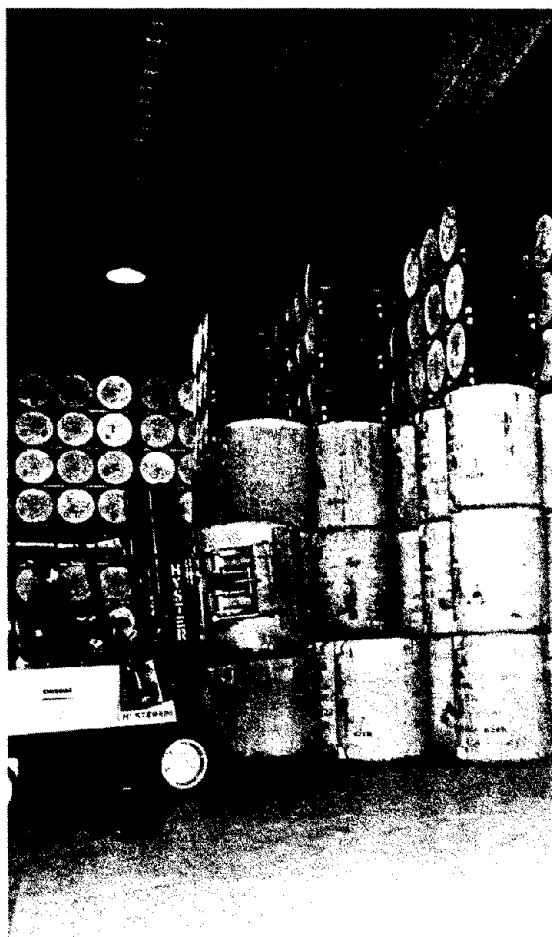


Het stapelen van vaten met geperst radioactief afval in de Covra-opslagloods voor laag- en middelactief afval.



Hoewel relatief klein in omvang, is radioactief afval een zorg voor de maatschappij. In Nederland is dit afval speciaal een zorg voor de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval Covra, die zijn loodsen sinds enige tijd in het Zeeuwse Borsele heeft staan. De komende vijftig tot honderd jaar zal alle radioactieve afval uit de Nederlandse kerncentrales, ziekenhuizen, laboratoria en industrie daar worden verwerkt en bovengronds worden opgeslagen.

Radioactief afval bestaat uit de afvalprodukten die ontstaan bij het werken met radioactieve stoffen en die door deze werkzaamheden radioactief zijn geworden. Het ontstaan van dit afval is dus inherent aan een moeilijk meer weg te denken gebruik van radioactieve stoffen in de huidige maatschappij.

Waar met deze stoffen wordt gewerkt ontstaat radioactief afval en dat is in Nederland op zo'n 300 plaatsen. De producenten van dit afval zijn ziekenhuizen, universiteiten, industrieën, onderzoekinstellingen, overheidsinstellingen en de twee kernenergiecentrales te Dodewaard en Borsele (het dorp).

In 1993 is een tussenfase voor het Nederlandse radioactief afval afgesloten en een

## Radioactief afval een eeuw onderdak

nieuwe fase ingetreden. Aan de interim-opslag in Petten, op het ECN-terrein, is in 1993 een einde gekomen. Met precies 500 transporten zijn de 16 472 vaten met in beton verpakt radioactief afval naar de nieuwe opslag in het Zeeuwse Borsele (de gemeente) gebracht. Een opslag die is bedoeld voor vijftig tot honderd jaar, en dus ook 'tijdelijk' is.

### Herkomst

De totale hoeveelheid radioactief afval die in Nederland ontstaat is klein in vergelijking met alle andere afvalstromen, zoals van verontreinigde baggerspecie, mestoverschotten, bouw- en sloopafval, chemisch afval, slak uit de verbranding van huishoudelijk en industrieel afval, vliegias, enz. In totaal produceren wij in Nederland meer dan 100 miljoen ton afval per jaar, het aandeel radioactief afval omvat in verwerkte vorm momenteel circa 2000 ton.

De bewustwording van preventiemaatregelen en de economische drijfveer hebben in de afgelopen vijf jaar de jaarlijkse productie van dit afval ongeveer gehalveerd.

In figuur 1 is een overzicht gegeven van de aantallen vaten met onverwerkt radioactief afval die zijn ingezameld sinds 1985.

Het afval wordt onderverdeeld in twee hoofdgroepen:

- laag- en middelradioactief afval
- hoogradioactief afval.

Voor de samenstelling van beide hoofdgroepen zie tabel A.

Het laag- en middelradioactief afval kan zonder afstandbediening worden behandeld en betreft in het algemeen materialen met een oppervlakedosis tempo dat kleiner is dan 2 millisievert per uur. Hogere dosistemporen komen incidenteel voor, maar deze zijn nimmer hoger dan 10 mSv/uur. Ter vergelijking: de beroepsmatige blootstelling van de ongeveer 30 000 radiologische werkers in Nederland bedraagt gemiddeld 0,5 mSv/jaar, de maximale jaardosis voor hen is 50 mSv.

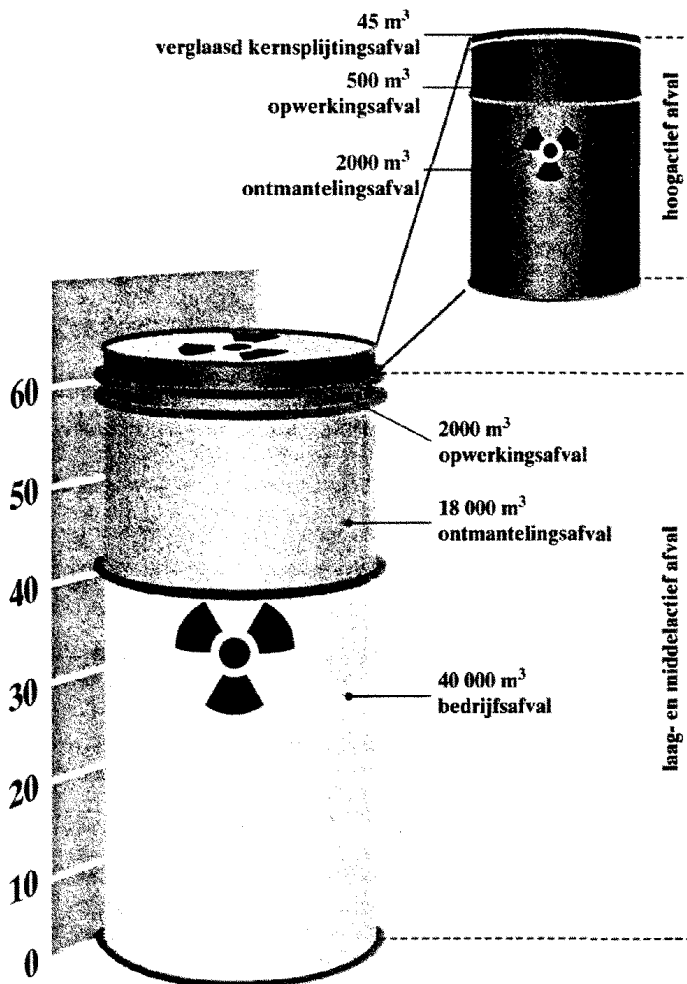
De samenstelling van dit afval is zeer gevarieerd. Het bestaat uit wegwerphandschoenen, laboratorium-glaswerk, tissues, plastic folie, kadavers, filters, bezinksels, vloeistoffen, metalen pijpen en vaten, enz. Het afval wordt onderverdeeld naar de manier van verwerking: vast, persbaar afval; vloeibaar afval; proefdier-kadavers; telpotjes; bronnen; met cement afgebonden concentraten, slib en slurries; diversen.

Het hoogradioactief afval bestaat uit materialen die met afstandbediening moeten worden gehanteerd.

Dr. H.D.K. Codée  
Adjunct-directeur  
Centrale Organisatie  
Voor Radioactief Afval nv.

foto's: Covra

## 1 Opgehaalde vaten



Voor de Nederlandse situatie bestaat dit vrijwel uitsluitend uit afval afkomstig van de opwerking van de splijtstofelementen van de kernenergiecentrales. Ook het hoogradioactief afval kan in subgroepen worden verdeeld:

- warmteproducerend hoogradioactief afval;
- niet-warmteproducerend hoogradioactief afval.

Tot het warmteproducerend hoogradioactief afval behoort het in een glasmatrix verwerkte kernsplijtingsafval, dat kortweg ook wel KSA wordt genoemd. De activiteit in dit afval produceert per verpakking van ongeveer 175 liter maximaal 2 kW.

In de toekomst zal ook niet-warmteproducerend hoogradioactief afval ontstaan bij de ontmanteling van kernreactoren.

De totale hoeveelheid laag-, middel- en hoogradioactief afval die gedurende de komende honderd jaar zal ontstaan, bij een gelijkblijvende productie wordt geschat op 62 545 m³. In figuur 2 is de opbouw van deze hoeveelheid schematisch weergegeven. Uitbreiding van het aantal kernenergiecentrales en eventueel aanbod van afval uit de niet-nucleaire industrie (dit is afval dat door bedrijfsprocessen een concentrering van natuurlijke radioactiviteit laat zien, zoals bij olieboringen of fosfaaertsverwerking) zouden deze totale hoeveelheid kunnen vergroten.

### Nederlands beleid

Alle stoffen op aarde, dus ook afvalstoffen, bevatten ten minste enige radioactiviteit. Een afvalstof wordt echter slechts als radioactief aangemerkt wanneer de stof meer dan 100 Bq per gram bevat.

Het werken met deze stoffen vereist in Nederland een vergunning op grond van de Kernenergiewet, die is ingebed in het raamwerk van de Algemene Wet milieubeheer. Vergunninghouders kunnen zich alleen ontdoen van radioactief afval door dit af te geven aan een door de overheid erkende instantie. Als zodanig is alleen de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (Covra) erkend.

Toezicht op de naleving van de Kernenergiewet wordt voornamelijk gedaan door de Hoofinspectie Milieuhygiëne van het ministerie van VROM en door de Kernfysische Dienst, die valt onder Sociale Zaken en Werkgelegenheid.

Voor de verwerking heeft de regering in 1984 het lange-termijnbeleid voor het afval in overleg met de Tweede Kamer vastgelegd. Kort samengevat komt dit beleid neer op het volgende:

- Er moet worden voorkomen dat radioactief afval ongecontroleerd in het milieu komt. Dit betekent Isoleren, Beheersen en Controleren (IBC-hoofduitgangspunten).
- Omdat in Nederland slechts weinig radioactief afval wordt geproduceerd en omdat dit afval een specialistische zorg van de milieu- en arbeids-hygiënische aspecten vergt, is uit kwaliteitsoogpunt één centrale faciliteit voor inzameling, verwerking en opslag gewenst. Daarnaast heeft een centrale faciliteit ook om financiële redenen (kostenbesparing) de voorkeur.
- De faciliteit moet alle categorieën radioactief afval gedurende vijftig tot honderd jaar kunnen opslaan. Een dergelijke opslag is op milieu-hygiënisch verantwoorde manier uit te voeren.
- Covra moet deze taken op zich nemen.
- Te zijner tijd kan worden bekeken of voor het dan nog radioactieve deel van het afval definitieve eindopberging in eigen land zal moeten plaatsvinden.

## A Radionucliden

nuclide	halveringstijd	% van de activiteit
<b>laag- en middelactief afval</b>		
H-3	12,35 jaar	78%
Co-60	5,27 jaar	13%
Cs-137	30,00 jaar	4%
Co-58	71 dagen	<1
Fe-55	2,70 jaar	<1
I-125	60 dagen	<1
Ir-192	74 dagen	<1
Mn-54	313 dagen	<1
Ni-63	96,00 jaar	<1
Pm-147	2,62 jaar	<1
S-35	87 dagen	<1
<b>hoogactief afval</b>		
Cs-137/Ba-137	30,00 jaar	40%
Sr-90/Y-90	29,12 jaar	20%
Ru-106/Rh-106	368 dagen	15%
Cs-134	2,06 jaar	10%
Pm-147	2,62 jaar	5%
Ce-144	284 dagen	1%
Eu-154	8,80 jaar	1%

Overzicht van de belangrijkste radioactieve stoffen in het afval.

## Activiteit en dosis

Bij radioactieve stoffen rekent men tegenwoordig met de volgende grootheden:

- **Dosis:** geabsorbeerde energie per kilogram weefsel of materiaal, uitgedrukt in gray. Gy. Eén gray komt overeen met 1 joule geabsorbeerde energie per kilogram.
- **Dosisequivalent:** de totale dosis, gewogen naar de biologische effecten van elke radioactieve stof, uitgedrukt in sievert, Sv. Eén sievert komt overeen met 1 joule geabsorbeerde energie per kilogram weefsel.
- **Volgdosisequivalent:** totale dosisequivalent na inname van een hoeveelheid stof, in Sv.

- **Effectief dosisequivalent:** totale dosisequivalent over alle organen, gewogen naar de stralingsgevoeligheid van de verschillende organen, in Sv.
- **Activiteit van een stof:** het aantal spontane atoomkernmutaties in de stof per tijdseenheid, uitgedrukt in becquerel, Bq. Eén becquerel komt overeen met het verval van één atoom per seconde. Vroeger werden vaak de eenheden curie (Ci,  $1 \text{ Ci} = 37 \times 10^9 \text{ Bq}$ ) en rem ( $1 \text{ rem} = 0,01 \text{ Sv}$ ) gebruikt.

den of dat inmiddels mogelijkheden aanwezig zijn tot eindopberging elders in de wereld. Voor de realisatie van dit lange-termijnbeleid heeft Covra een centrale faciliteit voor radioactief afval gerealiseerd op het Haven- en Industriegebied Vlissingen-Oost in de gemeente Borsele.

### Covra

Covra nv is in 1982 opgericht op initiatief van de rijksoverheid. Aandeelhouders zijn de belangrijkste producenten van radioactief afval (EPZ, GKN en ECN) met ieder 30% aandelen en de overheid 10%.

In de statuten is als doelstelling opgenomen: 'blijvend en bedrijfsmatig te voorzien in de zorg voor alle aangeboden radioactief afval'. Bij de praktische uitvoering daarvan moet binnen de grenzen van het regeringsbeleid worden gehandeld

De zorg die Covra op zich neemt na overdracht door de producent betreft alle milieuhygiënische aspecten van het afval. Hiertoe behoren:

- eigendomsverantwoordelijkheid

voor het overgedragen radioactieve afval:

- transport ervan van de leverancier naar de verwerkingsinstallatie;
- verwerking van het laag- en middelradioactief afval;
- opslag van alle soorten afval in de opslaggebouwen;
- bewaking van het opgeslagen afval en de taak ervoor zorg te dragen dat het verpakte afval geen besmetting kan veroorzaken.

### De faciliteiten

Op het Covra-terrein in de gemeente Borsele zijn de verwerkings- en opslaghandelingen van alle soorten Nederlands radioactief afval samengevoegd. Op dit terrein zijn aanwezig: een kantoor- en voorlichtingsgebouw, een gebouw waar laag- en middelradioactief afval zal worden behandeld en opslagloodsen voor dit verwerkte afval.

Omdat op het beschikbare terrein alle radioactief afval dat de komende honderd jaar zal ontstaan moet kunnen worden opgeslagen zijn mogelijkheden voor uitbreiding voorzien. Naast nieuwe loodsen voor verwerkt laag- en middelradioactief afval zal in de toekomst een gebouw worden gebouwd voor de verpakking en de opslag van hoogradioactief afval.

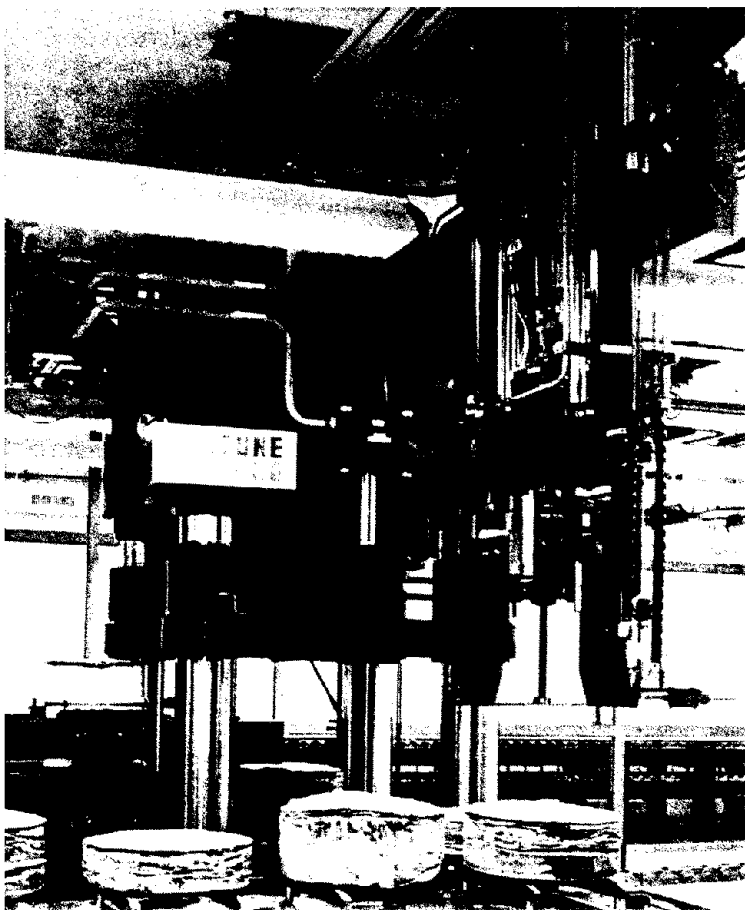
### Verwerking

Voor de verschillende afvalsoorten levert Covra verschillende soorten vaten, die, gevuld, door vrachtwagens worden opgehaald bij de producenten. Al dit afval moet voor langjarige bovengrondse opslag in beton worden verpakt, zodat ongecontroleerde verspreiding van radioactiviteit wordt voorkomen en dus de volksgezondheid en het milieu niet in gevaar worden gebracht.

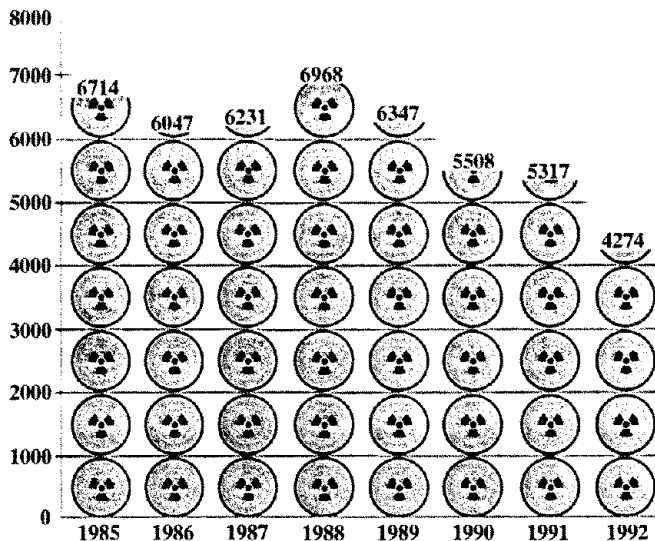
Bij de verwerking wordt naar een optimalisatie gestreefd van de uiteindelijke hoeveelheden geconditioneerd en verpakt afval. Hierbij speelt de dosis door de verwerking een belangrijke rol, maar ook het dosistempo van de uiteindelijke verpakking, de eventuele emissies en de hoeveelheid secundair afval.

De verwerking van het afval vindt plaats in het afvalverwerkingsgebouw (AVG). Dit gebouw bestaat uit een brede gang waar aan beide zijden aparte ruimten zijn gesitueerd voor hetzij tijdelijke opslag van de diverse soorten nog te verwerken afval, hetzij voor de verschillende manieren van verwerking. De verwerkingsgedeelten van deze ruimten staan onder overdruk als extra maatregel tegen omgevingsbesmetting.

De binnenkomende vaten met laag- en middelactief afval worden onder een druk van 1500 ton samengeperst en vervolgens met enkele schijven tegelijk in cement gegoten.



## 2 Afval van een eeuw



De cumulatieve hoeveelheid radioactief afval na 100 jaar, bij gelijkblijvende afvalproductie.

Voor de verwerking van de verschillende afvalsoorten zijn verschillende installaties aanwezig.

### Hoge-drukpers

Vast afval in stalen 100-liter vaten wordt onder hoge druk (met een eindbelasting op het afvalvat van 1500 ton) geperst tot schijven die daarna in cement worden verpakt in 200-liter vaten. Eventueel bij het persen vrijkomende vloeistoffen worden in een vloeistoftank verzameld. De radioactieve vloeistof wordt afgevoerd en gereinigd. De capaciteit van de persinstallatie is ongeveer tien vaten per uur.

### Scheiden

In het scheidingsstelsel voor vloeistoffen vindt de behandeling plaats van anorganische vloeistoffen, organische vloeistoffen en mengvloeistoffen en de vloeibare componenten van telpotjes (met of zonder inhoud). De telpotjes worden eerst in een afzonderlijke crusher vermalen, waarna de vaste en vloeibare stoffen worden gescheiden.

Van alle ingezamelde vloeistoffen wordt in een scheidingsvat de organische fractie afgescheiden, eventueel onder toevoeging van keukenzout. De organische fractie wordt in 600-liter vaten verzameld in afwachting van nadere analyse en verbranding. De anorganische fractie wordt per leiding afgevoerd naar de opslagtanks van het waterreinigingssysteem.

### Oven voor organische vloeistoffen

Voor de milieutechnisch verantwoorde verbranding van de organische vloeistoffen is een speciale oven geïnstalleerd. De verbrandingstemperatuur van circa 1300 °C garandeert de veilige verbranding van moeilijk af te breken componenten, bijvoorbeeld chloor- en fluorhoudende koolwaterstoffen. De rookgassen worden gereinigd in een gecombineerd nat en droog reinigingssysteem. Natte rookgasreiniging gebeurt met een schrikvat en een waskolom, waarin voornamelijk HCl, HF en

SO<sub>2</sub> worden uitgewassen met licht basisch waswater met pH 8-10. In het droge reinigingssysteem wordt ten slotte het rookgas gereinigd met behulp van filtersystemen. De oveninstallatie heeft een capaciteit van veertig liter per uur.

### Oven voor kadavers

In deze speciaal ontworpen oven wordt per verbrandingscyclus telkens één 60-liter vat met diepgevroren kadavers verbrand. Er wordt gebruik gemaakt van de luchttoevoer-eenheid en het rookgasreinigingssysteem van de organische vloeistofoven. De ovens kunnen dus niet tegelijk in werking zijn. De oven wordt bedreven bij een temperatuur van 850-1000 °C. Gevormde as wordt via een sluis afgevoerd in een 100-liter vat. De capaciteit van de oven is zestig kilogram per uur.

### Verschroten

Afval dat qua afmeting niet meteen geschikt is om te worden geperst wordt in een schrootcel tot kleinere afmeting gereduceerd door zagen, knippen, snijden, buigen of voorspersen met behulp van een balenpers. Hierna kan het worden geperst in de hoge-drukpers of meteen in beton worden verpakt. In de schrootcel worden de werkzaamheden in drukpak uitgevoerd omdat met open radioactiviteit wordt gewerkt.

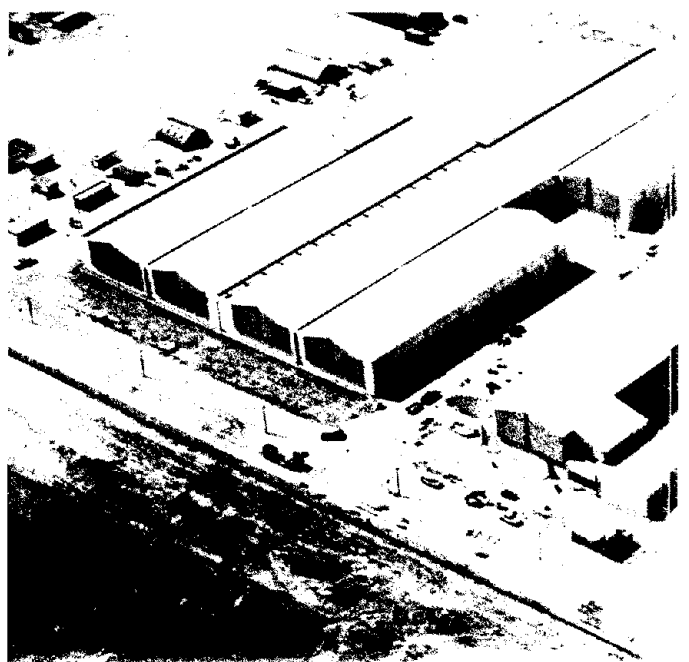
### Cementeerinstallatie

As afkomstig uit de verbrandingsovens wordt in 100-liter vaten geïmmobiliseerd door toevoeging van cement. Het as/cement-mengsel wordt in de hoge-drukpers samengeperst en verder verpakt. Verder worden hier radioactieve bronnen, niet-persbare verschrotte stukgoederen en de 100-liter vaten met slib uit het waterreinigingssysteem in beton verpakt.

### Waterbehandeling

De te behandelen afvalwaterstromen zijn onder andere de waterige fracties van aangeboden radioactieve mengvloeistoffen, de spuitvloeistoffen van de gaswaskolommen van de verbrandingsovens, wasserijwater en vloerwater. Het behandelingssysteem bestaat uit gedeelten voor de opslag van afvalwater, voor reiniging van het afvalwater en een lozingsgedeelte.

De opslag bestaat uit een aantal tanks en pompen voor de opslag en het transport van afvalwater.



## Tijdelijk... en daarna?

Al enige jaren loopt in Nederland een onderzoek naar de mogelijkheden van definitieve 'eindberging' van radioactief afval in de ondergrond, die de tijdelijke opslag in Borsele over vijftig tot honderd jaar zal moeten aanvullen. In dit OPLA-onderzoekprogramma (OPberging te LAnd) is met name gekeken naar de geschiktheid van zoutkoepels voor opslag.

Tot dusverre luidt de conclusie uit het onderzoek, waartoe onder meer experimenten met bestraald zout en risicoanalyses behoren, dat er geen redenen zijn te veronderstellen dat opslag in zoutkoepels op termijn tot grote risico's voor de volksgezondheid en het milieu leidt. Overigens wordt deze conclusie door sommige onderzoekers buiten het programma bestreden.

De tweede fase van OPLA, waarbij veldverkenningen bij Nederlandse zoutkoepels zouden worden verricht, wordt voorlopig niet ten uitvoer gebracht. Ten eerste is de maatschappelijke tegenstand tegen proefboringen voor verkenning van de ondergrond groot, maar ten tweede

heeft recent onderzoek uitgewezen dat dergelijk veldonderzoek nauwelijks extra informatie zal opleveren.

Het onderzoek richt zich nu op een ander facet van eindberging, namelijk de 'terughaalbaarheid' van het afval. In mei 1993 heeft het kabinet namelijk, conform het Milieubeleidsplan uit 1989, een standpunt ingenomen voor de geschiktheid van de diepe ondergrond voor eindberging van hoog-toxisch afval:

- verdergaande preventie en hergebruik van afvalstoffen moeten eerste prioriteit hebben;
- wanneer er dan toch nog behoefte blijft bestaan aan berging in de diepe ondergrond, dan moet het geborgen afval weer terugneembaar zijn, zodat in de toekomst eventuele nieuwe technologie voor hergebruik of verwerking op het afval kan worden toegepast.

(Red)

Soorten afvalwater die chemisch of radiochemisch sterk van elkaar verschillen, worden zo veel mogelijk gescheiden opgeslagen.

Het reinigingsgedeelte zorgt voor het precipiteren (neerslaan) van radionucliden met geschikte reagentia, gevolgd door afscheiding en indikking van de gevormde vaste stof. Het reinigingsgedeelte bestaat uit een reactor, een decantercentrifuge waar de afscheiding van het neerslag plaatsvindt, gevolgd door een microfiltratie-eenheid voor de laatste verontreinigingen.

Het lozingsgedeelte bestaat uit twee neutralisatietanks en één lozingstank. Na elke reinigingscampagne worden de gevulde neutralisatietanks bemonsterd. Als uit analyse blijkt dat het behandelde water voldoet aan de lozingsvoorschriften, volgt overpompen naar de lozingstank. Zo niet, dan wordt het water opnieuw gereinigd.

Het slib dat ontstaat in de reinigingstrap wordt geïmmobiliseerd met behulp van cement in 100-liter vaten. Na de uithardingsperiode worden de 100-liter vaten in lege,

van een voorgestorte bodem voorziene 200-liter vaten afgevoerd naar de cementinstallatie voor verpakking in beton.

### Opslag

#### Laag- en middelradioactief

Het in beton verpakte afval wordt opgeslagen in een complex van drie loodsen, die zijn gekoppeld door een centrale ontvangsthal: het Laag- en middelradioactief Opslag Gebouw (LOG). Vrachtwagens voeren in de ontvangsthal het verwerkte radioactieve afval aan. Het betonnen complex zal het verpakte afval de komende honderd jaar herbergen onder voortdurende controle, zodat de radioactieve stoffen niet in het leefmilieu terecht komen.

Er worden stapels gemaakt van vier vaten breed, met gangpaden tussen deze stapels, zodat het afval kan worden geïnspecteerd. Gegevens over inhoud en plaats van de vaten worden nauwkeurig geadmistreerd.

Eén van de drie loodsen is nu al gevuld met het afval dat sinds 1982 is geproduceerd. De tweede is inmiddels in gebruik genomen, de derde loods dient nu voornamelijk voor opslag van lege vaten.

#### Hoogradioactief

Hoogradioactief afval is vrijwel uitsluitend afkomstig van de opwerking van bestraalde splijtstofelementen. Dit afval is momenteel niet aanwezig in Nederland, omdat de opwerking voor de elementen van Dodewaard in het Verenigd Koninkrijk plaatsvinden en voor de elementen van Borsele in Frankrijk. Dit hoogactief opwerkingsafval zal op z'n vroegst in 2000 naar Nederland worden teruggezonden. Op dit moment wordt door Covra bekeken of de oorspronkelijk geplande en vergunde gebouwen moeten worden aangepast aan de huidige inzichten betreffende afvalhoeveelheden en ervaringen in het buitenland met opslag van deze afvalsoort. Eventueel gewenste wijzigingen kunnen leiden tot een nieuwe vergunningprocedure. ■

Overzichtsfoto van het Covra-terrein in Borsele, waar nog plaats is voor nieuwbouw. Nieuwe loodsen zullen er andere worden gebouwd voor de verwerking en opslag van hoogactief afval, het restprodukt van opgewerkte splijtstof dat na 2000 naar Nederland wordt teruggestuurd.

