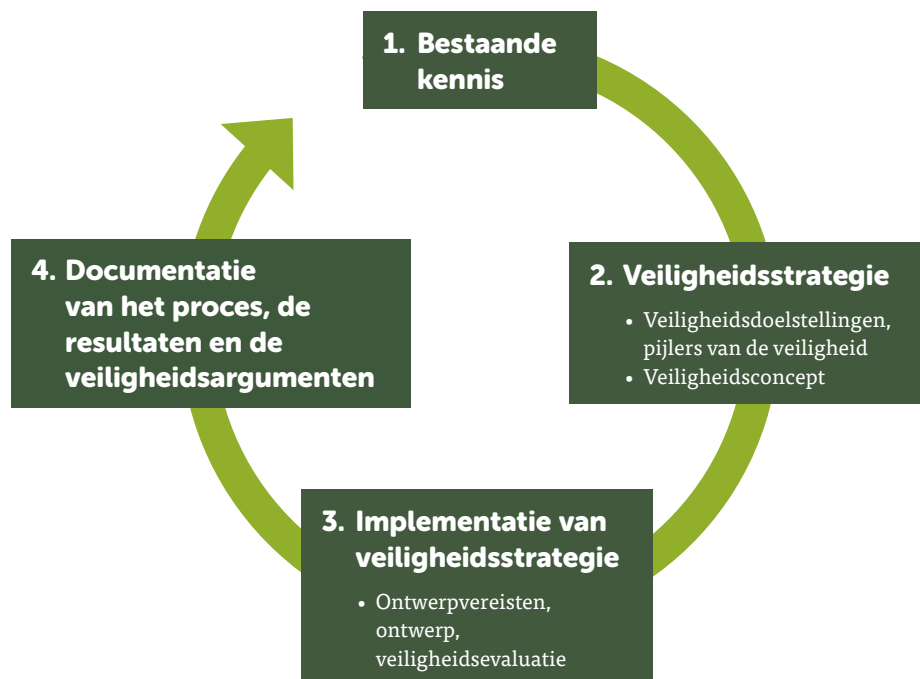
ligheid cruciaal: tijdens de bouw, exploitatie, sluiting en controle. In al die levensfasen wordt het proces van ontwerpen, implementeren, evalueren, documenteren en aanpassen nog verschillende keren doorlopen. Die zogenaamde iteratieve veiligheidsbenadering helpt om tijdens al die levensfasen te blijven focussen op de veiligheid, maar het bergingsprogramma toch aan te passen als veranderende randvoorwaarden (zoals wettelijke vereisten) dat vragen.

Uiteindelijk zal die iteratieve veiligheidsbenadering leiden tot een berging die aan alle veiligheidsdoelstellingen en pijlers van de veiligheid beantwoordt.

Permanent onderzoek is nodig in alle levensfasen van de berging

Om het inzicht in het bergingssysteem en zijn omgeving te verbeteren, hebben we al een aantal proefopstellingen opgezet. Zo las u al over de demonstratieproef, de zettingsproef en de proefafdekking.

Om de prestatie en veiligheid van de berging verder te onderbouwen en zo mogelijk te verhogen, zullen we bepaalde elementen verder onderzoeken, ontwikkelen en demonstreren. Voor een aantal topics zijn we al bezig met verder onderzoek. Andere onderzoeksthema's zijn opgenomen in een meerjarenprogramma voor onderzoek en ontwikkeling.



Figuur 9. Schematische voorstelling van de veiligheidsbenadering

De veiligheid beoordelen met veiligheidsevaluaties

Aan de hand van veiligheidsevaluaties brengen we de radiologische gevolgen van de berging systematisch in kaart.

Nadat het bergingssysteem volledig ontworpen was, hebben we de veiligheid systematisch geëvalueerd. Hoe zal het bergingssysteem zich op lange termijn gedragen? Eerst hebben we een gedetailleerde, wetenschappelijk onderbouwde beschrijving gemaakt van de verwachte evolutie van het bergingssysteem. Ook hebben we de effecten van mogelijke verstoringen op die verwachte evolutie in kaart gebracht.

Vervolgens berekenden we de radiologische impact, rekening houdend met de belangrijkste barrières en veiligheidsfuncties. Wetenschappers hebben computermodellen ontwikkeld om het gedrag van het bergingssysteem op lange termijn na te bootsen.

Die modellen helpen om verschillende scenario's (hypothetische situaties) te verkennen. Wat gebeurt er bijvoorbeeld als de restactiviteit van de radionucliden na de sluiting van de berging op lange termijn geleidelijk uitloopt naar het grondwater, zoals we verwachten? Of als ze sneller dan verwacht uitloopt? Of wat als iemand na het stopzetten van de nucleaire reglementaire controle onopzettelijk een bergingsinstallatie binnendringt?

Ook zijn er modellen waarmee de verspreiding van radionucliden in de omgeving van de berging wordt gesimuleerd: eerst in het grondwater, vervolgens in het leefmilieu. Zo hebben we voor alle scenario's berekend hoe groot de menselijke blootstelling zou zijn. De berekende blootstelling werd nadien vergeleken met de reglementaire beoordelingscriteria.

Hoe kwam het oppervlakte-bergingsproject tot stand?

Het oppervlaktebergingsproject voor laag- en middelactief kortlevend afval (categorie A-afval) in Dessel kwam er niet van vandaag op morgen. Het is het resultaat van een uniek samenwerkingsmodel tussen NIRAS en de lokale bevolking, vertegenwoordigd door de partnerschappen STORA en MONA.

In 1998 vroeg de federale regering aan NIRAS om een definitieve oplossing uit te werken voor al het categorie A-afval in ons land, in samenspraak met de lokale bevolking van een eventuele bergingslocatie. Onder meer de gemeenten Dessel en Mol waren bereid om het idee van een berging op hun grondgebied te bestuderen. Om dat proces in goede banen te leiden, richtte NIRAS samen met hen de lokale partnerschappen STORA (1999) en MONA (2000) op.

Elk partnerschap kreeg de opdracht een geïntegreerd voorontwerp te ontwikkelen: een ontwerp van een bergingsinstallatie op eigen grondgebied, samen met een pakket aan voorwaarden die van het project een gedragen totaaloplossing zouden maken. In 2005 keurden de gemeenteraden van Dessel en Mol de voorontwerpen van hun partnerschappen goed. Daarna was de federale regering aan zet, die een jaar later de knoop doorhakke: de oppervlakteberging zou in Dessel komen, op een terrein dat grenst aan de gemeente Mol.

NIRAS kreeg daarop de opdracht om het bergingsproject van a tot z uit te werken in nauw overleg met STORA en MONA. Beide partnerschappen volgen sindsdien niet alleen het technische ontwerp van de berging op, samen met NIRAS zorgen ze er ook voor dat hun voorwaarden uitgroeien tot projecten met een tastbare meerwaarde voor de regio.

De filosofie van het project

Het langetermijnbeheer van radioactief afval is een uitdaging die de hele Belgische bevolking aangaat. Door mee hun schouders te zetten onder een definitieve oplossing voor het categorie A-afval in ons land, bieden de gemeenten Dessel en Mol dus een antwoord op een algemeen maatschappelijk vraagstuk.

Het is niet meer dan billijk dat tegenover dat maatschappelijke engagement ook baten staan voor de inwoners van Dessel, Mol en omstreken. De lokale bevolking verbond dan ook voorwaarden aan de komst van de oppervlakteberging. In de eerste plaats op het vlak van veiligheid: de berging moet veilig zijn, robuust en aan de strengste kwaliteitseisen beantwoorden. Daarnaast moet het bergingsproject een tastbare sociale en economische meerwaarde opleveren voor de regio. Vandaag, maar ook in een verre toekomst. Initiatieven als een eeuwigdurend fonds dat generaties Desselaars en Mollenaars ten goede zal komen (het Lokaal Fonds), een grootschalig gezondheidsonderzoek in de streek (de 3xG-studie) en een veelzijdig bezoekerscentrum (Tablo) moeten die meerwaarde helpen realiseren.

Zowel de maatschappelijke initiatieven als het technische concept van de berging kwamen tot stand in nauwe samenwerking met de lokale partnerschappen STORA en MONA. Samen met NIRAS maken zij van het oppervlaktebergingsproject een geïntegreerd project. Het technische en het maatschappelijke luik zijn daarbij onlosmakelijk met elkaar verbonden. De achterliggende filosofie? Zelfs de sterkste technische oplossing kan niet zonder een maatschappelijk draagvlak.

Meerwaardeprojecten voor de regio

De lokale bevolking van Dessel en Mol stelde voorwaarden om de oppervlakteberging voor categorie A-afval (laag- en middelactief kortlevend afval) op hun grondgebied te aanvaarden. Samen met de partnerschappen STORA en MONA werkte NIRAS die voorwaarden uit tot sociaal-economische meerwaardeprojecten. Het gaat om initiatieven die bijdragen tot het welzijn en de welvaart in de regio, zowel vandaag als in de toekomst.

Bezoekerscentrum Tabloo

Aan de rand van de oppervlaktebergingssite komt het bezoekerscentrum Tabloo: een centrum over radioactiviteit en radioactief afval met onder meer een interactieve expo, workshops en een labo. Tabloo heeft met zijn theaterzaal, polyvalente ruimtes, café-restaurant en evenementenweide bovendien heel wat troeven in huis voor de lokale gemeenschap.

3xG-studie

De 3xG-studie (Gezondheid – Gemeenten – Geboorten) is een grootschalige gezondheidsstudie die de impact onderzoekt van leefmilieu, levensstijl en leefgewoonten op de gezondheid van zo'n 300 kinderen en hun moeders uit Dessel, Mol en Retie. De studie vergelijkt ook om de vijf jaar de ziekte- en sterftcijfers in de regio met de gemiddelden in Vlaanderen.

Lokaal Fonds

Het Lokaal Fonds is een eeuwigdurend fonds waar generaties Desselaars en Mollenaars de vruchten van zullen plukken. Het fonds krijgt een

startkapitaal van 110 miljoen euro. Dat geld wordt belegd. Met de opbrengsten zullen eeuwenlang projecten en activiteiten worden ondersteund die de lokale bevolking ten goede komen.

Behoud van nucleaire knowhow en lokale tewerkstelling

Zowel de bouw als de exploitatie van de oppervlaktebergingsinstallatie leveren tientallen banen op. Bij Belgoprocess, de industriële dochteronderneming van NIRAS, werken ongeveer 400 mensen. Daarnaast leveren de activiteiten van NIRAS ook heel wat banen op bij het Studiecentrum voor Kernenergie (SCK•CEN). Om ook in de toekomst het radioactieve afval veilig te kunnen blijven beheren, is het belangrijk de nucleaire expertise in de regio te koesteren en waar mogelijk te versterken.

Natuurbeheer

Rondom de bergingsinstallatie bezit NIRAS een groot terrein dat onbebouwd blijft. Op dat uitgestrekte terrein willen we de natuur alle kansen geven. Dat doen we onder meer door de oorspronkelijke heide te herstellen en door poelen aan te leggen. De bomen die moesten verdwijnen voor de bergingssite compenseren we even verderop aan het natuurgebied Den Diel in Dessel.

Noodplanning

STORA, MONA en NIRAS doen inspanningen om de lokale nucleaire noodplanning verder te optimaliseren. Hiervoor onderhouden we contacten met de bevoegde instanties en kaarten we lokale bekommernissen aan.

Meer weten? Surf naar www.niras.be.



In de 3xG-studie worden zo'n driehonderd kinderen opgevolgd vanaf hun geboorte tot ze 18 jaar oud zijn.

Gemeenten en regio: deel van het project

Partnerschappen STORA en MONA

Inspraak en participatie vormen een rode draad doorheen het hele oppervlaktebergingsproject. De lokale bevolking van Dessel en Mol werd van bij het begin intensief betrokken bij het project, daarbij vertegenwoordigd door de partnerschappen STORA en MONA. De partnerschappen zijn samenwerkingsverbanden tussen NIRAS en beide gemeenten. Zij kregen niet alleen inspraak in het ontwerp van de

berging, ze zetten ook hun schouders onder de technische en de maatschappelijke aspecten van het project.

Aangezien de partnerschappen de stem van de lokale gemeenschap vertolken, spelen ze ook een kritische rol. Ze volgen het bergingsproject van nabij op en zorgen ervoor dat er rekening gehouden wordt met de bezorgdheden van de inwoners van Dessel en Mol.



