Analyse, inform and activate

LAKA

Analyseren, informeren, en activeren

Stichting Laka: Documentatie- en onderzoekscentrum kernenergie

De Laka-bibliotheek

Dit is een pdf van één van de publicaties in de bibliotheek van Stichting Laka, het in Amsterdam gevestigde documentatie- en onderzoekscentrum kernenergie.

Laka heeft een bibliotheek met ongeveer 8000 boeken (waarvan een gedeelte dus ook als pdf), duizenden kranten- en tijdschriften-artikelen, honderden tijdschriftentitels, posters, video's en ander beeldmateriaal. Laka digitaliseert (oude) tijdschriften en boeken uit de internationale antikernenergie-beweging.

De catalogus van de Laka-bibliotheek staat op onze site. De collectie bevat een grote verzameling gedigitaliseerde tijdschriften uit de Nederlandse antikernenergie-beweging en een verzameling video's.

Laka speelt met oa. haar informatie-voorziening een belangrijke rol in de Nederlandse anti-kernenergiebeweging.

The Laka-library

This is a PDF from one of the publications from the library of the Laka Foundation; the Amsterdam-based documentation and research centre on nuclear energy.

The Laka library consists of about 8,000 books (of which a part is available as PDF), thousands of newspaper clippings, hundreds of magazines, posters, video's and other material.
Laka digitizes books and magazines from the international movement against nuclear power.

The catalogue of the Laka-library can be found at our website. The collection also contains a large number of digitized magazines from the Dutch anti-nuclear power movement and a video-section.

Laka plays with, amongst others things, its information services, an important role in the Dutch anti-nuclear movement.

Appreciate our work? Feel free to make a small donation. Thank you.

www.laka.org | info@laka.org | Ketelhuisplein 43, 1054 RD Amsterdam | 020-6168294

radio actief afval in zoutkoepels

Collectie Stichting Laka
www.laka.org
Gedigitaliseerd 202

R A D I O A K T I E F A F V A L

I N Z O U T K O E P E L S ?

Eindredaktie

Herman Damveld
Roelof Kramer
Gedo Kuiper

Maart 1978, Groningen

INLEIDING

In januari 1978 heeft een groep studenten zich beziggehouden met problemen in verband met kernenergie en radioaktief afval. Dit gebeurde in het kader van het onderwijs in Wetenschap en Samenleving aan de Rijks-Universiteit in Groningen; de begeleiders waren Klarisse Nienhuys (wetenschappelijk mede-werkster) en Sjerp Zeldenrust (student-assistent).
De deelnemers hebben afzonderlijk of in een subgroep een bepaald onderwerp bestudeerd en daar een stuk over geschreven. Die stukken zijn opgenomen in deze brochure. Alle artikelen gaan over kernenergie en kernafval. Maar het is niet zo dat de groep heeft gewerkt vanuit één centrale probleemstelling. De artikelen vormen dan ook geen eenheid en kunnen ook los van elkaar gelezen worden. De bijdrage van een ieder blijft herkenbaar. Zo hebben we niet geprobeerd ons allemaal dezelfde schrijfstijl aan te meten. We moesten de stukken bijna allemaal zelf typen. De lezer zal dus merken dat er verschillende lettertypen gebruikt zijn; mogelijk zijn ook enkele typfouten ingeslopen. Ondanks dit gebrek aan eenheid menen we dat het zinnig is deze brochure uit te brengen. De brochure bevat een hoeveelheid informatie die van belang is om te begrijpen wat de problemen zijn met het dumpen van het radioaktief afval in zoutkoepels.
Wie willen we met deze brochure bereiken? Onze doelgroep is: de groepen die aktie voeren tegen de opslag van kernafval in zout, zij die in besturen zitten van gemeenten en politieke partijen, en verdere belangstellenden.
We hebben geprobeerd de stukken zo eenvoudig en duidelijk mogelijk te schrijven. Dat is niet altijd gelukt. Aan de ene kant ligt dat waarschijnlijk aan de achtergrond van de schrijvers, aan de andere kant aan het soort problemen waar het hier over gaat. Wel vinden we dat de artikelen begrijpelijker geschreven zijn dan de nota's van de overheid over dit onderwerp.
Aan het gebruik van allerlei technieese termen valt niet te ontkomen: deze termen komen voor in de nota's van de overheid. Deze termen hebben we zo veel mogelijk in de tekst uiteengezet. Waar dat niet gebeurd is, kan men een verklaring van die termen vinden in de verklarende woordenlijst achter in de brochure.

Over de inhoud van de artikelen het volgende. Kernenergie en kernafval hangen samen. Daarom beginnen we met een stukje, getiteld: wat is kernenergie; we geven het verband met kernafval aan. (Hoofdstuk 1, geschreven door Herman Damveld) Hoofdstuk 2 gaat over de besluitvorming met betrekkening tot kernenergie, door Roelof Kramer. Hoofdstuk 3 handelt over besluitvorming rond radioaktief afval, door Herman Damveld. Omdat kernenergie en kernafval niet los van elkaar

gezien kunnen worden, moeten we de besluitvorming over de dumping van radioaktief afval in zoutkoepels plaatsen tegen de achtergrond van de besluitvorming over kernenergie. Het zal blijken dat invoering van kernenergie vooral gestuurd is en wordt door een aantal ondernemingen en de elektriciteitssektor, terwijl de overheid de belangen van deze groeperingen steunt. De besluitvorming over de opslag van kernafval is niet demokraties; kenmerkend zijn geheimhouding van rapporten, voorbijgaan aan fundamentele bezwaren tegen proefboringen en een slechte voorlichting door de centrale overheid. De kenmerken of kriteria waar een geschikte zoutkoepel aan moet voldoen, zijn zo vaag en rekbaar, dat onderzoeksresultaten van de voorgenomen proefboringen gemakkelijk in overeenstemming met de kriteria van de geschikte zoutkoepel kunnen worden gebracht. Hoofdstuk 4 handelt over waar precies radioaktief afval ontstaat en om hoeveel en welke soorten afval het gaat. De schrijvers zijn Fineke Beukema, Klaas Bronsema en Johan Kemmink. Het blijkt dat er meer radioaktief afval vrijkomt dan we denken. In de nota's van de overheid wordt de hoeveelheid kernafval onderschat. Daarnaast is er nog een bron van afval waar men in de nota's van de afgelopen jaren helemaal niets over leest: als een kerncentrale gesloten wordt, is deze radioaktief besmet. De kerncentrale zelf is dan een grote hoeveelheid radioaktief afval geworden. De centrale moet ontmanteld worden. Over dit onderwerp een paragraaf van Herman Damveld.

De verschillende mogelijkheden om kernafval op te bergen en de argumenten voor die mogelijkheden, komen aan de orde in hoofdstuk 5 (geschreven door Gedo Kuiper, Johan Wester en Leen Zwart). De konklusie uit dit hoofdstuk is dat op dit moment geen enkele opslagmogelijkheid aanvaardbaar is.

Kernenergie wordt door voorstanders veilig genoemd. Is dit nu wel zo? In hoofdstuk 6 worden twijfels aan de veiligheid met vele voorbeelden gestaafd. Besproken worden o.a.: ongelukken in een kerncentrale en een opwerkingsfabriek, ongelukken tijdens het transport van radioaktief materiaal en ongelukken bij de opslag van radioaktieve stoffen. De schrijver is Johan Koops.

Tenslotte volgt nog de verklarende woordenlijst.

Wij die de eindredaktie verzorgen menen dat ons werk niet af is met het uitbrengen van deze brochure. Mochten er bij de lezers vragen zijn, mocht er behoefte bestaan aan nadere verduidelijkeing, we zijn graag bereid daar op in te gaan. Men kan kontakt opnemen met Herman Damveld, Kloosterstraat 45, Groningen, tel. 050-125612; door storting van f. 5.50 op zijn rekeningnr. 1709079 kan men bijbestellen.

Maart 1978

De eindredaktie

Herman Damveld
Roelof Kramer
Gedo Kuiper

INHOUDSOPGAVE.

HOOFDSTUK 1

Wat is kernenergie ? blz. 1

HOOFDSTUK 2

De besluitvorming rond kernenergie 4
Inleiding 5
De geschiedenis 5
De overheid 9
De industrie 14
De buitenparlementaire oppositie 17
Slotbeschouwing 19

HOOFDSTUK 3

1 Energienota 1974 26
2 Brief regering van 19-1-76 26
3 Rapporten van de sub.-cie. Radioaktief afval 27
3.1 Rapport '75. Wat is een ideale zoutkoepel ? 27
3.2 Rapport '77. 29
3.2.1 Werkgroepen sub.-cie.. 29
3.2.2 Volgorde voorkeur zoutkoepels. 29
3.2.3 Wat onderzocht zou moeten worden. 31
3.2.4 Tijdschema onderzoek. 32
3.3 Onderzoeksvoorstel R.G.D.. 33
3.4 Kritiek op kriteria waar zoutkoepel aan zou moeten voldoen. 34
3.5 Planologische en milieuaspekten. 35
4 De reakties op het Haagse gebeuren 35
5 Konklusies 38
5.1 Rol wetenschappers bij besluitvorming. 38
5.2 Waarom het onderzoek en de proefboringen ter diskussie moeten staan 39
5.3 Bezwaren tegen de opzet van het onderzoek naar opslag van kernafval 40
Bijlage I : Ligging zoutkoepels en samenstelling sub.-cie.. 44

HOOFDSTUK 4 : KERNAFVAL. 52

1 Inleiding. 53
2 Splijtstofcyclus en afval. 54
2.1 Maatstaven. 54
2.2 De splijtstofcyclus. 54
2.3 De totale hoeveelheid afval in de splijtstofcyclus 62
3 Enkele gevaarlijke radionucleïden. 64
3.1 Actiniden. 64

3.2	Gasvormige afvalprodukten.	69
4	Ontmanteling.	72
5	Kernafval in een voorlichtingsbrochure ven de overheid.	76
	HOOFDSTUK 5 : DEEL I	80
	Samenvattende conclusie	81
	Overzicht van de soorten afval	82
	gasvormig afval	82
	vloeibaar afval	85
	vast afval	86
	high level waste	88
	Transmutaties van transuranen	90
	Opslagmogelijkheden en onmogelijkheden	92
	Wegschieten van afval	93
	Poolijs	94
	Opslag in geologische formaties	95
	Ondergronds droogdampen en versmelten (nuclear cavity)	96
	Opslag in zoutkoepels	97
	Opslag van radioaktief afval in en op de zeebodem	99
	Evaluatie van de opslag mogelijkheden	100
	Houding van enige wetenschappers tov. de opslag in een geologische formatie	101
	Conclusie en referenties	102
	HOOFDSTUK 5 : DEEL II	105
	Inleiding	106
I	Probleemstelling	107
II	De algemene aanpak van het probleem	107
	1. De proefmijn	107
	2. Het theoretisch model	107
	3. Het geologisch onderzoek	108
III	Detaillering ven de probleemstelling	109
	1. Barrieres tussen afval en geologische formaties	110
	2. Barrieres tussen afval en biosfeer	111
	3, Veiligheidsanalyse	114
IV	Een algemene benadering van afvalverwerking	116
V	De aanpak van de problematiek in diverse landen	117
	1. De verenigde staten	117
	2. Nederland	120
	3. Frankrijk	122
VI	Conclusie	125
VII	Literatuurverwijzing	126
VIII	Toelichting bij de bijlagen	127

IX	Bijlagen	129
	HOOFDSTUK 6	
	Inleiding	134
1	Ongelukken tijdens het produktieproces	135
1a	De uranium mijn	135
1b	De kerncentrale	135
1c	De opwerkingsfabriek	143
2	Ongelukken tijdens het transport van radioaktief materiaal	144
2a	Algemeen	144
2b	Ongelukken	144
3	Ongelukken tijdens opslag van radioaktief materiaal	147
3a	Opslag in stalen vaten	147
3b	Opslag in poreuze aardlagen	148
3c	Opslag in zoutkoepels	149
4	Konklusie	149
	Referenties	151
	Bijlagen	152
	Verklarende woordenlijst	153

HOOFDSTUK 1

WAT IS KERNENERGIE?

Wat is kernenergie?

Kernenergie is de energie die vrijkomt bij de splijting van atoomkernen. Een atoom kan men zich voorstellen als een bol met in het midden de kern en daaromheen, aan de buitenkant, de draaiende elektronen.
De kern bestaat uit een aantal deeltjes, de protonen en de neutronen. Er zijn nú in een atoom evenveel protonen in de kern als elektronen daarbuiten.
Door een uraniumkern met een neutron te beschieten, splijt uranium in 2 nieuwe kernen. Daarbij komen ook neutronen vrij, die op hun beurt weer een nieuwe splijting veroorzaken. Dit geeft een kettingreaktie.
Bij iedere splijting komt energie vrij. Alle energie tesamen wordt nu gebruikt om water te verhitten. Via enkele tussenschakels wordt elektriciteit opgewekt.
In een kerncentrale wordt via een nevenreaktie plutonium gevormd. Dit plutonium is een kunstmatig element. Het komt in de natuur niet voor.

Uranium wordt, net als de meeste metalen uit erts gewonnen. Uranium zoals het in de natuur voorkomt, bevat maar 0,7% splijtbaar uranium; de rest is niet splijtbaar. We kunnen het uraniumerts gebruiken als het 1 à 2 gram uranium per kilo bevat. De plaatsen waar zulk erts gevonden wordt zijn geschikt om een uraniummijn aan teleggen. In Nederland komen zulke plaatsen niet voor. Bij een mijn wordt meestal direkt het bruikbare uranium uit het gesteente gehaald.

Het uranium dat we hier in Nederland in kerncentrales gebruiken moet meer splijtbaar uranium bevatten dan er van nature inzit. Bij de kerncentrales in Nederland hebben we 3% splijtbaar uranium nodig. Het opvoeren van het percentage splijtbaar uranium noemen we verrijken. Het verrijken kan op verschillende manieren. Zo staat er in Almelo een fabriek die de ultracentrifugemetode toepast.

Het verrijkt uranium gaat vervolgens naar een splijtstofelementenfabriek. In deze fabriek wordt het verrijkt uranium tot tabletten samengeperst. Deze tabletten gaan dan in lange metalen pijpen. Die pijpen zijn ongeveer 1 cm. in doorsnee en 4 meter lang, water- en luchtdicht, en gemaakt van een speciaal roestvrij metaal. Deze pijpen worden ook wel splijtstofstaven genoemd. Een aantal splijtstofstaven wordt gebundeld; we krijgen dan de zogenaamde splijtstofelementen. In Nederland is geen splijtstofelementenfabriek. We zullen splijtstofelementen in moeten voeren, als we kerncentrales gaan bouwen.

De splijtstofelementen brengen we in de kerncentrale, in het reaktorvat. Het reaktorvat zit vol water. De neutronen kunnen door de wanden van de splijtstof-

staven heen de splijtstof in de andere staven bereiken. Daardoor ontstaat onder water de kettingreaktie, waarbij warmte vrijkomt. Om er voor te zorgen dat de kettingreaktie niet als een lawine toeneemt, staan tussen de splijtstofstaven de zogeheten regelstaven. Deze zijn gemaakt van een stof, die neutronen op kan nemen. Met de regelstaven moeten zoveel neutronen weggevangen worden, dat de reaktie door blijft gaan, maar niet als een lawine.
Bij de kernreaktie wordt uranium verspleten; ook ontstaan nieuwe radioaktieve stoffen. Deze maken na ongeveer 3 jaar verdere splijting van het uranium in de brandstofstaven onmogelijk. De brandstofstaven moeten dan worden vervangen. De gebruikte brandstofstaven moeten eerst nog minstens een half jaar afkoelen. Daarna zijn er twee mogelijkheden. Ten eerste, men beschouwt de hele brandstofstaven als afval. Ten tweede, men brengt de brandstofstaven naar een opwerkingsfabriek. In deze fabriek wordt het nog bruikbare uranium en ook het plutonium teruggewonnen. Daarnaast ontstaat er een hoeveelheid radioaktief afval. Plutonium kan gebruikt worden als brandstof in kerncentrales of in de snelle kweekreaktor bij Kalkar, of voor het maken van atoombommen.

Bij bijna elke stap in het proces tussen uraniumwinning en de opwerking houden we radioaktief afval over. Dit afval zendt een straling uit die schade kan veroorzaken bij mensen, dieren, planten en goederen. Het nare van die straling is dat we het niet kunnen zien, voelen of ruiken. We hebben er gewoon geen zintuig voor.
Nu is het wel zo dat de radioaktiviteit van het afval afneemt. Bij sommige soorten gebeurt dat in een paar minuten, bij andere kan dat heel lang (enkele miljoenen jaren) duren. Gedurende de tijd dat het afval radioaktief is, mag het niet in aanraking komen met mensen, dieren, planten of goederen. Het moet opgeborgen worden. Is er echter wel een veilige opbergmogelijkheid? Daar gaan we het in deze brochure over hebben.

HOOFDSTUK 2

DE BESLUITVORMING ROND KERNENERGIE

INLEIDING.

De diskussie omtrent kernafval is een onderdeel van de diskussie over kernenergie. Hoewel de afvalproblematiek pas sinds kort een ruimere belangstelling geniet, wordt in Nederland al veel langer gepraat over kernenergie in zijn geheel. Om een beter inzicht te verkrijgen in de afvaldiskussie zal ik in het volgende trachten een beeld te geven van de gang van zaken omtrent de kernenergie in Nederland. Om te beginnen zal ik proberen de geschiedenis in Nederland kort te schetsen. Verder zullen de rol van de overheid, respektivelijk de industrie op een aantal punten nader beschouwd worden. Daarna zal ik trachten de rol van de zogeheten "buitenparlementaire oppositie" aan te geven. Ik wil besluiten met een slotbeschouwing.

DE GESCHIEDENIS.

In dit deel zal ik de in mijn ogen belangrijkste gebeurtenissen op het gebied van de kernenergie proberen weer te geven. Ik pretendeer niet volledig te zijn. Ik wil slechts trachten aan te geven welke omstandigheden de oorzaak zijn van de huidige situatie. In dit deel zal ik op de verschillende zaken niet diep in gaan, de in mijn ogen interessantste zal ik in de volgende delen nader beschouwen.

Het eerste, en wellicht ook belangrijkste is natuurlijk de ontdekking dat sommige Uranium kernen splijtbaar zijn, en dat er bij die splijting heel veel energie vrijkomt. Gedurende de tweede wereldoorlog vindt er in Amerika veel onderzoek plaats aan Uraniumsplijting, voornamelijk om een atoombom te maken. Direkt na de oorlog wordt in Nederland de stichting Fundamenteel Onderzoek der Materie (FOM) +) opgericht. Dit omdat de overheid er voor wilde zorgen dat Nederland geen achterstand op zou lopen op het gebied van de kerntechnologie.

De belangrijkste stoot tot ontwikkeling van een eigen kerntechnologie kwam in 1953 met het "Atoms for peace" plan (atomen voor de vrede) van de Amerikaanse overheid. Daarmee gaven de Amerikanen een hoop van hun kennis op het gebied van kernenergie vrij, zodat West-Europa -met inbegrip van Nederland- een groot deel van haar achterstand op

+)Aan het slot staat een lijstje met afkortingen.

Amerika inliep. Toen Nederland in 1954 een verdrag sloot met Amerika voor de levering van onderzoeksreaktoren en splijtstof, stond niets de ontwikkeling van kernenergie meer in de weg. De tweede helft van de jaren '50 wordt dan ook gekenmerkt door koortsachtige aktiviteiten op het gebied van kernenergie.

Zo wordt in 1955 de Commissie voor Atoomenergie opgericht, welke belast is met het maken van een ontwerp voor een kernenergie wet. Tevens wordt in dat jaar het Reaktor Centrum Nederkand (RCN) opgericht. In1958 wordt het Euratomverdrag gesloten, zodat een internationale samenwerking ontstond, of liever kon ontstaan. Een jaar later in 1959 sloten een aantal grote Nederlandse industrieën een samenwerkingsverband, Neratom; hierin namen o.a. deel: Philips, de Rotterdamse Droogdok Mij. (RDM), de kon. Schelde Mij en de Verenigde Machine Fabrieken (VMF). Een zeer belangrijke club wordt in 1962 opgericht, de Industrieële Raad voor Kernenergie (IRK), die we nog vaak zullen tegenkomen.

In de eerste tien jaren, zo tussen '55 en '65, wordt het overheidsbeleid gekenmerkt door het stimuleren van de eigen industrie. In 1957 bracht de regering een "Nota inzake kernenergie" uit.Naast de opgewekte mededeling dat het de bedoeling was in 1974 ongeveer de helft van de elektriciteitsvoorziening door kernenergie te doen plaats vinden stond ook o.a. het volgende: "er dient te worden uitgegaan van de in ons land heersende maatschappelijke verhoudingen waarbij voor de centrale overheid geen overheersende positie is weggelegd op het gebied van de wetenschap. onderzoek envoortbrenging. (...) Van de centrale overheid zal een sterk stimulerende werking moeten uitgaan, terwijl zij anderzijds de voorwaarden dient te scheppen voor een zo ruim mogelijke ontplooiing van het particulier initiatief." Dit citaat stamt uit 1957 maar in 1976 dacht de overheid er nog net zo over. Het nu volgende citaat is uit een brief, die minister Lubbers van Economische Zaken aan de Tweede Kamer stuurde over de Energienota uit 1974. "Dit (dat wil zeggen internationale samenwerking) is juist voor Nederland van betekenis omdat het industriepolitieke belang vrijweluitsluitend de motivering moet zijn voor eventuele verdere financiële inspanningen". (1) Van de kant van de overheid wel te verstaan.

Een volgende belangrijke gebeurtenis is de installatie van de "commissie Tromp", een belangrijke commissie waarover we ook nog wel meer zullen horen. In 1962 kwam voor de eerste maal een post voor nucleaire ont-

wikkeling voor op de begroting van het ministerie van Economische Zaken. Dat wil niet zeggen dat er daarvoor geen geld uitgegeven werd aan kernenergie, maar in dit jaar werd het voor het eerst als aparte post opgevoerd. En in 1965 is het dan eindelijk zover, de eerste Nederlandse kerncentrale wordt gebouwd. Het is die bij Dodewaard. En hij wordt gebouwd door de Nederlandse industrie in samenwerking met één van de twee Amerikaanse giganten op het gebied van kernenergie, General Electric. Vier jaar later bestelt de Provinciale Zeeuwse Energie Maatschappij (PZEM) een kerncentrale bij de Kraftwerk Union AG (KWU)[1], een Duitse onderneming. De Nederlandse industrie is hierover zeer teleurgesteld. De al eerder vermelde Industrieële Raad voor de Kernenergie geeft dan ook een jaar later, in 1970, de minister van Economische Zaken het advies dat volgende kerncentrales alleen bij Nederlandse ondernemingen, die samenwerken met buitenlandse besteld dienen te worden. De Raad vraagt de minister zijn invloed aan te wenden dat dit ook inderdaad zou gebeuren. Een kleine kanttekening, het is op dat moment blijkbaar nog niet gelukt een volledig eigen industrie op te bouwen. Was dat wel gelukt dan zou de aanbeveling "die samenwerken met buitenlandse ondernemingen" niet voorkomen in het advies.

Tot het begin van de zeventiger jaren gaan er nog nauwelijks stemmen op dat kernenergie misschien toch wel niet zo ideaal zou kunnen zijn als men in het begin wel dacht. De juichstemming, die vanaf het allereerste begin de kernenergie begeleidde heerst nog steeds.

Als in 1973 de olieprijzen plotseling sterk stijgen, is dat een reden te meer om zo snel mogelijk kernenergie in te voeren. Een jaar later, in 1974, komt de regering met de Energienota, waarin zij haar visie op de energievoorziening in Nederland voor de volgende jaren geeft. Volgens de regering komt het niet goed met de energievoorzienig als er geen kernenergie gebruikt zal worden. De regering gaat in de nota dan ook uit van een constant groeiend energieverbruik. Opmerkelijk is het verschil tussen de plannen van 1956 en de plannen van 1974. Werd er in 1956 nog gesproken over het voorzien in een groot deel van de energiebehoefte door kernenergie, in 1974 wordt gesteld dat in 1985 20 % van de energiebehoefte door kernenergie gedekt moet worden. Slechts 20 %, ondanks het prijsvoordeel dat kernenergie oplevert volgens de voorstanders. Dat de plannen van 1956, om in 1974 kernenergie een groot deel van de energievoorziening te laten dragen niet zo bar veel terecht gekomen is, is te danken aan de aardgasvondsten en het feit dat kernenergie in de praktijk meer problemen bleek op te leveren dan voorzien was.

Twee ontwikkelingen moeten ook nog even aangegeven worden, te weten het ultracentrifugeprojekt en het kweekreaktorprojekt. In 1969 wordt de Ultrcentrifuge Nederland nv. (UCN) op gericht. De staat had hierin een meerderheidsaandeel van 55 %. De oprichting van de UCN verliep wat stroef daar het bedrijfsleven nogal opzag tegen het risico. Toen de staat eenmaal het grootste risico op zich nam, wilden een aantal bedrijven ook wel mee doen. In 1970 wordt het verdrag van Almelo gesloten, zodat Nederland, Engeland en Duitsland konden gaan samenwerken. We zien dat er een verschuiving op treedt van afzonderlijke industrieën naar nationale samenwerkingsverbanden naar internationale samenwerking. De twee internationale bedrijven, die worden opgericht zijn Centec (verkoop) en URENCO (produktie van verrijkt uranium).

Het onderzoek aan kweekreaktoren werd al in 1962 gestart en stond vanaf het begin in het teken van de internationale samenwerking. Vanaf het begin heeft Nederland contacten gehad met Engelse, Duitse en Franse instellingen op het gebied van snelle kweekreaktoren en natriumkoeling. Eind 1964 verzocht men het ministerie vanEconomische Zaken om ondersteuning van een projekt betrffende natriumtechnologie. De IRK adviseerde het ministerie er 3,9 miljoen gulden in te steken. In 1967 viel het besluit om samen te gaan werken met de Bondsrepubliek en België, en in 1972 besloten de drie partners een natriumgekoelde snelle kweekreaktor te financieren. Deze zou gebouwd worden bij het Duitse plaatsje Kalkar, en op het moment is men hard aan het bouwen. De financiering vond in Nederland o.a. plaats door een extra heffing van 3 % op de electriciteitsrekening, de zogenaamde Kalkarheffing.

De in dit stuk gebruikte gegevens zijn voorzover niet anders vermeld afkomstig uit het boekje "Kernenergie in Nederland" van Cor Uitham, Bert de Vries en Gerrit Jan Zijlstra.

In het nu volgende stuk zal ik proberen de plaats en de opvattingen de overheid duidelijk te maken aan de hand van een aantal in mijn ogen illustratieve voorbeelden. Het bleek dat het moeilijk is de overheid en de industrie streng te scheiden. Toch wil ik de over heid apart behandelen. Enige malen zal de industrie opduiken omdat, zoals zal blijken, de overheid en de industrie nauw met elkaar verweven zijn.

In 1960 bracht de "commissie Tromp", in dat zelfde jaar pas geïnstalleerd door de minister van Economische Zaken, advies uit aan diezelfde minister. De belangrijkste punten uit dat advies waren:

1 De commissie pleitte voor direkte overheidssteun aan het industriële ontwikkelingswerk. (Dit is gebeurd)

2 De nationale industrie moest eerst één of meer kerncentrales kunnen bouwenin Nederland, om zodoende een exportpositie te verkrijgen. (Er zijn sindsdien twee kerncentrales in Nederland gebouwd, waarvan één -Dodewaard- gedeeltelijk van onderdelen, die door Nederlandse bedrijven zijn gemaakt).

3 Met nadruk wordt er op gewezen, dat de overheid de visie van het bedrijfsleven in haar beleid tot uitdrukking moet laten komen. (Dat dit laatste gebeurt blijkt wel uit het citaat uit de Energienota van '74 dat ik hierboven aanhaalde).

Vermeldenswaard is nog dat de heer Tromp in die tijd lid van de raad van beheer van Philips was. In die tijd had Philips wel degelijk belang, financiëel belang, bij de ontwikkeling van kernenergie, o.a. door hun aandeel in Neratom. Hier dus de eerste verstrengeling van overheid en industrie, we zullen dat nog vaker tegen komen.

Ondanks het feit dat in de Energienota '74 wel degelijk de alternatieve energiebronnen genoemd worden, en zelfs gezegd wordt dat ook deze onderzocht dienen te worden daar ook deze een aandeel kunnen leveren in de nationale energievoorziening, blijkt dat nog steeds meer dan de helft van de overheisuitgaven op energiegebied gericht zijn op kernenergie. Zie hiervoor tabel 1 op de volgende pagina. Totaal van de jaren en de schatting voor de toekomst laat zien dat er nog steeds veel geld in kernenergie gestopt wordt .

Zie hiervoor tabel 2.

TABEL 1 (2)

Uitgaven voor onderzoek en ontwikkeling van kernenergie door de Nederlandse overheid in miljoenen guldens.

Jaar	Kernenergie	Kernfysica
1955-1969	669,93	299,46
1970-1973	373,53	154,26
1973-1976	280+	170
1976-1978	280	130
1978-1981	383,5+	297
Totaal	1603+	753,72

De met + gemerkte bedragen zijn het minimum, in werkelijkheid liggen ze waarschijnlijk hoger.

TABEL 2 (2)

Verdeling van de overheidsgelden over de verschillende energieprojekten.

Onderwerp	1976 mln gld	%	1977 mln gld	%
Kernenergie	163	63,4	144	50,3
Kernfusie	28	10,9	28	9,8
Besparing	11	4,3	16	5,6
Opslagsystemen	-	-	1	0,3
Zonne-energie	2	0,8	5	1,7
Windenergie	1	0,4	3	1,0
Olie en gas	5	1,9	1	0,3
Systeemstudies	1	0,4	4	1,4
Ondersteunend	8	3,1	11	3,8
Overig	45	17,5	64	22,4
Totaal	257	100	286	100

Uit bovenstaande tabellen blijkt dacht ik duidelijk, dat de overheid vrij veel geld uitgeeft aan energie, en van dat geld weer een zeer groot deel aan kernenergie. Het gevolg hiervan is dat de alternatieve energiebronnen verwaarloosd worden, en dat het steeds duurder wordt om op te houden met kernenergie. Want er is al zoveel geld in gestoken.

De voorstanders van kernenergie, waartoe ik het ministerie van Economische Zaken ook reken, gezien de brochures die ze uitgeven, voeren als belangrijkste argumenten (of liever meest gebruikte) aan:

1 Kernenergie is een goedkopere manier om electriciteit op te wekken dan welke andere manier ook.

2 De andere energiebronnen raken op.

3 Wij worden als we kernenergie gaan gebruiken minder afhankelijk van vreemde energieleveranciers.

Bovenstaande argumenten komen uit een brochure van het ministerie van Economische Zaken, waarin de bevolking werd uitgelegd waarom kernenergie nodig is. Hiertegen valt het volgende aan te voeren:

1 Of kernenergie inderdaad goedkoper is, is zeer de vraag. Uraniumerts is tot 1975 7 (zeven) maal zo duur geworden; in de periode 1967-1973 werden de kosten van kerncentrales 2,5 keer zo hoog. Vaak berekenen de voorstanders van kernenergie de kosten van het opbergen van het radioaktieve afval niet mee, evenals de kosten die het sluiten van een kerncentrale met zich meebrengt. Na zo'n 25 a 30 jaar moet een kerncentrale gesloten worden. Hij is dan behoorlijk radioaktief. Zo'n centrale moet dan zodanig afgesloten worden van het milieu dat hij geen gevaar meer oplevert. Dat kost ook een behoorlijke hoop geld, volgens sommigen zelfs net zoveel als de bouwkosten. Verder worden door de voorstanders de niet geringe bedragen, die de overheid als ontwikkelingskosten in kernenergie gestopt heeft gemakshalve vergeten. Terwijl de ontwikkelingskosten van conventionele centrales wel meegerekend worden. Herman Damveld, een econoom, concludeert na een zorgvuldige analyse, dat "kernenergie niet goedkoper is dan electriciteit uit een kolencentrale (2).

2 Er is nog voldoende fossiele brandstof (kolen, olie en gas), om een eeuw aan de huidige vraag te voldoen, economisch beschikbaar (3). Economisch beschikbaar wil zeggen dat als we die voorraden winnen de prijs ervan niet hoger zal zijn dan de huidige energieprijs. De huidige vraag is de vraag in 1976, er wordt dus geen rekening gehouden met een groeiende vraag naar energie. In depraktijk zullen die voorraden het dan ook geen eeuw uithouden, maar toch wel tot 2010. Als alle geplande kerncentrales gebouwd worden, en deze alleen op uranium brandstof werken is er volgens officiële schattingen nauwelijks voldoende om het eind van deze eeuw te halen.+)

+) De conclusie hieruit is dat men welbewust afsteven.t op plutoniumgestookte kerncentrales. Ik zal niet verder in gaan op de gevaren van

3 Dit argument is m.i. wel het gemakkelijkst te weerleggen. In de Nederlandse bodem is geen uraniumerts aanwezig. Bedoeld wordt ook niet dat Nederland zichzelf moet kunnen voorzien, het mag slechts afhankelijk zijn van westerse geïndustrialiseerde landen. En niet, zo als nu het geval is van landen uit b.v. het Midden-Oosten. Nederland is in het bezit van grote voorraden aardgas (dat aardgas wordt overigens voor een spotprijs aan het buitenland verkocht), terwijl we ook voor zonne-, wind- en waterenergie niet afhankelijk zijn van enige vreemde energieleverancier, westers of niet-westers. Bovendien hebben de drie bovengenoemde energiebronnen als bijkomend voordeel dat ze niet uitgeput zullen raken. Iets wat van noch aardgas en -olie, noch van uranium gezegd kan worden.

Tot besluit van dit stukje over de overheid wil ik nog een aantal zaken uit de Energienota '74 de revue laten passeren. Deze nota is op sommige plaatsen onthullend in haar duidelijkheid. Zo staat er op een gegeven moment:

"Hier staat tegenover (tegenover de argumenten pro kernenergie) dat met betrekking tot de aanvaardbaarheid van kernenergie grote onzekerheid bestaat in de publieke diskussie". De overheid erkent dus dat er bezwaren tegen kernenergie leven. Maar verbindt zij daaraan de konklusie dat er dan eerst maar een brde diskussie gevoerd moet worden? Vergeet het maar, want de volgende passage luidt:

"Deze diskussie is niet ten einde te voeren aan de hand van technisch woord en wederwoord, hoe belangrijk dat ook is. De onzekerheid met betrekking tot de veiligheidsaspecten is behalve door kennis, door overtuiging weg te nemen; deze overtuiging kan slechts in de praktijk groeien". Nogmaals erkent de minister dat niet de hele Nederlandse bevolking overloopt van vertrouwen in kernenergie, maar dan zegt hij dat we gewoon maar een aantal kerncentrales moeten bouwen ten einde het vertrouwen in de praktijk te laten groeien.

Het is dus niet overdreven te stellen dat de overheid tot de voorstanders behoort. Zij heeft in de loop der jaren veel geld uitgegeven aan de ontwikkeling van kernenergie, zij heeft altijd aangedrongen op

---

de zogeheten plutoniumeconomie met zijn verspreiding van atoombommen, met zijn uitgebreide controle op iedereen, die ook maar iets met kernenergie te maken heeft en zijn constante dreiging dat een groep terroristen misbruik maakt van het bestaan van grote hoeveelheden hoogst radioactief en hoogst giftig materiaal. Er zijn hierover verschillende werken verschenen, waarvan ik slechts noem: "Maatschappelijke aspekten van kernenergie" uitgave Vereniging milieudefensie.

een zo spoedig mogelijke, en zo uitgebreid mogelijke invoerig van kernenergie. Zij laat zich op dit moment voornamelijk leiden door be sluiten die zo'n twintig jaar geleden genomen zijn. Alle nieuwe ontdekkingen zoals de aardgasvondsten, de ontwikkeling van alternatieve energiebronnen zijn nooit de aanleiding geweest de uitvoering van energieprogrammaas, gedeeltelijk gebaseerd op kernenergie om te buigen. Het stijgen van de olieprijs daarentegen werd wel gebruikt als argument om kernenergie nog sneller in te voeren. Het feit dat er steeds weer nieuwe problemen op doken bij kernenergie, en dat die problemen nog steeds niet helemaal opgelost zijn (afval), heeft de overheid nooit doen twijfelen aan dat twintig jaar oude idee om in Nederland kernenergie in te voeren.

Er zijn natuurlijk ook wel redenente bedenken waarom de overheid zo'n voorstander is van kernenergie en waarom zij het zo snel mogelijk ingevoerd wil zien. De bedoeling is om in 1985 3500 MW electriciteit op te wekken door middel van kernsplijting. Om deze streefdatum te halen zal er echt wel haast gemaakt moeten worden. In dit verband is ook de bijdrage van Herman Damveld interessant, die opmerkt dat, wil men op tijd weten of kernafval in zoutlagen kan worden opgeslagen men nu eigenlijk al begonnen had moeten zijn met boren. Op tijd wil in deze zeggen, zo snel dat in het jaar 2000 het afval inderdaad weggeborgen kan worden. Men moet zo snel mogelijk zijn anders vist men achter het net. Dan zou de Nederlandse industrie, tegenwoordig in samenwerking met een aantal buitenlandse ondernemingen, haar concurrentiepositie kwijtraken. Om te voorkomen dat al het geld dat er tot nu in de ontwikkeling van kernenergie gestoken is, niet zinloos uitgegeven is moet kernenergie doorgaan, en liefst zo snel mogelijk.

Hoe eerder de kerncentrales gebouwd worden, des te eerder zien de overheid, de Nederlandse industrie en de daarmee samenwerkende buitenlandse ondernemingen iets terug van al het geld dat ze tot nu toe in de kernenergie hebben gestoken. Wacht men te lang, dan is er een kans, dat er helemaal niets meer uit komt, omdat de Nederlandse industrie haar konkurrentiepositie verliest. Of het hoeft niet meer omdat het met een andere energiepolitiek zonder kernenergie ook gaat. Dan zou pas echt blijken, dat al het geld voor de ontwikkeling van kernenergie zinloos uitgegeven is.

DE INDUSTRIE.

Zoals al eerder gezegd, overheid en industrie zijn dermate vervlochten dat de scheiding, die mijn hoofdstuk indeling suggereert voornamelijk suggestie is. Daarom zal ondanks de titel de overheid ook een aantal keren ter sprake komen.

Het volgende verhaal is gebaseerd op de resultaten van een onderzoek, gedaan door Cor Uitham, Bert de Vries en Gerrit Jan Zijlstra (4). Zij hebben een netwerkanalyse uitgevoerd. dat wil zeggen ze hebben onderzocht hoe alle organisaties, die iets met kernenergie te maken hebben verbonden zijn. Deze organisaties: bedrijven, commissies. instituten, adviesraden, worden in de analyse aangeduid met eenheden. Ik zal in het volgende stuk ingaan op de belangrijkste conclusies uit deze analyse.

Het nu volgende verhaal heeft betrekking op de situatie van 1972. Ik zal terwille van de duidelijkheid alleen de conclusies vermelden, diegenen die na lezing van het volgende er meer van willen weten, kan ik het boekje zelf ten zeerste aanbevelen.

Uit de geschiedenis is al duidelijk geworden dat zowel de IRK +) als het RCN een belangrijke plaats in zullen nemen. Aan de hand van deze twee "eenheden" wil ik trachten de conclusies enigszins duidelijk te maken. De IRK zal een belangrijke rol vervullen, daar zij ingesteld is om het overheidsbeleid af te stemmen op de wensen van de industrie en de electriciteitsproducenten. Haar coördinerende taak zal samen gaan met veel dubbelfuncties. Dubbelfuncties zijn namelijk de meest ideale manier om onderling te overleggen zonder direct samen te werken. De industrie verkeert wat dat betreft namelijk in een wat moeilijke positie. Aan de ene kant verdedigt zij als één blok de kernenergie naar buiten toe, aan de andere kant verkeert zij in een onderlinge concurrentie positie. Om nu toch die coördinatie en dat overleg, dat noodzakelijk is voor het versterken van de positie van de industrie, mogelijk te maken zijn dubbelfuncties zeer geschikt.

Het RCN zal centraal staan omdat de industrie, de electriciteitsproducenten en de overheid (financiering) een stem in het beleid

+) Aan het slot staat een lijstje met afkortingen.

hebben, en omdat het RCN tot taak heeft het onderzoek op het gebied van kernenergie te coördineren. Centraal staan wordt gedefinieerd als het aantal andere eenheden waarmee de betrokken eenheid verbonden is door middel van dubbelfuncties, dus hoe meer mensen met nog een andere functie binnen de kernenergie in zo'n eenheid zitten, hoe centraler zo'n eenheid staat. Dit blijkt ook het geval te zijn. Het RCN is met maar liefst 26 andere eenheden verbonden en de IRK zelfs met 29.

Ook de Gezondheidsraad (GEZR) heeft een groot aantal buurpunten (m.a.w. is door middel van dubbelfuncties met een groot aantal andere eenheden verbonden), 18 om precies te zijn. Nadere analyse leert dat zij voornamelijk is verbonden met wetenschappelijke en researcheenheden, en niet of nauwelijks met de industrie. Dat laatste vermindert aan de ene kant haar informatiebasis, maar maakt haar aan de andere kant waarschijnlijk wel onafhankelijker. Daardoor zouden gezondheidsoverwegingen een belangrijke rol kunnen spelen in het kernenergiebeleid. De GEZR is echter pas in een zo laat stadium ingeschakeld, dat zij geen wezenlijke invloed meer heeft kunnen uitoefenen op de besluitvorming en het beleid.

Als we de positie van de GEZR vergelijken met die van de IRK zien we dat de IRK "centraler" staat dan de GEZR. Dit wil nog niet zeggen dat industriële overwegingen een belangrijker rol zouden spelen dan gezondheids overwegingen, hoewel het m.i. wel in die richting wijst. Als wij macht definieren als de mogelijkheid om de beslissingen van anderen te beïnvloeden, is het duidelijk dat hoe centraler een eenheid staat hoe meer macht zij heeft. Immers hoe centraler een eenheid, des te meer kennis. En door die kennis op een "juiste" manier te gebruiken is de besluitvorming van anderen, en in dit geval met name van de overheid makkelijk te beïnvloeden.

Opvallende resultaten verkregen de onderzoekers door het netwerk te beschouwen dat gevormd werd door personen met meer dan drie, vier of meer dus, dubbelfuncties. Weer staan de IRK en het RCN bovenaan, terwijl ook in de rest van de top 10 weinig verschuivingen te bespeuren zijn. We mogen dan ook wel stellen dat met name de IRK en het RCN, maar toch ook de andere belangrijke instellingen op het gebied van de kernenergie, een bepalende rol spelen in de besluitvorming.

Netwerken in de tijd.

Als we kijken hoe de ontwikkeling van het netwerk in de tijd is, kunnen we een aantal interessante conclusies trekken. De onderzoekers hebben de netwerken van 1964, 1969, 1972 en 1975 vergeleken. Het meest belangwekkende is wel het volgende:

Erg grote verschuivingen in positie hebben zich in de loop der jaren

niet voorgedaan. De IRK stond in de genoemde jaren respectivelijknummer 1, 1, 2, 2 en het RCN nummer 2, 2, 1, 1.
In de loop der jaren nam de dichtheid toe, het netwerk werd "hechter", er kwamen met andere woorden meer dubbelfuncties, meer samenwerking.

Nog een zeer opmerkelijk puntje is het volgende. We zien dat in 1975 de toen nieuw ingestelde advies organen, de Landelijke Stuurgroep voor Energie Onderzoek (LSEO) en de Algemene Energie Raad (AER), benevens de Nederlandse Energie Ontwikkelings Maatschappij (NEOM) meteen een groot aantal buurpunten hebben. Dit wijst erop dat de overheid bij de samenstelling van adviesorganen een beroep doet op de al eerder genoemde specialisten. Waardoor dezen een nog grotere informatievoorsprong krijgen, en daardoor nog meer invloed.

DE BUITENPARLEMENTAIRE OPPOSITIE.

In de loop der jaren zijn een hoop mensen wat minder enthousiast geworden, om het zacht uit te drukken over kernenergie. Hoe meer problemen nog opgelost moesten worden, hoe groter de weerstand tegen kernenergie werd. En de problemen rond kernenergie hebben de onhebbelijke gewoonte niet af- maar toe te nemen, want zodra één probleem opgelost was bleekdat er twee voor in de plaats kwamen.

Ik ben er helaas niet in geslaagd een duidelijk beeld te krijgen van deze oppositie. In overheidspublicaties wordt ze niet genoemd, door de "gevestigde wetenschappers" wordt ze met het etiket onwetenschappelijk onder tafel gewerkt. De aandacht die ze tot voor kort kreeg was nihil. Toch is zeer zeker een keer ten goede te bespeuren. In de Energienote '74 wordt inderdaad al gesproken over het "wegnemen van bezwaren". Veel aandacht voor de bezwaren blijkt er niet uit, om het vriendelijk uit de drukken. . Maar een begin is er. Er wordt eindelijk rekening mee gehouden dat niet de hele Nederlandse bevolking voor kernenergie is.

Ook op de verschillende politieke partijen heeft het bestaan van actiegroepen enige, doch duidelijk merkbare invloed. Het duidelijkste voorbeeld is natuurlijk de PPR, maar ook andere politieke partijen zijn onder de druk van buiten na gaan denken. Vele partijen hebben nu twijfels over toepassing van kernenergie. In de discussie rond de opslag van radioactief afval in zoutvoorkomens is dat zeer mooi te zien. In de provincies Groningen en Drenthe ontstonden een aantal actiegroepen, die tegen de opslag van radioaktief afval in zout waren. Door deze ontwikkeling werden alle grote politieke partijen gedwongen een uitspraak te doen over die opslag. Alle grote politieke partijen vanaf de CPN totaan het CDA veroordeelden deze opslag. Interessant is overigens dat partijen als het CDA en de PvdA op regionaal en plaatselijk niveau wel tot een veroordeling kwamen, maar op landelijk niveau niet.

Desondanks blijkt de centrale overheid nog steeds kernenergie door te willen drukken. Wij mogen wel mee beslissen wáár kerncentrales komen maar het besluit dát ze er komen is al genomen , buiten de bevolking om, zo doet de overheid ons voorkomen.

Ik heb de indruk, maar kan die niet met bronnen staven dat de invloed van de buitenparlementaire oppositie niet onderschat mag worden. Een in mijn ogen illustratief voorbeeld daarvoor is het feit dat in de loop der jaren de plannen van industrie en overheid steeds minder ambitieus zijn geworden. Wilde men in 1956 nog een groot deel van de electriciteitsproductie in 1974 door middel van kernenergie verzorgen, in 1974 word alleen nog maar gesproken van drie centrales in 1985.

Dit verschijnsel doet zich ook internationaal voor. Interessant is de nu volgende tabel. (2)

Schatting voor:	Geïnstallerd vermogen in GWe, geschat in:			
	1970	1973	1975	1976
1970	18	14	-	-
1975	118	94	71	69
1980	300	264	179-192	178
1985	610	576	475-525	350-400
1990	-	1070	875-1000	550-750
2000	-	-	2000-2500	1500-1800

NB Schattingen gemaakt in jaren na het betrokken jaar zijn geen schattingen, doch bestaande cijfers.
Deze gegevens zijn samengesteld door het International Atomic Energy Agency (IAEA) het internationale atoombureau in Wenen. In de tabel zijn de communistische landen niet meegerekend.
1 GWe = 1000MWe, het elektrische vermogen van een grote centrale.

Een ander terrein waarop de invloed van de buitenperlementaire oppositie merkbaar is, is de voorlichting. Het is mijn stellige indruk dat de overheid en de electriciteitsproducenten pas aan voorlichting gaan doen als er in de maatschappij stemmen opgaan die protesteren tegen kernenergie. Hoewel de overheid volgens het Euratomverdrag verplicht is voorlichting te geven, gebeurd dat pas als er vanuit de buitenparlementair oppositie geprotesteerd wordt.

DE SLOTBESCHOUWING.

Op een aantal zaken wil ik tot besluit nog de aandacht vestigen. Ten eerste verdient het feit dat de invoering van kernenergie nooit ter discussie staat enige aandacht. Hoewel er bij verschillende gebeurtenissen, zoals de vestigingsplaatsen en de opslag van radioaktief afval, een inspraakprocedure is geweest is de bevolking nooit gevraagd of zij wel of geen kernenergie wil. Men mag meepraten over de vestigingsplaats van een centrale, maar zodra een der aanwezigen vraagt of kernenergie in zijn geheel misschien-niet-helemaal-je-dat is wordt de spreker er op gewezen dat er alleen over de vestigingsplaats gesproken kan worden en niet over iets anders. De beslissing om hier in Nederland kernenergie in te voeren is eigenlijk nooit genomen. De huidige situatie is gegroeid. In 1954 waren alle betrokkene wild enthousiast, en dat is niet zo gek want toendertijd wist men nog niets van de eventuele gevaren. Men zag alleen een nieuwe energiebron. Men had nog nooit nagedacht over dingen als het afvalprobleem, plutoniumeconomie, radioaktieve besmetting van het milieu en de mogelijkheden die kernenergie terroristen biedt. Toen in de loop der jaren het besef doordrong dat kernenergie toch niet zo ideaal was als men eerst wel dacht is dat geen aanleiding geweest om kernenergie ter discussie te stellen. het idee lag er al, hoewel het niet duidelijk was hoe het ergekomen was, en dat idee was verder uitgangspunt voor het overheidsbeleid.

Ten tweede wil ik nog wat zeggen over de invloed van de oppositie tegen kernenergie. Zoals gezegd was er in de beginperiode, helft 50-er jaren-begin 60-er jaren, geen oppositie van betekenis. Later, kwam (na de bar-de bom akties en provo) er langzaam maar zeker een groeiende groep mensen, die het niet eens waren met het overheidsbeleid. Hoewel deze groep steeds groter werd heeft de overheid zich er nooit veel van aangetrokken. Alleen als door publicaties van deze groep kernenergie in een kwaad daglicht kwam te staan reageerde of de overheid of de electriciteitsproducenten onmiddellijk. Zodra had eengroep tegenstanders een brochure samengesteld, waarin uitgebreid te lezen stond waarom ze tegen kernenergie waren, of de voorstanders kwamen met een mooie, huis-aan-huis-verspreide vierkleurendruk brochure waarin de bevolking werd uitgelegd hoe veilig en voordelig kernenergie wel is. Hierop reageerden de tegenstanders dan weer met een geschrift waarin enz.. Kortom, er is nooit sprake geweest van een redelijke voorlichting van overheidszijde, iets waartoe ze volgens het Euratomverdrag wel verplicht is.

De rol van de overheid is in de kernenergie problematiek een tweeledige. Aan de ene kant is zij -financiëel- belanghebbende, aan de andere kant is zij niet gebaat bij hooglopende conflicten in onze maatschap-

pij. De overheid, de centrale wel te verstaan, heeft tot 1977 ruim twee miljard gulden in de ontwikkeling van kernenergie geïnvesteerd. Als een aantal contracten, gesloten door bedrijven waarin de overheid een aandeel in heeft (b.v. UCN voor 55% van de staat) niet doorgaan gaat dat de overheid een behoorlijke boete kosten. De overheid is dus direct financiëel betrokken bij de kernenergie, of beter bij het doorgaan ervan. De vraag rijst nu of een staat, die zelf zodanig bij een zaak betrokken is wel de meest ideale besluitvormer is. Met andere woorden mogen wij van de overheid verwachten dat zij de belangen van de bevolking, door welke zij gekozen is zwaarder laat wegen dan haar eigen. Die laatste belangen zijn eigenlijk niet de belangen van een overheid maar van een grote industrie. Wat zal de Nederlandse staat het belangrijkst vinden, haar financiële belangen (die overeenkomen met de belangen van de industrie) of haar taak als overheid, die ze alleen goed kan uitvoeren door de bevolking hun mening te vragen na ze eerst zo goed mogelijk te hebben voorgelicht?

En dat brengt mij op een volgend punt: is het mogelijk "objectieve" voorlichting te geven? Dat geloof ik niet, echt objectieve voorlichting lijkt mij onmogelijk. Maar het kan wel beter dan het nu gaat. Op het moment is het zo dat de voorlichters pro over veel ruimere middelen beschikken dan die tegen. Het in Denemarken gehanteerde idee lijkt mij al een grote verbetering. Daar is het zo dat de overheid ook diegenen die tegen kernenergie voorlichting geven financiert. Dat levert natuurlijk geen 100 % objectieve voorlichting op, maar het publiek hoort wel beide kanten van het verhaal. Dit voorkomt dat de tegenstanders door geld- of tijdgebrek dingen die zij belangrijk vinden, niet openbaar kunnen maken.

Als laatste nog even aandacht voor het feit dat er nogal wat rapporten met betrekking tot kernenergie geheim gehouden worden. Het argument hiervoor is dat als de betrokken rapporten openbaar gemaakt zouden worden dat de belangen van de industrie zou schaden. Waaruit we mogen concluderen dat de overheid de belangen van de industrie, waarmee zij nauw verbonden is , zwaarder laat wegen dan de belangen van de bevolking, die immers recht heeft op deze rapporten om haar eigen mening te kunnen vormen. De industriële belangen tellen zwaarder dan de democratie.

Ik geloof dat we mogen stellen dat kernenergie zolangzamerhand een zeer belangrijk onderwerp in onze maatschappij aan het worden is. Over de consequenties van de opslag van radioaktief afval, wat slechts een deelprobleem is, kunt u in de rest van de brochure lezen. Het invoeren van kernenergie zal grote maatscheppelijke gevolgen hebben. Dat bij een zo belangrijk iets de beslissingen genomen zijn

en nog steeds worden op grond van voornamelijk industriële criteria is natuurlijk onjuist. Het is nog steeds niet gebeurd, dat de bevolking om haar mening gevraagd is. Ze heeft zelfs nog nauwelijks de kans gehad een mening te vormen. De voorlichting van overheidswege bestaat nog altijd uit een opsomming van de voordelen en een consequent weglaten van de nadelen. De conclusie dat de besluitvorming ondemocratisch geweest is, lijkt niet onterecht

Ik hoop met bovenstaande de verschillende spelers en hun belangen in het spel rond de kernenergie wat verduidelijkt te hebben. Er ontbreekt een hoop, deels door tijdgebrek deels doordat sommige zaken nog nooit behoorlijk zijn uitezocht. Toch geloof ik dat ik met bovenstaande het nu volgende verhaal over het afval in een wat ruimer perspectief geplaatst heb.

Roelof Kramer
Groningen, jan.-feb. 1978.

Voornaamste bronnen:

1 Energienota 1974. nr. 13.122 nr.22
Uitgave: Staatsdrukkerij.
2 Maatschappelijke aspekten van kernenergie
Uitgave: Vereniging Milieudefensie, Amsterdam 1977.
3 Energie strijd om macht en rijkdom .Tanzer.
Uitgave: Ekologische uitgeverij Amsterdam, 1976
4 Kernenergie in Nederland.
Cor Uitham, Bert de Vries en Gerrit Jan Zijlstra
Uitgave: Xeno, Groningen herfst 1977.

Afkortingen

AER	Algemene Energieraad
AKZO	AKZO nv
AR	Academische Raad
ATFOR	Nederlandse Atoomforum
BREDERO	Bredero Verenigde Bedrijven nv
BWR	Kokend Water Reactor
CENTEC	Gesellschaft für Centrifugetechnik mbH
CEW	Commissie Electriciteitswerken
COMPRIMO	Comprimo bv
CRK	Centrale Raad voor de Kernenergie
CRV	Commissie Reactorveiligheid
DIKKERS	Dikkers en Co nv
DSM	nv Nederlandse Staatsmijnen
DSW	Dienst voor het Stoomwezen
ECN	Energieonderzoek Centrum Nederland
EGD	Electriciteitsbedrijf voor Groningen en Drenthe
ELR	Electriciteitsraad
EZ	Departement van Economische Zaken
EZH	Electriciteitsbedrijf voor Zuid-Holland
FOM	Stichting Fundamenteel Onderzoek der Materie
GEZR	Gezondheidsraad
GKN	nv Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale Nederland
GSDR	Gedeputeerde Staten van Drenthe
GSFR	Gedeputeerde Staten van Friesland
GSGE	Gedeputeerde Staten van Gelderland
GSGR	Gedeputeerde Staten van Groningen
GSLI	Gedeputeerde Staten van Limburg
GSNB	Gedeputeerde Staten van Noord-Brabant
GSNH	Gedeputeerde Staten van Noord-Holland
GSOV	Gedeputeerde Staten van Overijssel
GSUT	Gedeputeerde Staten van Utrecht
GSZE	Gedeputeerde Staten van Zeeland
GSZH	Gedeputeerde Staten van Zuid-Holland
HBG	nv Hollandse Beton Groep
HOLEC	Holec nv
ICK	Interdepartementale Commissie voor de Kernenergie
INTERFUEL	Interfuel bv
INTM	Internatio Müller nv
IRI	Interuniversitair Reactor Instituut
IRK	Industriële Raad voor de Kernenergie
IRS	Instituut voor Radiopathologie en Stralingsbescherming
ITAL	Instituut voor de Toepassing van Atoomenergie in de Landbouw
KAMKERN	Vaste Kamercommissie voor de Kernenergie
KEMA	nv tot Keuring van Electronische Materialen
KFD	Kernfysische Dienst
KIVI	Koninklijke Instituut voor Ingenieurs
KNAW	Koninklijke Nederlandse Academie voor Wetenschappen
KSTR	KEMA Suspensie Test Reactor
KWU	Kraftwerk Union A.G.
LSEO	Landelijke Stuurgroep voor Energieonderzoek
LWR	Licht Water Reactor
NEC	Nederlands Electrotechnisch Commitee
NEOM	Nederlandse Energieontwikkelings Mij.

NERATOOM	bv Neratoom
NERO	Nederlands Eerste Reactorontwerp
NIVEE	Nederlands Instituut voor Electrowarmte en Electrotechniek
NUCON	Nuclear Engineering and Contracting bv
OGEM	nv Overzees Gas en Electriciteits Mij.
OW	Departement van Onderwijs en Wetenschappen
PEBFR	Provinciaal Electriciteitsbedrijf van Friesland
PEGUS	nv Provinciaal en Gemeentelijk Utrechts Stroomleveringsbedrijf
PEN	Provinciaal Electriciteitsbedrijf van Noord-Holland
PGEM	nv Provinciaal Gelderse Electriciteits-maatschappij
PLEM	nv Provinciale Limburgse Electriciteits-maatschappij
PNEM	nv Provinciale Noord-Brabantse Electriciteitsmaatschappij
PWR	Druk Water Reactor
PZEM	nv Provinciale Zeeuwse Energie Maatschappij
RAWB	Raad van Advies voor het Wetenschapsbeleid
RCN	Stichting Reactorcentrum Nederland
RDM	Rotterdamse Droogdok Maatschappij
RSV	Rijn-Schelde-Verolme Machinefabrieken nv
RWE	Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG
SBK	Schnell Bruter Kernkraftwerkgesellschaft mbH
SEP	nv Samenwerkende Electriciteitsproductie-bedrijven
SHELL	nv Koninklijke Nederlandse Petroleum Maatschappij
SHV	nv Steenkolenhandelsvereniging
SIEMENS	Siemens Nederland nv
SNR	Snelle Natriumgekoelde Reactor
SZ	Department van Sociale Zaken
TNOC	Centrale Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek
TNOGO	Gezondheidsorganisatie TNO
TNONO	Nijverheidsorganisatie TNO
TNORVO	Rijksverdedigingsorganisatie TNO
UCN	Ultracentrifuge Nederland nv
UC-project	Ultracentrifuge-project
URENCO	Urenco Ltd.
VDEN	Vereniging van Directeuren van Electriciteitsbedrijven in Nederland
VEEN	Veroniging van Exploitanten van Electriciteitsbedrijven in Nederland
VM	Departement van Volksgezondheid en Milieuhygiëne
VMF	Verenigde Machinefabrieken nv
WRK	Wetenschappelijke Raad voor de Kernenergie
IJC	nv Electriciteitsmaatschappij IJsselcentrale
ZWO	Nederlandse Organisatie voor Zuiver Wetenschappelijk Onderzoek

HOOFDSTUK 3

BESLUITVORMING RADIOAKTIEF AFVAL

BESLUITVORMING RADIOACTIEF AFVAL

In dit hoofdstuk zullen we bespreken, hoe de besluitvorming over de plannen tot opslag van radioactief afval in het zout van Groningen en Drente is gegaan. Daarbij komt aan de orde: wat de plannen van de overheid zijn; welke instanties en organisaties van belang zijn; de mening van de provincies Groningen en Drente; de vragen die in de Tweede Kamer zijn gesteld over de proefboringen.

Om de plannen voor de proefboringen te begrijpen, moeten we teruggrijpen naar de Energienota 1974. We beginnen dus met een stukje voorgeschiedenis.

1. De Energienota 1974.

In deze Energienota wordt de beginselbeslissing aangekondigd om 3 kerncentrales van elk 1000 MWe te bouwen, die in of omstreeks 1985 beschikbaar zouden moeten komen.

.1. Welke zijn de argumenten die in de Energienota staan om kernenergie in te voeren? Ten eerste dat elektriciteit uit een kerncentrale goedkoper is dan elektriciteit uit een met olie, gas of kolen gestookte centrale. Dit argument is niet meer houdbaar (1). Als tweede argument wordt gebruikt dat spreiding over verschillende brandstoffen van belang is om te zorgen dat we niet van één of twee soorten brandstof afhankelijk zijn. Want als we enkel olie gebruiken en de oliekraan wordt dichtgedraaid, dan stort de energievoorziening in elkaar. Over dit argument willen we opmerken, dat hier volgens ons uit moet volgen dat zoveel mogelijk zonne- en windenergie moet worden toegepast, want dan zijn we van geen enkele buitenlandse producent meer afhankelijk! De Energienota behandelt de termijn tot 1985. In de toekomst is kernenergie niet noodzakelijk: besparing, toepassen van zon- en windenergie en gebruik van kolen is ook mogelijk.

.2. Het beginselbesluit is gebonden aan de volgende voorwaarden:

1. De centrale overheid moet op een aantal punten van de organisatiestruktuur een beslissende stem hebben;
2. De Samenwerkende Elektriciteit Produktiebedrijven (SEP) moeten een volledige analyse van de risico's maken van alle fasen van de splijtstofcyclus; hieronder valt ook de behandeling van radioactief afval.
3. De Gezondheidsraad moet een studie maken van de invloed van kernenergie op de volksgezondheid en het milieu;
4. De Commissie Reactorveiligheid moet een rapport uitbrengen over de veiligheid van de splijtstofcyclus in Nederland met inbegrip van o.a. opslag en transport van splijtstoffen.
5. Voordat met de bouw van kerncentrales begonnen zal kunnen worden, moeten de problemen in verband met de vestigingsplaatsen bestudeerd worden.

Aan de eerste voorwaarde zal voldaan kunnen worden kort nadat de Regering een definitief besluit over de bouw van de 3 kerncentrales zal hebben genomen (2).

De rapporten onder 2, 3 en 4 zijn verschenen en geven volgens de Interdepartementale Commissie voor de Kernenergie (ICK) (3) geen aanleiding om op het beginselbesluit terug te komen, de Regering, die zich door de ICK laat adviseren, handhaaft het beginselbesluit ook. Naar de kritiek die op deze rapporten is uitgeoefend, wordt niet geluisterd (4).

Over de vestigingsplaatsen van kerncentrales wordt in de Energienota niets gezegd.

2. Hoe de Regering besloot de beslissing over de bouw van 3 kerncentrales uit te stellen, (brief van 19-1-76) (5).

Eind 1975 vergaderde de Regering uren- en nachtenlang over kernenergie. Het ging om de vraag of er nu wel of niet 3 kerncentrales gebouwd zouden moeten worden. Den Uyl vond de conclusie uit de verhitte discussie: de beslissing uitstellen. De beginselbeslissing tot de bouw van 3 kerncentrales is dus niet in een definitief besluit omgezet. Ook heeft de Regering niet beslist, waar de kerncentrales zouden moeten komen, hoewel dat aanvankelijk wel de bedoeling was. De volgende oplossing werd gevonden: er wordt een inspraakprocedure gestart over de plaats waar kerncentrales zouden kunnen komen. De inspraak gaat daarbij niet over de vraag, of we wel kernenergie willen, enkel over de vraag waar kerncentrales kunnen komen. Tegen deze

gang van zaken en de uitermate slechte voorlichting van de overheid is nogal wat bezwaar gemaakt (6). Hoe het ook zij, de beslissing was uitgesteld; omdat een inspraakprocedure een jaar of 2 duurt, hoefde voor de verkiezingen van mei 1977 geen besluit te worden genomen.

Een interessant punt in brief van 19-1-'76 is ook dat besloten is onderzoek, met inbegrip van proefboringen, te verrichten naar de mogelijkheid radioaktief afval op te slaan in zoutlagen. Nu was een rapport over o.a. opslag van afval een van de voorwaarden van het besluit voor de bouw van 3 kerncentrales.

Opvallend vinden we het advies van de ICK aan de regering. Deze commissie van ambtenaren stelt dat de regering kan beslissen over de bouw van kerncentrales, zonder dat bekend is, wat men met het radioactieve afval aan moet; want, zo lezen we, er bestaat goede hoop dat het probleem snel opgelost zal zijn en het probleem gaat ook pas spelen in de tweede helft van de jaren tachtig.

We proeven uit deze passage, 1. dat het onderzoek en de proefboringen gewoon door moeten gaan, wat er ook voor bezwaren tegen in worden gebracht; 2. dat het onderzoek niet dient om na te gaan of opslag van radioactief afval wel mogelijk is, maar om de beste opslagmogelijkheid uit te zoeken.

We zijn van mening dat onderzoek niet kan wijzen, of opslag van radioactief afval mogelijk is. We willen daar nu vast één argument voor geven: met onderzoek en proefboringen kan niet aangetoond worden, dat er niets gebeur met de zoutkoepel gedurende de tijd dat het radioactief afval er opgeslagen zou moeten worden. We begrijpen dan ook niet waar de ICK de goede hoop vandaan haalt, dat het probleem snel opgelost zal worden.

Voor de volledigheid laten we nu een stukje uit de brief van 19-1-'76 volgen: "Tegelijkertijd heeft de Ministerraad besloten een integraal onderzoek in te doen stellen naar alle fasen van de verwerking van radioactiefafval. Daarbij zal ook het onderzoek naar de mogelijkheden tot definitieve verwijdering van radioactief afval met kracht worden voortgezet. Een in te stellen interdepartementale werkgroep zal tezamen met deskundigen van de Rijksgeologische Dienst en het RCN een onderzoek - met inbegrip van proefboringen - doen instellen naar de mogelijkheid en aanvaardbaarheid van opslag in steenzoutformaties. Daartoe zal ter zake nauw contact worden onderhouden met de betrokken provinciale en gemeentelijke autoriteiten."

Uit dit stukje kunnen we niet opmaken wat met "aanvaardbaarheid" bedoeld wordt. Wat is onderzoek naar de "aanvaardbaarheid van opslag in steenzoutformaties?" We konden dat niet te weten komen.

Het onderzoek wordt gedaan door de Interdepartementale Commissie voor de Kernenergie, die een sub-commissie heeft genaamd: Sub-Commissie Radioactieve Afvalstoffen. Deze sub-commissie is met het onderzoek belast. Deze sub-commissie bestond al in 1975, is dus niet ingesteld naar aanleiding van de brief van 19-1-'76. Twee rapporten van deze sub-commissie zijn van groot belang in de discussie over de opslag van radioactief afval in zoutkoepels. Daarom zullen we deze rapporten bespreken.

3. De rapporten van de Sub-Commissie Radioactieve Afvalstoffen.

3.1. Het rapport van 1975 (7).

In het rapport van 1975 zijn een aantal mogelijkheden besproken om het probleem van het radioactieve afval op te lossen.

Tot nu toe wordt een deel van het radioactieve afval in zee gestort. Dit gebeurt in het noordelijk deel van de Atlantische Oceaan, op een diepte van 4 à 5000 meter. Het afval wordt daartoe samengeperst in stalen vaten en verzwaard met beton. Maar een deel van het radioactieve afval is ongeschikt om volgens deze methode verwijderd te worden. Bovendien, zo vermeldt het rapport, zijn er bezwaren aan storten in de oceaan. Indien de vaten op de zeebodem liggen is het niet mogelijk ze weer naar boven te halen, als dit om de een of andere reden gewenst zou zijn. Storten in de oceaan is naar verhouding duur: om een kleine hoeveelheid afval te verwijderen moet een veel grotere hoeveelheid staal en beton over een afstand van ongeveer 950 km

vervoerd worden. Ook staat het niet vast of de stortingen nog tientallen jaren door kunnen gaan. Daarom wil de sub-commissie onderzoeken of er andere oplossingen zijn voor de opslag van radioactief afval,

Bovengrondse opslag is niet geschikt, omdat opslagruimten vele honderden jaren een bron van gevaar kunnen worden en zorgvuldig bewaakt en gekontroleerd moeten worden.

Ook wordt opslag in sleuven op een diepte van enkele meters niet aanvaardbaar geacht, vanwege de bodemgesteldheid in Nederland.

Voorstellen om het radioactief afval per raket de ruimte in te schieten rekent men voorlopig niet tot de aanvaardbare mogelijkheden.

Het rapport geeft als overblijvende mogelijkheid de opslag op grote diepte in daarvoor geschikte gesteenten. Hiervoor komt in Nederland het steenzout in aanmerking. Dit steenzout moet voldoen aan de eis dat er een natuurlijke barrière bestaat tussen het radioactieve afval en de biosfeer. Tevens moet het steenzout redelijk stabiel zijn.

Het rapport van 1975 constateerde over het Nederlandse steenzout:
"Van de in de Nederlandse bodem voorkomende zoutafzettingen zijn vele ontstaan in de als Zechstein aangeduide periode, 200 - 220 miljoen jaren geleden. Sinds deze periode heeft het deel van de aardkorst dat thans Nederland heet, zeer grote veranderingen doorgemaakt. Grote stijgingen en dalingen hebben zich voorgedaan. Gebergten hebben zich gevormd en zijn weer verdwenen. Ook hebben zich sinds het ontstaan van de bewuste zoutopstuwingen extreme verschillen in klimaat voorgedaan, van warme woestijnomstandigheden tot poolsituaties tijdens de IJstijden. Gedurende de Saale-periode reikte het landijs tot de lijn Amsterdam - Nijmegen. In de gehele periode, die zeer veel langer is dan het bestaan van de mensheid en ondanks alle hierboven genoemde veranderingen, zijn de zoutafzettingen blijven bestaan, zodat ze aan de eis van redelijke stabiliteit voldoen. (We betwijfelen dit; de zoutafzettingen hebben voldaan aan deze eis. Daar volgt niet uit dat ze in de toekomst redelijk stabiel zullen blijven).
Wat betreft het tweede vereiste, het geïsoleerd zijn van de biosfeer, kan uit het feit dat de steenzoutafzettingen reeds zo lang bestaan, worden geconcludeerd dat zij gedurende die periode niet of nauwelijks door water zijn aangetast." (Rapport 1975, pag. 26/27).

Vervolgens heeft men in het rapport van 1975 de volgende criteria uitgewerkt voor de eventuele selectie van een zoutkoepel (pag. 31/32):

a. de top van het steenzout dient te liggen beneden het niveau waar ter plaatse nog grondwater aan de hydrologische kringloop deelneemt;
b. de dikte van de zoutafzettingen dient tenminste 500 m. te bedragen
c. de zoutkoepel dient bij voorkeur afgedekt te zijn door een laag z.g. caprock bestaande uit anhydriet-gips of ander doorlatend materiaal
d. boven de caprock dient zich een kleilaag of zandige kleilaag te bevinden
e. bij voorkeur dient een afsluitende kleilaag of zandige kleilaag aanwezig te zijn beneden het waterwerende pakket, dat aan de hydrologische kringloop deelneemt
f. de voorkeur verdient een tectonisch rustige zoutkoepel in verband met de zoutkruip
g. het steenzout moet zo zuiver mogelijk van samenstelling zijn en goede sterkte-eigenschappen bezitten
h. er mogen in het steenzout ter plaatse van de aan te leggen storthoogte geen kalium/magnesium of lagen van klei, kalksteen of anhydriet aanwezig zijn
i. de aanwezigheid in het zout van gas- of zouwater insluitingen noopt tot grote voorzichtigheid
j. in of rondom de zoutkoepel dienen geen bitumina prospects aanwezig te zijn
k. tectonische werking in of rondom de zoutkoepel dient afwezig te zijn
l. er dient geen concessie of boorvergunning ten aanzien van de zoutkoepel te bestaan
m. de zoutkoepel dient vrij te zijn van andere bestemmingen, zoals berging van olie, gas of chemisch afval
n. rekening moet worden gehouden met werken ten behoeve van de drinkwatervoorziening of plannen daarvoor
o. grote aandacht dient te worden geschonken aan voorkoming van aantasting van natuurgebieden tengevolge van toegangswegen en boven- en ondergrondse werken
p. eveneens dient rekening te worden gehouden met andere factoren van planologische aard

Tenslotte geeft het rapport van 1975 nog een drietal aanbevelingen t.a.v. het onderzoek naar de mogelijkheden van berging van radioactief afval in steenzout:

a) Daar het aanbrengen van een bergruimte in het steenzout een ingreep in de formatie betekent moeten de mijnbouw-technische mogelijkheden zorgvuldig worden onderzocht.
b) De als bijdrage bij het Rapport van 1975 gevoegde risico-analyse moet zorgzuldig worden nagegaan en worden toegepast op één of meer concrete steenzoutformaties.
c) Nagegaan dient te worden aan welke organisatie de zorg voor de gehele behandeling van radioactief afval moet worden toevertrouwd.

3.2. Het rapport van 1977 (8)

Het rapport van 1977 gaat o.a. in op de keuze van zoutformaties, die nader onderzocht moeten worden; ook wordt een onderzoeks-projekt voorgesteld. Om het rapport van 1977 goed te kunnen begrijpen, is het niet voldoende de belangrijkste punten uit het rapport naar voren te halen. Het blijkt dat aanvullende informatie noodzakelijk is, die we o.a. kunnen vinden in antwoorden op vragen die door leden van de Tweede Kamer gesteld zijn.

3.2.1. Zoals boven al vermeld verricht de Sub-Commissie Radioactieve Afvalstoffen het onderzoek - met inbegrip van proefboringen - naar de mogelijkheid en aanvaardbaarheid van opslag in zoutformaties. Voor dit onderzoek heeft de Sub-Commissie in 1976 werkgroepen ingesteld. In deze werkgroepen zitten ambtenaren van de betrokken Departementen en Rijksdiensten. Daarnaast zitten er als adviseurs, deskundigen van buiten het ambtelijk apparaat, bijvoorbeeld Energie-onderzoek Centrum Nederland (ECN), Technische Hogeschool Delft en Kema. De opdrachten van de werkgroepen zijn:

<u>Werkgroep A</u>: bestudering van financiële, organisatorische en juridische problemen;
<u>Werkgroep B</u>: het verzamelen van concrete gegevens over een aantal in Nederland aanwezige zoutformaties op basis van de in 3.1. vermelde criteria; het ontwerpen van een onderzoekprogramma; het begeleiden van de uitvoering daarvan;
<u>Werkgroep C</u>: bestudering van mijnbouw-technische vraagstukken;
<u>Werkgroep D</u>: het uitvoeren van risico-analyses.

In februari is nog een vijfde werkgroep ingesteld, met als taakomschijving:
<u>Werkgroep E</u>: onderzoeken op welke wijze opslag van radioactief afval bovengronds zou moeten plaatsvinden, indien berging in steenzout (nog) niet zou zijn gerealiseerd en ook storten in de Oceaan van LAVA en MAVA niet mogelijk zou zijn.

In de werkgroepen zitten deskundigen van buiten het ambtelijk apparaat. Er zitten echter geen deskundigen in, die zich critisch tegenover de opslag van het afval hebben opgesteld. We vinden de samenstelling van de werkgroepen dan ook eenzijdig.

3.2.2. De Sub-Commissie is nagegaan welke zoutformaties nader onderzocht moeten worden. In het rapport van 1977 lezen we op blz. 12 het volgende. De nederlandse zoutformaties worden al jarenlang gebruikt voor het winnen van zout en dergelijke, of zijn daarvoor bestemd. In of nabij andere zoutvoorkomens is geboord naar aardolie of aardgas. Deze zoutformaties voldoen niet aan de criteria j. en m. in de lijst onder 2.

Verder op dezelfde bladzijde: op grond van deze overwegingen, tesamen met de beschikbare (geologische) gegevens over de dieper gelegen bodemlagen, is het aantal zoutformaties dat misschien voor onderzoek in aanmerking komt allereerst teruggebracht tot 12 en deze serie is wederom teruggebracht tot 5, nl.:

a. Gasselte-Drouwen, gelegen in de gemeenten Borger en Gasselte,
b. Schoonlo, gelegen in de gemeente Rolde,
c. Pieterburen, gelegen in de gemeente Eenrum,
d. Onstwedde, gelegen in de gemeente Stadskanaal,
e. Anlo, gelegen in de gemeente Anlo.

Er wordt bij opgemerkt dat de keuze is gemaakt uitsluitend op de beschikbare geologische gegevens. Deze gegevens zijn nog niet volledig, omdat nauwkeurige gegevens over het inwendige van de zoutformaties ontbreken. Daarom is nader onderzoek en proefboringen nodig.

De volgorde geeft geen rangorde aan. "Volgens de thans beschikbare, nog niet volledige gegevens lijken de zoutformaties Gasselte-Drouwen en Schoonloo wat beter geschikt dan de overige drie, die onderling gelijkwaardig moeten worden geacht." (blz. 8). Er wordt met de meeste nadruk op gewezen dat nader onderzoek, tesamen met de andere criteria, de rangvolgorde kan wijzigen "of zelfs het resultaat kan opleveren dat geen van de vijf zoutformaties geschikt is." (blz. 8).

Hoe komt men nu aan 12 respektievelijk 5 zoutformaties die voor nader onderzoek in aanmerking zouden kunnen komen? Om deze vraag te beantwoorden halen we antwoorden van de regering op vragen van leden van de Tweede Kamer er bij (9).

In 1973 heeft de Rijks Geologische Dienst op verzoek van het Reactor Centrum Nederland (het huidige Energie-onderzoek Centrum Nederland, ECN) een studie verricht naar steenzoutformaties die mogelijk in aanmerking zouden kunnen komen voor de opslag van laag- en middelactief vast radioactief afval. Aan de hand van de seismische gegevens die de RGD heeft zijn eerst 11 zoutvoorkomens uitgekozen (antwoord 1 augustus 1977). Volgens de antwoorden van 20 december 1977 zijn in het rapport van de RGD 10 zoutvoorkomens besproken, die nog niet voor de winning van delfstoffen in gebruik waren. Deze 10 zoutvoorkomens bestaan uit: 6 zoutkoepels; een zoutmuur; een zoutlaag en twee zoutkussens; een zoutvoorkomen, bestaande uit drie zoutkussens. De twee respektievelijk 3 zoutkussens, worden als één zoutvoorkomen geteld.

Bestudering van deze zoutvoorkomens door de Sub-Commissie Radioactieve Afvalstoffen gaf, zo antwoordt de regering, als resultaat dat het radioactieve afval niet meer dan 1000 meter diep opgeborgen mag worden. Als gevolg van de temperatuurstijging zou op grotere diepten dan 1000 meter zout plastisch kunnen vervormen.

Hierbij past de volgende kanttekening: deze informatie staat niet in het rapport van de Sub-Commissie en het blijft de vraag waarom bij een diepte minder dan duizend meter zout niet plastisch vervormt; hierover later meer.

We gaan nu verder met de antwoorden van de regering. De zoutformatie moet stabiel zijn. Met het oog hierop moet volgens de veiligheidsvoorschriften van het Staatstoezicht op de Mijnen tenminste een veiligheidsdak van 200 meter maagdelijk steenzout boven de opbergruimte zijn. Ook moet er minstens 200 meter maagdelijk steenzout onder de opbergruimte zijn. Daarom moet een zoutvoorkomen voor de opslag van radioactief afval een dikte hebben van tenminste 500 meter.

De zoutlaag, die tot de 10 zoutvoorkomens behoort is ongeveer 70 meter dik; de zoutkussens hebben een dikte van minder dan 400 meter. Daarom zijn zowel de zoutlaag als de zoutkussens ongeschikt voor de dumping van radioactief afval.

De top van de zoutmuur ligt op 600 meter diepte. Met inachtneming van de veiligheidslaag zou een opbergruimte beneden de 800 meter komen. De Sub-Commissie vindt dat dan de grens van 1000 meter te dicht benaderd zou worden. Daarom valt ook de zoutmuur af.

Blijven nog de zoutkoepels over. Daarvan bevindt zich er een in een gebied waarvoor een concessie of boorvergunning is afgegeven; deze valt dus ook af. Zodoende dat er 5 zoutkoepels zijn overgebleven voor nader onderzoek.

Over meer informatie kunnen wij niet beschikken. We weten bv. niet waar de zoutkussens liggen. Dat ligt niet aan onze onzorgvuldigheid. Maar het rapport van 1973 van de RGD is geheim en moet volgens de regering geheim blijven. In de antwoorden van 20 december 1977 staat: "Het belang van een dergelijke publikatie weegt niet op tegen het belang onevenredige benadeling van natuurlijke personen of rechtspersonen, die de publikatie tot gevolg zou kunnen hebben, te voorkomen. Hierbij moet ook gedacht worden aan negatieve repercussies ten aanzien van verdere opsporing en winning van delfstoffen, indien als 'vertrouwelijk' verschafte respectievelijk beschouwde gegevens publiek gemaakt worden." De regering probeert de democratie nog te redden door toe te staan dat 'leden van de Tweede Kamer vertrouwelijk kennis kunnen nemen van het rapport.' In gewoon nederlands heet dit: het belang van ondernemingen is groter dan het belang van een democratische besluitvorming over de opslag van radioactief afval.

3.2.3. Wat onderzocht zou moeten worden.

De taak van werkgroep B is het verzamelen van gegevens over de 5 zoutformaties. Daarom heeft werkgroep B een onderzoek-projekt ontworpen. Het eerste deel van dit onderzoek bestaat uit 'geologisch en hydrologisch onderzoek van de matig diepe ondergrond ter plaatse van de 5 zoutformaties.' In de omgeving van de zoutformaties zullen een aantal ondiepe boringen worden verricht (minder dan 300 meter) om vast te stellen dat de zoutformatie geen contact heeft met het grondwater. Per zoutformatie zijn hiervoor ten hoogste 6 boringen nodig.

De volgende fase zal bestaan uit proefboringen in het steenzout zelf. De uitvoering hiervan hoeft niet noodzakelijk te wachten op de eerste fase, staat op blz. 9 van het rapport 1977. Waarom dat zo is staat er niet bij. De proefboringen zullen zoveel mogelijk gebeuren boven de top van de zoutkoepel. De boorgaten moeten op een onderlinge afstand van ongeveer 250 meter liggen. Volgens antwoorden van de regering van 33 nov. 1976 zijn voor elke zoutkoepel 3 proefboringen nodig, volgens de antwoorden van de regering van 31 maart 1977 zijn in beginsel 2 proefboringen nodig om voldoende inzicht te krijgen in de samenstelling van een zoutkoepel. Dit betwijfelen we (zie 5.2). Waarvoor dient het inzicht? Voor het uitzoeken van de meest geschikte zoutkoepel? Waarom die verschuiving van 3 naar 2 proefboringen? Men gaat er van uit dat men met het onderzoek gegevens verkrijgen zal op grond waarvan men vast kan stellen of de zoutkoepel voldoet aan de volgende criteria; die we de letters geven van de criteria van 1975 (zie 3.1.).

a. Of de top van het steenzout beneden het niveau ligt waar ter plaatse nog grondwater aan de hydrologische kringloop deelneemt.
b. Of de steenzoutafzetting ten minste 500 meter dik is.
c. Of de zoutkoepel afgedekt is door een laag caprock.
d. Of er zich boven de caprock een kleilaag of een zandige kleilaag bevindt.
e. Of er zich beneden het watervoerende pakket, dat aan de hydrologische kringloop deelneemt een afsluitende kleilaag of zandige kleilaag aanwezig is.
f. In hoeverre het steenzout van zuivere samenstelling is en hoe de sterkte-eigenschappen zijn.
g. Of er in het steenzout geen kalium/magnesium lagen of lagen van klei, kalksteen of anhydriet aanwezig zijn.
h. Of er in het steenzout gas- of zoutwaterinclusies aanwezig zijn.

De uitkomsten van de hierboven vermelde onderzoek zullen, naast een verdere toetsing aan de 'geologische criteria' mede de basis-gegevens moeten verschaffen om te bepalen welke mijnbouwtechnieken kunnen worden toegepast en voorts noodzakelijke gegevens moeten verschaffen voor het opstellen van risico-analyses.

Het hierboven omschreven project zou, indien de gegevens verkregen in de eerste en tweede fase daartoe aanleiding geven, gevolgd kunnen worden door de aanleg van een ruimte in het steenzout.

De uitvoering van hetgeen hierboven omschreven is als eerste en tweede fase is een taak die voor sommige onderdelen door gespecialiseerde instellingen zou moeten worden verricht. Zo zal het verrichten van diepe boringen door een daarin gespecialiseerde onderneming moeten worden verricht en is ook het gesteente-mechanisch-onderzoek een project dat het beste kan worden verricht bij een in dit werk gespecialiseerd instituut, waarschijnlijk in het buitenland. Er zullen derhalve voor de uitvoering van het project een aantal contracten moeten worden gesloten. Dit heeft werkgroep B ertoe gebracht - en de Sub-Commissie ondersteunt dat - de uitvoering zodanig te organiseren dat één instantie optreedt als directievoerder en als zodanig de nodige contracten sluit, terwijl een andere instantie het onderzoek begeleid. Het ECN is bereid gevonden de directievoering op zich te nemen. De Rijks Geologische Dienst, zou waar nodig in overleg met deskundigen van andere instanties met de begeleiding kunnen worden belast. We vinden dit een vreemde gang van zaken. Bij de samenstelling van de werkgroepen zijn leden van het ECN en de RGD betrokken als adviseurs. Nu blijkt dat deze instanties niet slechts advies geven, maar een belangrijke taak krijgen bij de uitvoering van het geplande onderzoek.

3.2.4. Tijdschema van het onderzoek

Met de uitvoering van het onderzoek-project zullen 4-6 jaren zijn gemoeid. Werkgroep A heeft deze kwestie in het bijzonder bestudeerd en is daarbij tot het volgende tijdschema gekomen.

1e jaar: - verwerving van toestemming van zakelijke gerechtigden voor ondiepe boringen en geohydrologische gegevens te verkrijgen;
- het verwerven van seismische lijnen en mogelijk andere gegevens;
- verrichten van hydrologisch onderzoek;
- schadeloostelling.

2e jaar: - aanvraag van de benodigde vergunningen voor proefboringen in het steenzout tot een diepte van 1000 m., per zoutkoepel zijn twee boringen nodig;
- aanvragen van eventueel benodigde bouw- of aanlegvergunningen krachtens Woningwet, Waterstaatswetgeving, bestemmingsplannen, voorbereidingsbesluiten, voor tijdelijke bouwwerken en verhardingen;
- reserveren van een bootinstallatie;
- inrichten locaties.

3e jaar: - verrichten van de proefboringen en bestudering van de verkregen gegevens;
- eventueel voortzetting van het geohydrologisch onderzoek.

4e jaar: - zonodig voortzetten van de proefboringen en bestudering van de gegevens;
- verrichten van geofysiche metingen;
- verrichten van boorkernonderzoek;
- samenvattende rapportering;
- eventueel indienen aanvragen bouw- en aanlegvergunningen.

5e jaar: - afdichten en opruimen van proefboringen;
- verwijdering van boorinstallatie(s) en wederoplevering van terrein(en) in de oorspronkelijke staat.

Het rapport van 1975 (criterium h voor de geschikte zoutkoepel) spreekt over een aan te leggen stortholte. Nu echter wordt de voorkeur gegeven aan een mijn, een voor mensen toegankelijke ruimte. De Sub-Commissie Radioactiefe Afvalstoffen geeft daarvoor als argumenten:

1. de aanleg van een stortholte geeft nauwelijks tijdwinst t.o.v. de aanleg van een mijn;
2. de 'kosten van beide oplossingen' zullen niet sterk uiteenlopen.
3. voor de berging van het kernsplijtingsafval (KSA; we komen er later op terug) is in ieder geval een mijn vereist;
4. een mijn is toegankelijk voor mensen; dit heeft als voordeel, dat men het opgeslagen afval kan bekijken, proeven kan doen met de wijze van opslag, veranderingen in de opbergwijze kan aanbrengen en desgewenst het afval ook weer uit de mijn kan verwijderen.

Dit laatste punt, levert wel een paar nieuwe problemen op; namelijk hoe men wil zoorkomen dat onbevoegden bij het afval kunnen. Ook begrijpen we niet hoe men beveiliging en bewaking van een mijn wil organiseren. Trouwens, als de opberging zo veilig is als de overheid stelt, is het toch helemaal niet nodig proeven te doen met de wijze van opslag en de mogelijkheid te hebben het afval uit de mijn te verwijderen? Of zou de opslag soms toch niet zo veilig zijn?

Door de vertraging - zo zegt de Sub-Commissie Radioactieve Afvalstoffen - in de uitvoering van het geohydrologisch en geologisch onderzoek dreigt het vinden van een oplossing voor de opslag van radioactieve afvalstoffen ernstig in gevaar te komen. Dit blijkt uit het volgende tijdschema.

"Stel dat het geohydrologisch en geologisch onderzoek als omschreven in 1978 kan worden begonnen. Het onderzoek is dan gereed in 1983. Indien in dat zelfde jaar op grond van de resultaten van het onderzoek de beslissing tot aanleg van een mijn zou worden genomen, moeten vervolgens de plannen voor een dergelijke mijn worden uitgewerkt, de nodige vergunningen worden aangevraagd en verkregen, en de werken worden aanbesteed. Hiermede zullen waarschijnlijk nogmaals enige jaren gemoeid zijn rekening houdende met de tijd die nu eenmaal voor de te volgen procedure nodig is. Dit brengt met zich mede dat het begin van de aanleg van een mijn niet zal kunnen beginnen voor 1989 - 1990. De aanleg zelf zal circa 5 jaren in beslag nemen. De mijn is dan gereed in 1995. Aangenomen mag worden dat daarna enige jaren nodig zullen zijn om onder praktijk-omstandigheden de beste wijze van berging vast

te stellen, zodat van een geregeld bedrijf eerst tegen 2000 sprake zal zijn. Hieruit volgt dat ook zonder verdere vertraging in het onderzoek een ernstige situatie dreigt te ontstaan. Elk nieuwe optredende vertraging verergert deze situatie, ook voor het opbergen van het LAVA en MAVA, dat voor het grootste deel niet ontstaat door het opwekken van electriciteit met behulp van kernenergie." (p. 21).

Het is niet waar dat het grootste deel van het afval niet ontstaat door kernenergie (afval uit ziekenhuizen ed. per jaar 9 ton; afval bij de bouw van 3 kerncentrales 3600 ton per jaar). En afval van kerncentrales is veel en veel giftiger.

Vermoedelijk zal het tijdschema uitlopen. De Ministers van Economische Zaken en Volksgezondheid en Milieuhygiëne hebben namelijk toegezegd dat de regering het onderzoek (met proefboringen) zo open mogelijk wil uitvoeren en dat ze de resultaten van het onderzoek openbaar zullen maken. Zijn de resultaten zo, dat de regering vindt dat het radioactieve afval in het zout gedumpt kan worden, dan zal de regering een beleidsvoornemen publiceren. Daar zal inspraak over mogelijk zijn, zowel schriftelijk als mondeling, in hoorzittingen. Deze inspraak neemt bij vergelijkbare beleidsvoornemens, minstens 2 jaar in beslag. Als de inspraak het beleidsvoornemen van de regering niet verandert, zal dus niet voor 1991 kunnen worden begonnen met de aanleg van een mijn. De mijn is dan niet voor 1997 klaar. Dit allemaal onder de vooronderstelling, dat met het onderzoek in 1978 kan worden begonnen. Hopelijk moet het onderzoek afgelast worden, om redenen die we nog verder uiteen zullen moeten zetten.

De hele formulering van het citaat wijst erop, dat het niet een onderzoek is naar de mogelijkheid en aanvaardbaarheid van opslag van afval, maar een onderzoek naar de beste manier om afval op te slaan, gegeven dat er afval is.

3.3. Het onderzoeksvoorstel van de Rijksgeologische Dienst.

Dit onderzoeksprojekt is aangemeld als een Nederlands projekt in het (let wel!) Milieu-actie-programma van de Europese Gemeenschap. Dit met het oog op het eventueel aangaan van een onderzoekscontract. De onderhandelingen daarover waren in mei 1977 nog niet afgesloten.

Volgens de antwoorden op de vragen van leden van de Tweede Kamer, d.d. 1 aug. 1977, zijn er 3 redenen om een onderzoekscontract met de EEG aan te gaan:

1. dit houdt in dat de resultaten van soortgelijke onderzoekingen die in andere landen worden verricht, ook voor Nederland beschikbaar komen;
2. verder vormt deelneming van de EEG een extra garantie voor een doeltreffend programma ;
3. het betekent een verlichting van de kosten.

We vragen ons af of deelneming van de EEG ook betekent dat EEG-afval in Nederland gedumpt zal worden, of dus klopt wat Baas van Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne op een forum in Stadskanaal zei: "Nederland laat in België de splijtstof opwerken en dan zou afval van België en Luxemburg in Nederland opgeborgen kunnen worden in het zout." (HP - 1976)

In dezelfde antwoorden van 1 aug. 1977 deelt de regering mee geen bezwaar te maken tegen de openbaarmaking van het onderzoeksprogramma dat bij de EEG is aangemeld; enige exemplaren met de 'bijbehorende brief van 21 december 1976 zijn bij de Griffie van de Kamer gedeponeerd.' Het rapport is opgesteld door de Rijks Geologische Dienst (RGD). (10)

Deze openbaarmaking komt als mosterd na de maaltijd. Het rapport was namelijk al openbaar gemaakt door de Alarmgroep Atoomplannen! Dit gebeurde op 25 maart 1977.

In dit rapport wordt een opsomming gegeven van de eisen waaraan de zoutkoepel die ideaal is voor het opbergen van het radioactief afval, zou moeten voldoen:

1. de top van het steenzout zou onder het nivo van de grondwatercirkulatie gelegen moeten zijn;
2. de dikte van de zoutafzettingen zou voldoende moeten zijn;
3. de zoutkoepel zou een caprock van ondoordringbaar materiaal moeten hebben;
4. boven de caprock zou een kleilaag of een zandige kleilaag aanwezig moeten zijn;
5. bij voorkeur zou een ondoordringbare kleilaag of zandige kleilaag aanwezig moeten zijn onder het het waterdragende zysteem dat deelneemt aan de hydrologische cirkulatie;
6. het zout zou redelijk stabiel moeten zijn (weinig kruip);
7. het zout zou zo zuiver mogelijk en van goede kwaliteit moeten zijn;
8. er zou geen kali-, anhydriet-, kalksteen- of kleilaag aanwezig moeten zijn in de onmiddelijke omgeving van de holte in het zout;

9. men zou op zijn hoede moeten zijn voor gas of pekelinsluitingen in het zout;
10. in of om de zoutkoepel zou geen vermoedelijke vindplaats van bitumen moeten zijn;
11. er zou geen consessie of boorvergunning moeten bestaan voor de uitgekozen zoutkoepel;
12. er zou geen andere bestemming voor de zoutkoepel moeten zijn, zoals bv. het opslaan van olie-, gas of chemische afval.

Verder moet men andere, niet technisch/geologische factoren in aanmerking nemen, zoals schade aan het milieu, stadsplanning en planologie enz. enz.

Het valt ons op dat deze criteria van de RGD veel overeenkomst hebben met die van het rapport van 1975 van de Sub-Commissie Radioactieve Afvalstoffen. De criteria van de adviseurs (RGD) lijken veel op die van de ambtenaren. Wie schrijft er van wie over?

3.4. Kritiek op de criteria waar een zoutkoepel aan zou moeten voldoen.

Laten we om te beginnen de criteria eens bekijken, die de Sub-Commissie Radioactieve Afvalstoffen heeft opgesomd in haar rapport van 1975. De criteria zijn soms niet al te scherp aangegeven. Neem bv. criteria c., e en f; daar komt het woord 'bij voorkeur' in voor. Wat echter als bij onderzoek zou blijken dat niet aan de voorkeur voldaan kan worden? Worden deze criteria dan maar uit het lijstje geschrapt? zoals het er nu staat kan men er alle kanten nog mee op. We vinden dit nog een aanwijzing voor het zoeken naar de beste zoutkoepel in plaats van naar een aanvaardbare oplossing.

Criterium g geeft aan dat het zout zo zuiver mogelijk van samenstelling moet zijn en goede sterkte-eigenschappen moet bezitten. Maar wat is 'zo zuiver mogelijk' nou precies en wie bepaalt dat? En wat zijn 'goede sterkte-eigenschappen' precies en wie bepaalt dat? Van tevoren zou nauwkeurig aangegeven moeten worden, wat men onder 'zuiver' en 'goed' wenst te verstaan. Wanneer men dat niet doet, schept men de ruimte om achteraf de resultaten zo uit te leggen, dat die resultaten in overeenstemming zijn met de criteria.

Fraai is ook dat de aanwezigheid van gas- of zoutwater insluitingen 'tot grote voorzichtigheid' noopt. Wat wordt met dit criterium i bedoeld? Dat men bij de aanwezigheid van zoutwater of gas het radioactief afval beter niet kan dumpen, of dat de dumping extra voorzichtig moet gebeuren? De formulering van dit criterium is erg ongelukkig: bij een criterium gaat het er om dat men stelt: wel dit, maar niet dat. Het criterium zou moeten luiden dat de aanwezigheid van gas of zoutwater een zoutkoepel ongeschikt maakt voor dumping van afval.

Met grote interesse hebben we criteria n, o en p gelezen. Onze aandacht viel vooral op: 'rekening moet worden gehouden met' en 'grote aandacht dient te worden geschonken aan'. Ook hier moeten we weer neerschrijven, het wordt eentonig, dat de criteria erg vaag zijn. Hoe zwaar tellen deze criteris? Betekent rekening houden met werken ten behoeve van de drinkwatervoorziening dat men enkel even aan de denkt aan de drinkwatervoorziening, en verder de dumping van radioactief afval gewoon doorzet? Welke zijn trouwens de 'andere factoren van planologische aard' waar rekening mee gehouden moet worden (criterium p)?

Kortom de criteria zijn niet eenduidig geformuleerd. Indien het onderzoek door zou gaan, vinden we dat wel van tevoren duidelijk moet zijn waar een zoutkoepel precies aan moet voldoen. Dan zou namelijk de mogelijkheid bestaan om de resultaten van het onderzoek te toetsen aan de criteria. En dan kan blijken of al dan niet aan de criteria voldaan is. In de huidige formulering van de criteria is er meerdere uitleg mogelijk. Daarom hebben we bezwaar tegen de criteria en de proefboringen.

Tot slot komen we bij criterium h: 'er mogen in het steenzout ter plaatse van de aan te leggen stortholte geen kalium/magnesium of lagen van klei, kalksteen of anhydriet aanwezig zijn'. De plannen voor de aanleg van een stortholte zijn verlaten; men wil nu een mijn aanleggen. Deze mijn zal, daar gaan we van uit, ook moeten voldoen aan de eis dat ter plaatse geen kalium/magnesium en zo aanwezig mag zijn. Een mijn heeft verschillende dwarsgangen van vele meters lengte. Een proefboring gaat gewoon recht naar beneden de grond in. Of er dus ter plaatse van de aan te leggen mijn geen kalium/magnesium of lagen van klei, kalksteen of anhydriet aanwezig zijn kan met proefboringen niet bewezen worden. Het is namelijk kenmerkend voor een zoutkoepel dat de daarin aanwezige lagen niet netjes boven

elkaar liggen, maar dat de inwendige structuur wanordelijk is. In dit verband is het aardig Mulder aan te halen, die de koepel van Schoonlo beschreven heeft (11): 'Aan de ontdekking van de Schoonlo-zoutpijler kan voorlopig geen grote economische waarde toegekend worden. Kalizouten werden niet gevonden, doch deze kunnen wel aanwezig zijn, daar de negatieve resultaten van één of twee boringen geen afdoend bewijs van het tegendeel vormen.' Omgekeerd geldt dus ook: als ter plaatse van de proefboring geen kalium e.d. gevonden wordt, bewijst dit niet, dat in de buurt ook geen kalium e.d. zit. Met andere woorden: het voorgenomen onderzoek kan niet aantonen, dat aan dit criterium voor mijnaanleg voldaan is. Of er een geschikte mijn aangelegd kan worden, is dus niet duidelijk.

Dan komen we nu bij de criteria uit het rapport van 1977 van de Sub-Commissie Radioactieve Afvalstoffen. Er worden criteria gegeven die terug te vinden zijn in het rapport 1975. Wat ons bevreemd is dat de criteria die te maken hebben met de drinkwatervoorziening en de voorkoming van aantasting van natuurgebieden, evenals andere factoren van planologische aard, niet meer in het rijtje voorkomen. Blijkbaar wordt er in 1977 al geen rekening meer mee gehouden. De kritiek die we gegeven hebben op de criteria van het rapport 1975 geldt natuurlijk ook hier. Er is één opvallend verschil: criterium h. Dit criterium luidt nu dat er in het steenzout geen kalium e.d. aanwezig mag zijn. Volgens het rapport van 1975 mocht enkel ter plaatse van de aan te leggen stortholte geen kalium e.d. zijn. Nu mogen die stoffen in de hele zoutkoepel niet voorkomen. We zijn benieuwd hoeveel proefboringen nodig zijn om de afwezigheid van kalium/magnesium lagen of lagen van klei, kalksteen of anhydriet aan te tonen.

Tenslotte hebben we nog het rapport van de Rijks Geologische Dienst van 1976. De criteria die daar genoemd worden vertonen veel overeenkomsten met de criteria van 1975 en daar hebben we dezelfde bezwaren tegen. Een opvallend verschil is wel criterium 2. In 1975 was het criterium: 'de dikte van de zoutafzetting dient tenminste 500 meter te bedragen.' De RGD gebruikt nu de zin: 'de dikte van de zoutafzettingen zou voldoende moeten zijn.' Dit is dus een stuk vager; we vragen ons af wat daar de reden van zou kunnen zijn. Wat betreft criterium 6 zouden we graag willen weten wanneer het zout 'redelijk stabiel' is. De criteria van de RGD zijn dus nog onduidelijker dan de criteria van 1975. Dit maakt onze bezwaren tegen het onderzoek en de proefboringen nog groter.

3. .5. Planologische en milieu-aspekten.

Hoofdstuk VII van het rapport 1977 van de Sub-Commissie Radioactieve Afvalstoffen gaat over de planologische en milieu-aspekten. Indien tot opslag in een zoutformatie wordt overgegaan, zullen ook bovengrondse werken nodig zijn: het liftgebouw, werkplaatsen voor technisch onderhoud, met bijbehorende opslagplaatsen, opslagruimten voor aangevoerde vaten radioactief afval, administratieruimten. Het is mogelijk dat het afval ter plaatse van de zoutkoepel in vaste vorm wordt gebracht (in beton wordt gegoten). Ook daar zijn ruimten voor nodig. Het minimaal benodigde oppervlak is 2 ha., het maximaal benodigde oppervlak 5 ha.

Het afval moet aangevoerd worden. Hoe dat moet gebeuren hangt af van de ligging van de dumpplaats ten opzichte van het bestaande weg- en spoorwegnet. Ook is de omvang van de werkzaamheden van belang. Als het afval elders in beton wordt gegoten, zullen er veel transporten van zware containers plaatsvinden. De Sub-Commissie Radioactieve Afvalstoffen kan nog geen aanbevelingen over deze zaken geven.

Waarom niet, vragen we ons af. Dat wordt er niet bij gezegd.

4. De reacties op het Haagse gebeuren.

In een brief van 18 juni 1976 aan het College van Gedeputeerde Staten van de provincies Groningen en Drente, deelt de Minister van Economische Zaken mee dat de Sub-Commissie Radioactieve Afvalstoffen 4 werkgroepen heeft ingesteld. Ook worden de 5 zoutkoepels die in aanmerking komen voor onderzoek opgesomd. Het onderzoek 'zal plaats hebben in nauw contact met de betrokken provinciale en gemeentelijke autoriteiten, welke intensief betrokken zullen worden bij de plaatskeuze van de proefboringen.'

Deze brief is het begin van een eindeloze stroom reacties, acties, vragen, tegenspraken. We zullen proberen de belangrijkste zaken er uit te halen.

De betrokken gemeenten krijgen geen brief van de Minister. Ze horen via de pers en later via een afschrift van de brief, waar het College van GS voor zorgt, van de plannen. Op 7 juli 1976 stuurt GS van Drente een brief naar Minister Lubbers, waarin ze zich uitspreekt tegen de proefboringen, nadat al op 30 juni 1976 de Provinciale Staten van Groningen hadden verklaard zich met alle bestuurlijke middelen tegen de proefboringen te verzetten. De betrokken gemeenten spreken zich in de daarop volgende tijd uit tegen de proefboringen.

Overal in de provincies Groningen en Drente heerst onrust en er worden actiegroepen opgericht, handtekeningen tegen de proefboringen opgehaald en voorlichtingsavonden georganiseerd. Tot nu toe kwam daar één keer iemand van Economische Zaken (in Stadskanaal om de sfeer te proeven); telkens zaten ambtenaren van Milieuhygiëne en Volksgezondheid in het forum. Zou Economische Zaken zich soms aan het geven van voorlichting onttrekken? Soms komen op die voorlichtingsavonden interessante punten naar voren.

Zo zei Minister Vorrink op 28-9-76 op een PvdA-vergadering in Middelstum dat in Drente geen proefboringen zullen worden verricht om besmetting van drinkwater te voorkomen. De volgende dag liet de afdeling voorlichting van het Ministerie van Economische Zaken weten, dat Drente kandidaat blijft voor de proefboringen. Minister Vorrink trekt op 3 december 1976 in antwoord op vragen van de Tweede Kamer, haar woorden in; ze benadrukt dat de proefboringen gewoon doorgaan.

De bevolking van Middelstum was na de mededeling van Vorrink in grote onrust geraakt. Maar Vorrink ontkent dat eerst na haar uitspraken die grote ongerustheid ontstaan is.

Ook over de vraag welke de rangorde van de zoutkoepels is, ontstaat grote verwarring. We weten dat de zoutkoepel van Gasselte boven aan de lijst staat, (vergelijk het onderzoeksvoorstel aan de EEG van 21 december 1976) hetgeen enkele maanden voor 21 december al bekend moet zijn geweest bij de Rijks Geologische Dienst en het Energie-onderzoeksCentrum Nederland.

Op 5 sept. 1976 weet de pers te melden, dat seismografisch, waar overigens geen proefboringen voor nodig zijn, onderzoek heeft uitgewezen, dat de zoutkoepel Gasselte-Drouwen het meest geschikt is voor eventuele opslag van kernafval. Het ECN zegt op 9 sept. (Nieuwsblad van het Noorden) 'nog niet te weten welke de beste opslagplaats van radioactief afval is. In tegenstelling tot de geruchten als zou de zoutkoepel Gasselte-Drouwen uit seismografisch onderzoek de geschiktste plaats zijn geleken. Er zal hoogstens het eerst worden proefgeboord in Drouwen-Gasselte en in Onstwedde, omdat daar nog geen boringen zijn geweest.'

In deze laatste uitspraak is weer in strijd met de voorkeur die er blijkt te bestaan (rapport 1977, Sub-Commissie Radioactieve Afvalstoffen) voor Gasselte-Drouwen en Schoonlo, waarbij Onstwedde een lagere voorkeur heeft.

Indien niet is geboord in Gasselte-Drouwen en Onstwedde, mogen we daaruit opmaken dat wel geboord is bij Schoonlo, Pieterburen en Anlo. We zouden wel willen weten of daar geboord is, waar na gezocht is, hoeveel boringen er verricht zijn en wanneer. We hebben er geen gegevens over kunnen vinden.

Het rapport van de RGD van 21 december 1976 vermeldt dat de zoutkoepel van Schoonlo in het concessiegebied van een oliemaatschappij ligt. Volgens criterium 1 van het rapport 1975 van de Sub-Commissie Radioactieve Afvalstoffen (blz. 31/2) mag er geen concessie ten aanzien van de zoutkoepel bestaan. Dus zou Schoonlo af moeten vallen. Waarom Schoonlo toch zo'n grote voorkeur heeft, is ons een raadsel.

Op 23 augustus 1976 zegt Ir. Hamstra van het ECN, dat er een verwerkingsfabriek komt boven de veiligste zoutlaag. Veldhuis van het ECN zegt 13-10-76 dat bij een eventuele dumpplaats voor het radioactieve afval misschien het radioactieve afval nabewerkt gaat worden. Deze berichten komen via de pers in de openbaarheid; het ministerie had op dat tijdstip niets laten weten over deze plannen. Dit is een typisch voorbeeld van zgn. adviseurs, die het regeringsbeleid dekken of verkopen. Het is bijna vanzelfsprekend dat ze dan dingen zeggen die ze weten, maar die officieel niet bekend zijn.

Intussen is het 1977. Nog steeds hebben de gemeenten die betrokken zijn bij de plannen tot dumping van het afval officieel niets van de regering gehoord. Op 3 februari 1977 komt er een brief van de Minister van Economische Zaken aan de betrokken gemeentes. Hierin zegt Minister Lubbers, dat hij na de brief aan Gedeputeerde Staten in de veronderstelling verkeerde dat het provinciaal bestuur aan zou geven hoe het overleg met de betrokken gemeentes zou kunnen worden geregeld.

Dit lijkt veel op goedpraten achteraf.

Het onderzoek naar de opslag van radioactief afval zou plaats moeten vinden in nauw contact met de betrokken provinciale en gemeentelijke autoriteiten. Daar kan volgens ons niet uit afgeleid worden, dat het provinciale bestuur het contact met de gemeenten moet regelen. De Minister heeft hier gewoon een fout gemaakt, maar wil dat niet toegeven. Deze handelswijze is in overeenstemming met het gebrek aan voorlichting door Economische Zaken.

Deze brief van 3 februari 1977 geeft duidelijk aan hoe de Minister aan kijkt tegen het opslaan van afval in zout: 'Een groot aantal gegevens, verzameld door zowel buiten- als binnenlandse wetenschappelijke instituten,duiden erop dat opslag van radioactief afval in steenzoutformaties de beste garanties kan bieden met betrekking tot de bescherming van de volkgezondheid en het milieu. Voor het opstellen van een zogenaamde risico-analyse zijn evenwel aanvullende gegevens nodig, die slechts met behulp van proefboringen kunnen worden verkregen.'

De brief vervolgt een alinea verderop: 'De tot nu toe aangevoerde argumenten en bezwaren tegen het uitvoeren der proefboringen kunnen geen aanleiding geven om op het regeringsbesluit terug te komen.'

Verontrustend is, dat de Minister niet aangeeft waarom hij voorbij gaat aan de argumenten en bezwaren tegen de uitvoering van de proefboringen. Hij zegt ook niet om welke bezwaren het gaat. Dit lijkt ons voor een democratische besluitvorming een allereerste vereiste.

De volgende gebeurtenis was het uitlekken van het rapport van de Rijks Geologische Dienst, op 25 maart 1977, waar we het boven al over hebben gehad.

Op 31 maart 1977 was er een overleg waarbij aanwezig waren: de Ministers van Economische Zaken en Volksgezondheid en Milieuhygiëne, vertegenwoordigers van de provincie Drente, de gemeenten Anlo, Borger, Gasselte, Rolde, Eenrum en Stadskanaal en de Waterleiding Maatschappij Drente. De provincie Groningen had geen behoefte aan dit overleg. De belangrijkste resultaten van deze besprekingen zijn: de proefboringen gaan gewoon door; er wordt gekeken of verder overleg zinvol is; de regering wil het onderzoek zo open mogelijk uitvoeren en de resultaten van het onderzoek openbaar maken; zijn de resultaten positief, dan zal de regering een beleidsvoornemen publiceren, waarover inspraak mogelijk zal zijn, zowel schriftelijk als mondeling in hoorzittingen.

De meest recente gebeurtenis is het uitlekken van het rapport uit 1977 van de Sub-Commissie Radioactieve Afvalstoffen in febr. 1978. Alweer een geheim rapport; van de openheid en openbaarheid, die de regering had beloofd, is niet veel terechtgekomen tot nu toe.

5 Konklusies

Deze slotparagraaf zullen we besteden aan de volgende onderwerpen:

1. De rol van de wetenschappers bij de besluitvorming.
2. Waarom het onderzoek en de proefboringen ter diskussie moeten staan.
3. Samenvatting van de bezwaren tegen de opzet van het onderzoek naar de mogelijkheid en aanvaardbaarheid van de opslag van radioaktief materiaal in zoutkoepels.

5.1 De rol van de wetenschappers bij de besluitvorming.

Bij het bekijken van de diskussie over kernenergie en kernafval zien we direkt dat twee soorten wetenschappers een rol spelen. Aan de ene kant de wetenschappers die in dienst van hun werkgevers zich met kernenergie bemoeien. Aan de andere kant staan de zgn. kritiese wetenschappers. In het nu volgende zullen we aan de hand van voorbeelden hun beider rollen verduidelijken.

Eén var de eerste dingen die opvalt is, dat de gevestigde wetenschap rijkelijk vertegenwoordigd is in zowel de besluitvormende als de uitvoerende organen. Zo zagen we als dat het ECN en de RGD, beiden vertegenwoordigd in de Sub-Commissie Radioactieve Afvalstoffen, ook de uitvoering van de proefboringen op zich zouden nemen. Ook merkten we op dat in de werkgroepen van deze Sub-Commissie geen wetenschappers zitten, die zich krities opstellen tegenover de opslag van het radioaktief afval of tegenover kernenergie.

Tevens blijkt dat de gevestigde wetenschappers keer op keer het overheidsbeleid verdedigen en er blijk van geven de plannen van de overheid te kennen, voordat deze officieel bekend zijn gemaakt. Zo bv de heer Veldhuis van het ECN, die al voordat de overheid dat bekend maakte, wist te vertellen dat bij de dumpplaats het afval misschien bewerkt zal worden.

Wat verder opvalt is dat we de gevestigde wetenschappers steeds weer tegenkomen in de verschillende kommisses, raden e.d. Het aantal dubbelfunkties is groot. Hierdoor zijn ze ontegenzeggelijk een belangrijke faktor in de besluitvorming.

Wat staat hiertegenover van de kant van de kritiese wetenschappers? Ze houden zich wel degelijk bezig met kernenergie en kernafval. Zo werden bv zowel op het Rasmussenrapport als de veiligheidsstudies van de Gezondheidsraad en de SEP kritieken geschreven. Waar overigens van de kant van de overheid tot op dit moment, ruim twee jaar later, nooit op is gereageerd.
Binnen het verbond van wetenschappelijke onderzoekers en de bond van wetenschappelijke arbeiders is een diskussie gevoerd over kernenergie. Onder andere in het blad Wetenschap en Samenleving.
We kunnen hieruit de volgende konklusies trekken:

1. De gevestigde wetenschap is voor kernenergie en de wetenschap vóór is de officiële.

2. De kritiese wetenschappers hebben door de geheimhoudingspolitiek van de overheid een informatieachterstand.
3. Een werkelijke diskussie tussen voor- en tegenstanders is nooit gevoerd.

Het zou ook anders kunnen. In Denemarken zien we bv. dat de regering tegenstanders van kernenergie ook voorlichting laat geven en hun ook betaalt. Een dergelijk systeem garandeert natuurlijk geen objektieve voorlichting. Maar het zou niet meer zo eenzijdig zijn als nu. Want nu staat de officiële voorlichting nog steeds in keurig verzorgde vierkleurendruk-brochures, die met belastinggeld betaald worden, terwijl de kritiese voorlichting te vinden is op goedkoop uitgevoerde stenciltjes, die uit eigen zak betaald zijn.

5.2 Waarom het onderzoek en de proefboringen ter diskussie moeten staan.

Het hoofdbestanddeel van de zoutkoepels is steenzout. Steenzout bezit gunstige afsluitende eigenschappen. Bovendien is het een uitstekende warmtegeleider. Dit is erg plezierig, omdat een deel van het kernafval veel warmte produceert. Dit deel van het afval heet kernsplijtingsafval. Deze warmte wordt dan goed afgevoerd. Dat is van belang, omdat vlak bij de vaten met het kernsplijtingsafval temperaturen van ca. 250 graden celcius bereikt kunnen worden (12).
Op basis van de resultaten van 2 proefboringen wil de regering beslissen of opslag van kernafval in zoutkoepels mogelijk en aanvaardbaar is.
We vinden echter dat de proefboringen zelf ter diskussie moeten staan. Wat is er namelijk aan de hand?
In een zoutkoepel zit niet alleen steenzout. Vaak zijn ook kalium- en magnesiumzouten aanwezig, bv. in de vorm van het carnalliet (formule: $KCl.MgCl_2;6H_2O$). De oplosbaarheid van carnalliet in water en zelfs in een verzadigde steenzout-oplossing is naar verhouding groot (13). Het carnalliet bevat chemies gebonden water: kristalwater. Dit kan ernstige problemen geven. Bij verwarming kan uit karnalliet bij een temperatuur van 165 graden gasvormig chloorwaterstof ontstaan (14). Reeds bij een temperatuur van 110 à 120 graden komt het kristalwater vrij. Er ontstaat een vloeibare massa, te vergelijken met sneeuwpap (15). Dit water kan op zijn beurt weer vast karnalliet oplossen, zodat er nog meer water vrij komt. Op deze manier kan de opbergruimte vollopen met water, dat steeds radioaktiever wordt en het grondwater kan besmetten, wanneer het uit de opslagplaats weglekt. De enige manier om de inwendige struktuur van een zoutkoepel in kaart te brengen is een heleboel boringen te

verrichten. (16) Dit maakt de koepel minder geschikt voor het opbergen van kernafval. Twee proefboringen kunnen dus niet de gewenste informatie geven over de struktuur van de zoutkoepel. Een groot aantal boringen maakt de koepel ongeschikt voor de opslag van kernafval, hoewel we dan wel weten hoe de koepel is samengesteld.

Er zijn nog andere bezwaren tegen proefboringen. Ook als we weten of het zout zuiver is, hebben we niet de noodzakelijke informatie. Met geen enkel onderzoek, al dan niet met proefboringen, kan namelijk bewezen worden dat een zoutkoepel in de toekomst stabiel zal blijven. Uit het feit dat een zoutkoepel tot nu toe stabiel was, volgt niet dat hij in de toekomst ook stabiel zal blijven. Te meer daar de situatie in de zoutkoepel verandert: tot nu toe is de koepel onaangetast; bergen we afval in de mijn op dan halen we zout uit de koepel voor de aanleg van de mijn; ook wordt er warmte geproduceerd door het afval. Door de ingreep van de mens verandert de zoutkoepel. Er ontstaat een nieuwe toestand, die niet meer te vergelijken is met de oude. Dit kan op de lange duur de stabiliteit van de zoutkoepel beinvloeden. Derhalve kan onderzoek niet aantonen dat zoutkoepels in de toekomst stabiel zullen zijn. Boringen maken de koepel juist minder stabiel.

Deze argumenten zijn door de regering nooit in de beschouwing betrokken. Men is er altijd van uit gegaan, dat onderzoek zin had. De proefboringen zelf stonden nooit ter diskussie. Men ging er van uit dat opslag van kernafval in beginsel wel mogelijk was. In de stukken van de regering vinden we dan ook dat onderzoek nodig is om na te gaan of opslag mogelijk is. Uit het bovenstaande zal hopelijk duidelijk zijn geworden, dat we dit onderzoek overbodig vinden.

5.3 Bezwaren tegen de opzet van het onderzoek naar opslag van kernafval.

Nou, de overheid wil onderzoek en proefboringen. Weliswaar zijn we tegen, maar juist daarom willen we zo goed mogelijk op de hoogte komen van het onderzoek. Daar stuiten we op de eerste problemen. Een rapport uit 1973 van de RGD over steenzoutformaties die mogelijk in aanmerking zouden kunnen komen voor de opslag van kernafval, is geheim. Een ander rapport van de RGD over kernafval is door de Alarmgroep Atoomplannen onthuld. Een derde geheim rapport, het eerste interim-rapport van de Subcommissie Radioactieve Afvalstoffen, is ook via aktiegroepen in de openbaarheid gekomen. Deze geheimhouding is niet bepaald goed voor een demokratiese besluitvorming.

De kriteria waar een zoutkoepel, waar kernafval in opgeborgen zou kunnen worden, aan zou moeten voldoen, zijn erg vaag en rekbaar. Vergelijk par. 3.4 van dit hoofdstuk. Men kan met deze kriteria nog alle kanten op. Na het onderzoek en de proefboringen, zouden de resultaten gemakkelijk zo uitgelegd kunnen worden, dat een zoutkoepel voldoet aan de kriteria. Indien het onderzoek onverhoopt door zou gaan, vinden we dat van tevoren de kriteria precies moeten zijn aangegeven. De vage formuleringen vinden we een aanwijzing, dat wordt gezocht naar de beste zoutkoepel. Verder hebben we in par. 3.4 ook aangetoond, dat uit het voorgenomen onderzoek niet kan blijken, of er een geschikte mijn aangelegd kan worden.

We willen één aanwijzing dat het onderzoek gericht is op het vinden van de beste zoutkoepel nog even in herinnering brengen. Op het eind van par. 3.2.3 hebben we een citaat uit het rapport van 1977 van de Sub-Commissie Radioactieve Afvalstoffen opgenomen. Dit citaat gaat uit van de redenering: er is afval, dus zullen we dat op moeten bergen. Er wordt nog een onjuist argument bijgesleept, nl. dat LAVA en MAVA voor het grootste deel niet ontstaat door kerncentrales. We treffen hier een verschuiving van de betekenis van het onderzoek aan. Het onderzoek is niet langer een middel om de diskussie over de mogelijkheid en aanvaardbaarheid van de opslag van kernafval in zoutkoepels te verduidelijken; nee, het onderzoek gaat uit van het gegeven dat er nu eenmaal afval is (dus van het gegeven dat er kernenergie is) en dan moet maar de beste zoutkoepel uitgezocht worden.

De druk om het afval in zout op te slaan kunnen we wel begrijpen, maar niet goedkeuren. Deze druk wordt namelijk beinvloed doordat een energievoorziening zonder kernenergie nauwelijks onderzocht en gestimuleerd wordt, voornamelijk door het belang dat ondernemingen en elektriciteitsproducenten bij kernenergie hebben (zie hoofdstuk 1). Ook wordt de opwerking van brandstofstaven als een vanzelfsprekendheid aanvaard, terwijl er goede redenen zijn om dat juist niet te doen. Men richt alle onderzoek op de dumping van afval in zout. Met andere woorden: de enige metode van opslag waar men straks verstand van heeft is de opslag in zout. Bij een ongewijzigde energiepolitiek worden kerncentrales gebouwd. Dus ontstaat er afval. Het is dan maar het beste het in het zout te stoppen, want daar weet men immers het meeste van af. Het argument, dat dumping van afval in zout principieel afgewezen moet worden, maakt helemaal geen kans, als we niet oppassen. En we moeten oppassen: dat blijkt wel uit het volgende:

Een van de voornaamste taken die in het RGD-rapport uit 1976 worden genoemd is: "Geschiktheidsstudie en algemene risico-analyse met het doel de aanvaarding door het publiek en het bestuur te verkrijgen."
In antwoord op vragen uit de Kamer hierover, antwoordt de regering, dat een risi-

ko-analyse pas gemaakt kan worden, wanneer de proefboringen hebben plaats gevonden. Naar de mening van de regering kan bij de EEG geen misverstand bestaan over de strekking van genoemde passage.
We vinden deze uitleg van de regering erg mistig. De regering ontkent namelijk niet dat het doel is "aanvaarding door het publiek en het bestuur te verkrijgen". Dit versterkt de indruk, dat het er bij het onerzoek niet om gaat uit te zoeken of zoutkoepels wel geschikt zijn, maar dat er van uit gegaan wordt dat het afval in zout opgeborgen kan worden en dat dit met het onderzoek "bewezen" moet worden. Of, zoals de Sub-Commissie Radioactieve Afvalstoffen het zegt op pag 21 van het rapport van 1977: "Hoewel het onderzoek nog niet is afgesloten en het concrete feitenmateriaal over een aantal steenzoutformaties nog moet worden verzameld, hebben noch de tot op heden verrichtte studies, noch het in tal van andere landen verricht onderzoek, aanwijzingen opgeleverd dat berging van radioactieve afvalstoffen in steenzout niet mogelijk en niet aanvaardbaar zou zijn."
Naar onze mening wordt hier de grens tussen wetenschap en volksverlakkerij dicht benaderd.
Als bewijs voor de veiligheid van de opslag in zout wordt vaak de zoutkoepel bij Asse in W-Duitsland aangehaald. Maar in Asse wordt geen kernsplijtingsafval opgeslagen. Tevens wijst Hagen er op (17) dat niet met zekerheid uit te sluiten is, da de koepel Asse ooit vol water of loog zal lopen. Hij vindt de koepel bij Asse beperkt bruikbaar. Voor de goede Orde: Hagen is een voorstander van kernenergie.

De regering van Agt-Wiegel heeft in haar programma opgenomen, dat pas dan toestemming voor de bouw van kerncentrales gegeven kan worden, als een aanvaardbare oplossing voor de opslag van radioactief materiaal gevonden is. We vragen ons af wat isaanvaardbaar en wie bepaalt dat? Is aanvaardbaar datgene wat de subcommisi radioactieve afvalstoffen aanvaardbaar vindt?
We hopen in dit hoofdstuk te hebben aangetoond, dat opslag van radioaktief afval in zoutkoepels niet aanvaardbaar en niet mogelijk is.

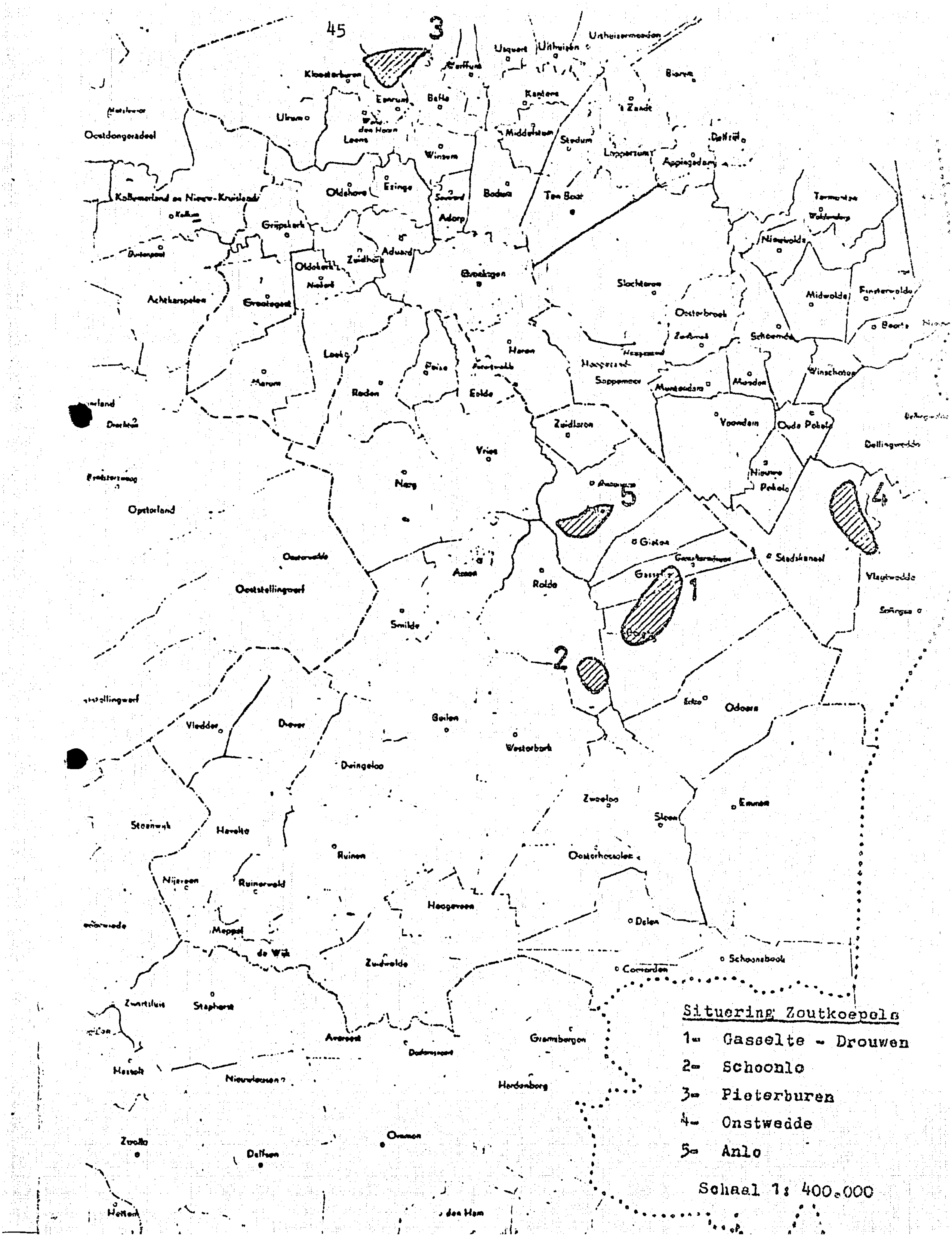
VERWIJZINGEN

1. H. Damveld: De kosten van elektriciteit uit kolen of uranium. In: Maatschappelijke aspekten van kernenergie, Vereniging milieudefensie, april 1977. / Amsterdam
2. Begroting Ministerie van Economische Zaken 1977, blz. 82.
3. Interdepartementale Commissie voor de Kernenergie: Uitbreiding nucleair vermogen voor electriciteitsopwekking met 3000MWe tot 1985, blz. 30.
4. P. Boskma e.a.: Kernenergie in diskussie, Boerderijcahier 7502, een bescouwing naar aanleiding van de studies van de Gezondheidsraad, Commissie Reactorveiligheid en het SEP-Rasin-rapport. TH Twente, Enschede, dec. 1975.
G. van Dijk en W. Smit: Kleine kansen, grote gevolgen, Boerderijcahier 7601. /THT, Enschede, feb. 1977.
5. Brief 19-1-1976, Energienota, 13.122, nr 12.
6. Plaatsen voor kerncentrales en wat we daarover te zeggen hebben, Vereniging Milieudefensie, juni 1977, Amsterdam.
7. Sub-Commissie Radioactieve Afvalstoffen: Radioactieve afvalstoffen in Nederland bij een vermogen aan kerncentrales van 3500MWe (no. 41 in de serie Verslagen, Adviezen, Rapporten 1975 van het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne)
8. Sub-Commissie Radioactieve Afvalstoffen: Eerste interim-rapport betreffende de mogelijkheden van opslag van radioactieve afvalstoffen in zoutvoorkomens in Nederland, mei 1977.
9. Tweede Kamer, zitting 1977, Aanhangsel nr. 228 en 475.
10 Rijks Geologische Dienst: Geologic Wast Disposal Program, 21 dec. 1976
11 A. Mulder: Geologie en Mijnbouw, jg. 12 (1950), p. 169
12 J. Hamstra: Atoomenergie en haar toepassingen, jg. 16 (1974), p. 103
13 J. Hagen: Endlagerung Radioaktiver Abfälle. In: Schweizerische Vereinigung für Atomenergie, Informationstagung Wiederaufarbeitung, Plutonium und Endlagerung, 13 en 14 juni 1977, p vii,6
16 H. Steinert: Suche nach dem sichersten Salz. Geciteerd in: Casper Schuuring Veiligheid van kernafval in zoutkoepels nog lang niet bewezen, Bèta, 12-4-1977.
17 M. Hagen, op. cit. p. vii-6

BIJLAGE 1

LIGGING ZOUTKOEPELS

SAMENSTELLING SUB-COMMISSIE RADIOACTIEVE AFVALSTOFFEN


3
Uithuizen
Uithuizermeeden
Usquert
Kloosterburen
Baflo
Ulrum
Leens
Winsum
Kantens
't Zandt
Middelstum
Stedum
Loppersum
Appingedam
Delfzijl
Oostdongeradeel
Kollumerland en Nieuw-Kruisland
Oldehove
Ezinge
Bedum
Ten Boer
Adorp
Grijpskerk
Aduard
Zuidhorn
Oldekerk
Achtkarspelen
Grootegast
Groningen
Slochteren
Nieuwolda
Midwolda
Finsterwolde
Termunten
Oosterbroek
Scheemda
Beerta
Leek
Haren
Peize
Roden
Marum
Hoogezand
Sappemeer
Muntendam
Meeden
Winschoten
Eelde
Zuidlaren
Veendam
Oude Pekela
Nieuwe Pekela
Bellingwolde
Vries
Norg
Opsterland
5
4
Gieten
Gasselte
Stadskanaal
Vlagtwedde
1
Assen
Rolde
Ooststellingwerf
Smilde
Sellingen
2
Odoorn
Exloo
Vledder
Diever
Beilen
Westerbork
Dwingeloo
Emmen
Zweeloo
Sleen
Steenwijk
Havelte
Ruinen
Oosterhesselen
Nijeveen
Ruinerwold
Hoogeveen
Meppel
Dalen
de Wijk
Zuidwolde
Schoonebeek
Coevorden
Zwartsluis
Staphorst
Avereest
Gramsbergen
Hasselt
Hardenberg
Ommen
Zwolle
Dalfsen
Heino
den Ham
Situering Zoutkoepels
1- Gasselte - Drouwen
2- Schoonlo
3- Pieterburen
4- Onstwedde
5- Anlo
Schaal 1: 400.000

Leden van de ICK Sub Commissie Radioactieve Afvalstoffen bij een vermogen aan kernenergiecentrales van 3500 MWe.

Voorzitter:	Mr. J.Ch. Cornelis	(Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne)
	Mr. W.J.M. Lauxtermann	(Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne)
Secretaris:	Hr. J.H.L. Bot	(Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne)
	Ing. T.L.J. Appels	(Ministerie van Verkeer en Waterstaat)
	Mr. C.F. Bouvy	(Ministerie van Economische Zaken)
	Mr. H.A. de Grood	(Ministerie van Economische Zaken)
	Dr. J. Weeda	(Ministerie van Economische Zaken, Dir. Mijnwezen
	Hr. F.R. de Bruin	(Ministerie van Buitenlandse Zaken)
	Drs. H.M. Harsveldt	(Rijks Geologische Dienst)
	Ir. J.A.R. Hoefnagels	(Staatstoezicht op de Mijnen)
	Drs. H.J. Kool	(Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening)
	Hr. H.J. Mol	(Ministerie van Landbouw en Visserij)
	Drs. D.J.W. Schoof	(Rijks Planologische Dienst)
	Dr. L. Strackee	(Rijks Instituut voor de Volksgezondheid)
	Drs. B. van der Werf	(Ministerie van Sociale Zaken, Kernfysische Diens

Niet-ambtelijke adviseurs:

Ir. J. Hamstra	(Energieonderzoek Centrum Nederland, Petten(N-H))
Drs. B. Verkerk	(Energieonderzoek Centrum Nederland, Petten(N-H))

Leden Werkgroep A - Financiële/organisatorische-juridische aspecten van de ICK Sub Commissie Radioactieve Afvalstoffen.

Voorzitter:	Mr. C.F. Bouvy	(Ministerie van Economische Zaken, Bezuidenhoutseweg 95, Den Haag)
Secretaris:	Mr. H.A. de Grood	(Ministerie van Economische Zaken, Bezuidenhoutseweg 95, Den Haag)
	Dr. A.M.F. Op den Kamp	(Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne Dokter v.d. Stamstraat 2, Leidschendam)
	Hr. P. de Rover	(Ministerie van Economische Zaken, Bezuidenhoutseweg 30, Den Haag)
	Drs. J.C.C. Overmars	(Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Plesmanweg 1, Den Haag)
	Drs. D.B.J. Schoof	(Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening, Willem Witsenplein 6, Den Haag)
	Mr. A.T.L.M. van de Ven	(Ministerie van Financiën, Casuariestraat 32, Den Haag)
	Drs. B. van der Werf	(Ministerie van Sociale Zaken, Kernfysische Dienst, Balen van Andelplein 2, Voorburg)
	Ir. J. Hamstra	(Energieonderzoek Centrum Nederland, Westerduinweg 3, Petten (N-H))
	Drs. H.M. Harsveldt	(Rijks Geologische Dienst, Postbus 157, Haarlem)
	Ir. P. Mostert	(N.V. Samenwerkende Elektriciteits Produktiebedrijven, Utrechtseweg 310, Arnhem)
	Mw. H.J.B. de Regt	(RIZA, Postbus 17, Lelystad)

Leden Werkgroep B - Toetsing Zoutvoorkomens van de ICK Sub Commissie Radioactieve Afvalstoffen.

Voorzitter:	Drs. H.M. Harsveldt	(Rijks Geologische Dienst, Hoofdafdeling Delfstoffen, Spaarne 17, Haarlem)
	Dr. H.M. van Montfrans	(Rijks Geologische Dienst, Hoofdafdeling Econ. Technische Geologie, Spaarne 17, Haarlem)
	Ir. H. Oortman Gerlings	(Staatstoezicht op de Mijnen, J.W. Frisolaan 3, Den Haag)
	Ir. J. Hamstra	(Energieonderzoek Centrum Nederland, Westerduinweg 3, Petten (N-H))
	Hr. R.K. Steup	(Ministerie van Economische Zaken, Directie Mijnwezen, Bezuidenhoutseweg 30, Den Haag)
	Dr. J. Weber	(Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhyg. Dokter v.d. Stamstraat 2, Leidschendam)
	Dr. H.M. Klouwen	(Inspecteur van den Volksgezondheid, Engelse Kamp 4, Groningen)
	Ir. W. Cramer	(Rijks Instituut voor Drinkwatervoorziening, Nieuwe Havenstraat 6, Voorburg)
	Drs. D.B.J. Schoof	(Rijks Planologische Dienst, Afd. Landinrichtin - onderafd. Milieubeheer, Willem Witsenplein 6, Den Haag)
	Ir. R. van Erpers Rocyaards	(KEMA/SEP, Utrechtseweg 310, Arnhem)
	Jhr. Ir. J.A. Stoop	(Ministerie van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk werk, Steenvoordelaan 370, Rijswijk)
Secretaris:	Hr. R.A. Wermuth	(Rijks Geologische Dienst, Spaarne 17, Haarlem)

Leden Werkgroep C - Mijnbouwkundige studies en ontwerp proefholte/mijn van de ICK Sub Commissie Radioactieve Afvalstoffen.

Voorzitter:	Ir. J.A.R. Hoefnagels	(Staatstoezicht op de Mijnen, Apollolaan 9, Heerlen)
Secretaris:	Ir. J.J.E. Pöttgens	(Staatstoezicht op de Mijnen, Apollolaan 9, Heerlen)
	Ir. J. Hamstra	(Energieonderzoek Centrum Nederland, Westerduinweg 3, Petten (N-H))
	Prof. Ir. D.N. Dietz	(Technische Hogeschool, Mijnbouwstraat 20, Delft)
	Prof. Ir. P.T. Velzboer	(Technische Hogeschool, Mijnbouwstraat 20, Delft)
	Ir. W. Cramer	(Rijks Instituut voor Drinkwatervoorziening, Nieuwe Havenstraat 6, Voorburg)
	Drs. H.C. van Waegeningh	(Rijks Instituut voor Drinkwatervoorziening, Nieuwe Havenstraat 6, Voorburg)
	Dr. H.A. Selling	(Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne Dokter v.d. Stamstraat 2, Leidschendam)
	Ir. A. Tiktak	(PZEM, Poelendaelesingel 10, Middelburg)
	Hr. R.K. Steup	(Ministerie van Economische Zaken, Directie Mijnwezen, Bezuidenhoutseweg 30, Den Haag)
	Drs. H.M. Harsveldt	(Rijks Geologische Dienst, Spaarne 17, Haarlem)
	Ir. J.H. Wechuizen	(Rijks Geologische Dienst, Spaarne 17, Haarlem)

Leden Werkgroep D - Risico-analyse in zoutvoorkomens van de ICK Sub Commissie Radioactieve Afvalstoffen.

Voorzitter:	Dr. J. Weber	(Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygi Sector Straling, Dokter v.d. Stamstraat 2, Leidschendam)
Secretaris:	Mr. W.J.M. Lauxtermann	(Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygi Dokter v.d. Stamstraat 2, Leidschendam)
	Dr. B.F.M. Bosnjakovic	(Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygi Dokter v.d. Stamstraat 2, Leidschendam)
	Drs. J.P. Vaane	(Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygi Dokter v.d. Stamstraat 2, Leidschendam)
	Ir. J. Hamstra	(Energieonderzoek Centrum Nederland, Westerduinweg 3, Petten (N-H))
	Drs. J.A.G. Davids	(Energieonderzoek Centrum Nederland, Westerduinweg 3, Petten (N-H))
	Drs. H.M. Harsveldt	(Rijks Geologische Dienst, Spaarne 17, Haarlem)
	Ir. J.A.R. Hoefnagels	(Staatstoezicht op de Mijnen, Apollolaan 9, Heerlen)
	Ir. R.W. van Otterloo	(N.V. SEP, Utrechtseweg 310, Arnhem)
	Ir. J.F. Stoutjesdijk	(ITAL, Postbus 48, Wageningen)
	Dr. M.J. Frissel	(ITAL, Postbus 48, Wageningen)
	Ir. P. Poelstra	(ITAL, Postbus 48, Wageningen)
	Ir. W. Cramer	(Rijks Instituut voor Drinkwatervoorziening, Nieuwe Havenstraat 6, Voorburg)
	Ir. P. Glasbergen	(Rijks Instituut voor Drinkwatervoorziening, Nieuwe Havenstraat 6, Voorburg)
	Dr. P.C. van Erkelens	(Gezondheidsraad, Postbus 44, Rijswijk)
	Dr. H.M. van Montfrans	(Rijks Geologische Dienst, Spaarne 17, Haarlem)

Leden Werkgroep E - Bovengrondse opslag van de ICK Sub Commissie Radioactieve Afvalstoffen.

Voorzitter:	Dr. A.M.F. Op den Kamp	(Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Sector Straling, Dokter v.d. Stamstr 2, Leidschendam)
Secretaris:	Drs. D. Vos	(Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Sector Straling, Dokter v.d. Stamstr 2, Leidschendam)
	Mr. J.Ch. Cornelis	(Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Sector Straling, Dokter v.d. Stamstr 2, Leidschendam)
	Hr. J.H.L. Bot	(Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Sector Straling, Dokter v.d. Stamstr 2, Leidschendam)
	Drs. B. van der Werf	(Ministerie van Sociale Zaken, Kernfysische Dienst, Balen van Andelplein 2, Voorburg)
	Drs. B. Verkerk	(Energieonderzoek Centrum Nederland, Westerduinweg 3, Petten (N-H))
	Ing. K.P. Termaat	(KEMA, Utrechtseweg 310, Arnhem)
	Ir. P.J.W.A. Delahaye	(PZEM, Poelendaelesingel 10, Middelburg)

HOOFDSTUK 4

KERNAFVAL

1 Inleiding

In dit hoofdstuk willen wij nagaan hoeveel en welk afval er in de verschillende stadia van de splijtstofcyclus ontstaat. Voor kerncentrales is splijtstof nodig. De meest gebruikte splijtstoffen zijn uranium en plutonium. Het plutonium ontstaat bij het splijten van uranium. Ook kan het "gekweekt" worden in een snelle kweekreactor uit uranium 238. In de uitgewerkte brandstofstaven zit het gevormde plutonium en bovendien 30 % onverspleten uranium 235. De rest is voor een groot deel uranium 238.

Het bestaan van een splijtstofcyclus wordt veroorzaakt door het feit dat het niet mogelijk is een hoeveelheid splijtstof voor 100 % te versplijten. Om een kettingreactie op gang te houden is steeds een bepaalde minimum hoeveelheid nodig. Tevens wordt de splijting verhinderd door de gevormde afvalproducten. De brandstof wordt dus al uit de reactor gehaald wanneer er nog behoorlijke hoeveelheden splijtbaar materiaal in aanwezig is. Men kan nu kiezen uit drie mogelijkheden:

1. geen opwerking van de splijtstofstaven
2. uraniumkringloop
3. uranium en plutoniumkringloop

ad 1. De uitgewerkte brandstofstaven worden direct als afval beschouwd. Er is dus geen sprake van een cyclus.

ad 2. In de opwerkingsfabriek haalt men het uranium uit de uitgewerkte brandstof, dat via verrijkingsinstallaties en brandstofstaven-fabrieken zijn weg terug vindt naar de kernreactor. Meestal wordt ook het plutonium er-uit gehaald en opgeslagen. Het vereist evenals het andere afval een zorgvuldige behandeling en opslag.

ad 3. Ook het plutonium kan gebruikt worden als brandstof voor een kerncentrale. De reactorbrandstof bestaat dan uit een mengsel van uraniumoxide en plutoniumoxide (UO_2 + PuO_2). In de Engels-talige literatuur wordt deze brandstof "Mixed Oxide Fuel" (MOX) genoemd.

De meeste cijfers, die bekend zijn,hebben betrekking op de uraniumkringloop. Daarom zullen wij deze het uitvoerigst behandelen. De hoeveelheden afval, die bij de uranium en plutoniumkringloop ontstaan, wijken hier niet veel van af. In de volgende hoofdstukken zal ook ingegaan worden op de hoeveelheden plutonium, andere actiniden en enkele afval-gassen, die moeilijk door een filter kunnen worden tegengehouden en daarom zo in de atmosfeer terecht komen; dit zijn onder andere krypton en jodium.

Splijtstofcyclus en afval

2.1 Maatstaven

In het centrum van de splijtstofcyclus staat de kernreaktor. De gegeven hoeveelheden splijtstof hebben betrekking op een lichtwater-reaktor (zowel een BWR als een PWR) van 1000MWe. De genoemde hoeveelheden zijn bij benadering en hebben betrekking op niet samengeperst afval, per jaar (1)
Het afval is onderverdeeld in drie kategorieën:

laag-actief afval	tot 10^{-1} Ci/m^3
middel-actief afval	10^{-1} - 10^{4} Ci/m^3
hoog-actief afval	meer dan 10^{4} Ci/m^3

Deze kategorieën hebben betrekking op zowel vast als vloeibaar afval. Als overzicht bij het nuvolgende kan figuur van dienst zijn.

2.2 De splijtstofcyclus

In de verschillende stadia van de splijtstofcyclus komt afval vrij.

- Delving van uraniumerts (2,3)

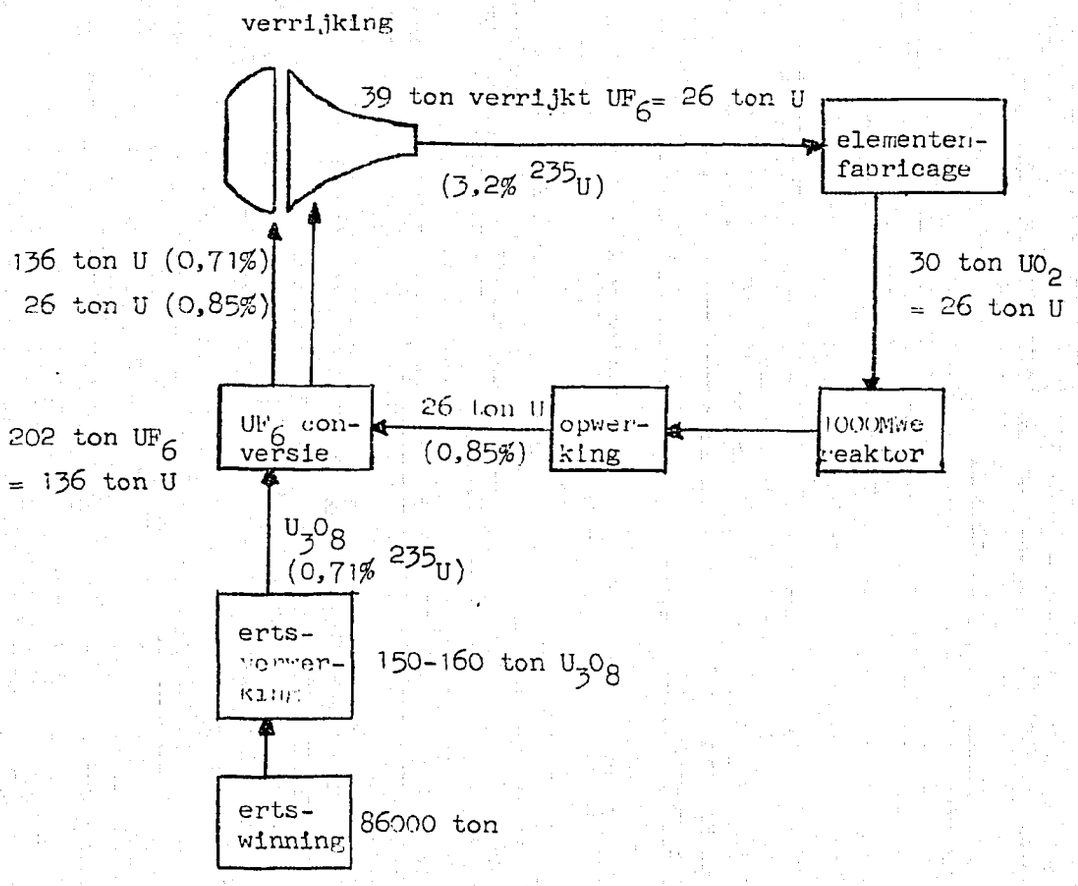
Dit is de eerste stap naar de splijtstofcyclus. Voor de brandstof van een 1000MWe centrale is p.j. 86000 ton erts nodig (afhankelijk van het gehalte U_3O_8 in het erts). Het afval dat hierbij ontstaat is laag-radioactief en bestaat voornamelijk uit radongas, radioactief stof en water dat met radionucliden besmet is. Door verdunning wordt dit afval geloosd.

- Verwerking van erts tot U_3O_8 (2,3)

Hier wordt het erts gereinigd en gezuiverd. Het produkt dat hier ontstaat is de zogenaamde "yellow cake", het semi-geraffineerde U_3O_8. Afval dat hierbij ontstaat is laag-actief en bestaat uit radongas, uraniumstof, radium en andere kleine hoeveelheden radioactief en zeer giftig materiaal. De hoeveelheden afval, die bij het delven en het verwerken ontstaan bedragen ongeveer 3,7 m^3 per ton erts.

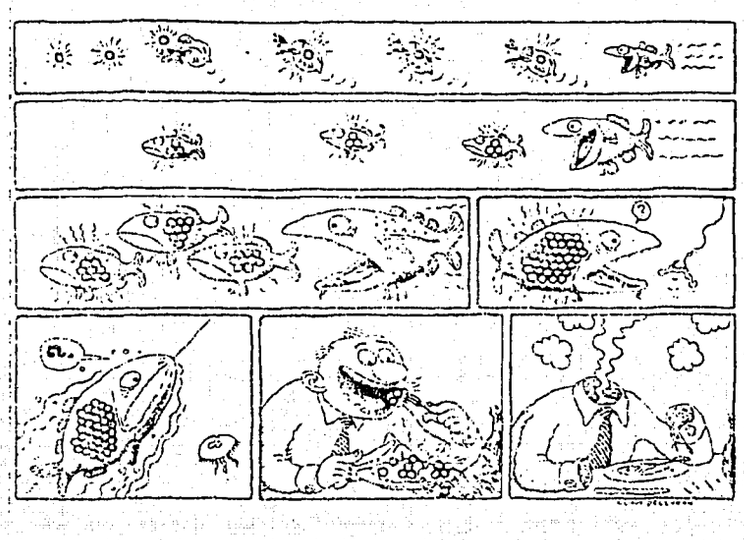
- UF_6 produktie (3,4)

Voor de verrijking van het uranium is een gasvormige verbinding nodig.



Figuur 2

Schema van de splijtstofcyclus met de verbruikte hoeveelheden splijtstof van een 1000MWe lichtwater-reactor tijdens normaal bedrijf (75-80% belasting); alléén opwerking van uranium.



UF_6 is de tot nu toe enige bekende verbinding van uranium die bij 56 graden Celcius al gasvormig is. Voor een kerncentrale van 1000MWe is jaarlijks ongeveer 202 ton onverrijkt UF_6 nodig. Er zijn twee methodes om UF_6 te maken: de zogenaamde natte en droge methode. Het afval, dat bij de droge methode ontstaat is vooral CaF_2 en ander chemisch afval: 68 tot 71 m^3, met een activiteit van ongeveer 6×10^{-2} Ci/m^3, dus laag-actief. De natte methode levert 26 tot 30 m^3 laag-actief afval.
Het grootste deel van de verontreinigingen in de "yellow cake" verlaat de fabriek als opgeloste stof. Daarnaast ontwijkt enig gas. De opgeloste afvalstoffen zijn vooral langlevende α-emitterende radionucliden (vooral radium, uranium en thorium). Dit afval wordt ingedikt. Het koelwater bevat vaak kleine hoeveelheden uranium. Dit wordt meestal direkt geloosd.

- Verrijking van uranium (1,4,5)

Er zijn verschillende methodes om uranium te verrijken, o.a. door diffusie en door ultracentrifuge. Het diffusieproces vraagt ongeveer tienmaal zoveel energie als de ultracentrifuge, maar produceert circa 56 maal zo weinig afval. Het afval is laag-radioactief en bedraagt ongeveer 22 m^3 per jaar (voor een 1000MWe kerncentrale) bij het ultracentrifugeproces.

- Splijtstofelementenfabricage (1,3)

Uit de ultracentrifuge komt ongeveer 39 ton verrijkt UF_6. Dit wordt omgezet in UO_2, dat in tabletten wordt geperst. Deze tabletten worden in zircaloy (of roestvrij stalen) staven gedaan, waarna deze staven weer gebundeld worden tot de splijtstofelementen. Het radioactieve afval bestaat uit gassen, die voor ze geloosd worden gefilterd zijn, vloeistoffen, die vooral uranium, thorium en protactinium bevatten, en vast materiaal, dat metaal, schoonmaakmiddelen e.d. bevat.
De hoeveelheden zijn ongeveer:

117 m^3/jaar	vloeibaar	met	0,001 kg/m^3	uranium
2,4 ,,	vast	,,	0,04 ,,	,,
0,2 ,,	metaal	,,	0,04 ,,	,,

Wanneer dit afval geconcentreerd en samengeperst wordt, moet men rekenen op circa 20 m^3 vast laag-actief afval.

- 1000 MWe kerncentrale (1,4,6)

Bij de lichtwater-reactoren hebben we onderscheid gemaakt tussen twee

types: BWR (boiling water reactor) en PWR (pressurized water reactor). Jaarlijks vraagt een BWR ongeveer 150 ton onverrijkt U_3O_8 en een PWR 160 ton. Hieruit is te berekenen dat een 1000 MWe kerncentrale ongeveer 26 tot 28 ton zuiver verrijkt uranium nodig heeft.
De kerncentrale staat in het middelpunt van de splijtstofcyclus. We maken onderscheid tussen drie cycli:

1. het uranium en het plutonium wordt niet opgewerkt. De uitgewerkte brandstofstaven worden na 150 dagen in de kerncentrale te zijn opgeslagen als afval gedeponeerd op een daarvoor bestemde plaats. De staven bevatten o.a. U-238, U-235, Pu, splijtingsprodukten. Zie voor deze pseudo-cyclus figuur 2.1.
2. bij deze cyclus wordt alleen het uranium opgewerkt. Dit uranium wordt omgezet in UF_6 en vult de hoeveelheid natuurlijk UF_6 aan. Hier komen andere hoeveelheden afval bij vrij als bij 1. De opwerkingsfabriek levert o.a. plutonium als afval. Zie voor deze cyclus figuur 2.2.
3. In verband met de snelle uitputting van de uraniumvoorraden in de wereld, wordt zowel het uranium als het plutonium opgewerkt. Met deze cyclus is dit mogelijk. Het teruggewonnen uranium wordt omgezet in UF_6 en naar de verrijkingsfabriek gestuurd. Het plutonium wordt als PuO_2 naar een brandstofstaven-fabriek gestuurd. In deze fabriek wordt een kernbrandstof vervaardigd, die uit een mengsel van PuO_2 en UO_2 (onverrijkt) bestaat. Deze brandstof wordt in de literatuur "Mixed Oxide Fuel" (MOX) genoemd. Als dit soort brandstof gebruikt wordt in een LWR, wordt er extra plutonium gevormd. Zie hiervoor figuur 2.3.

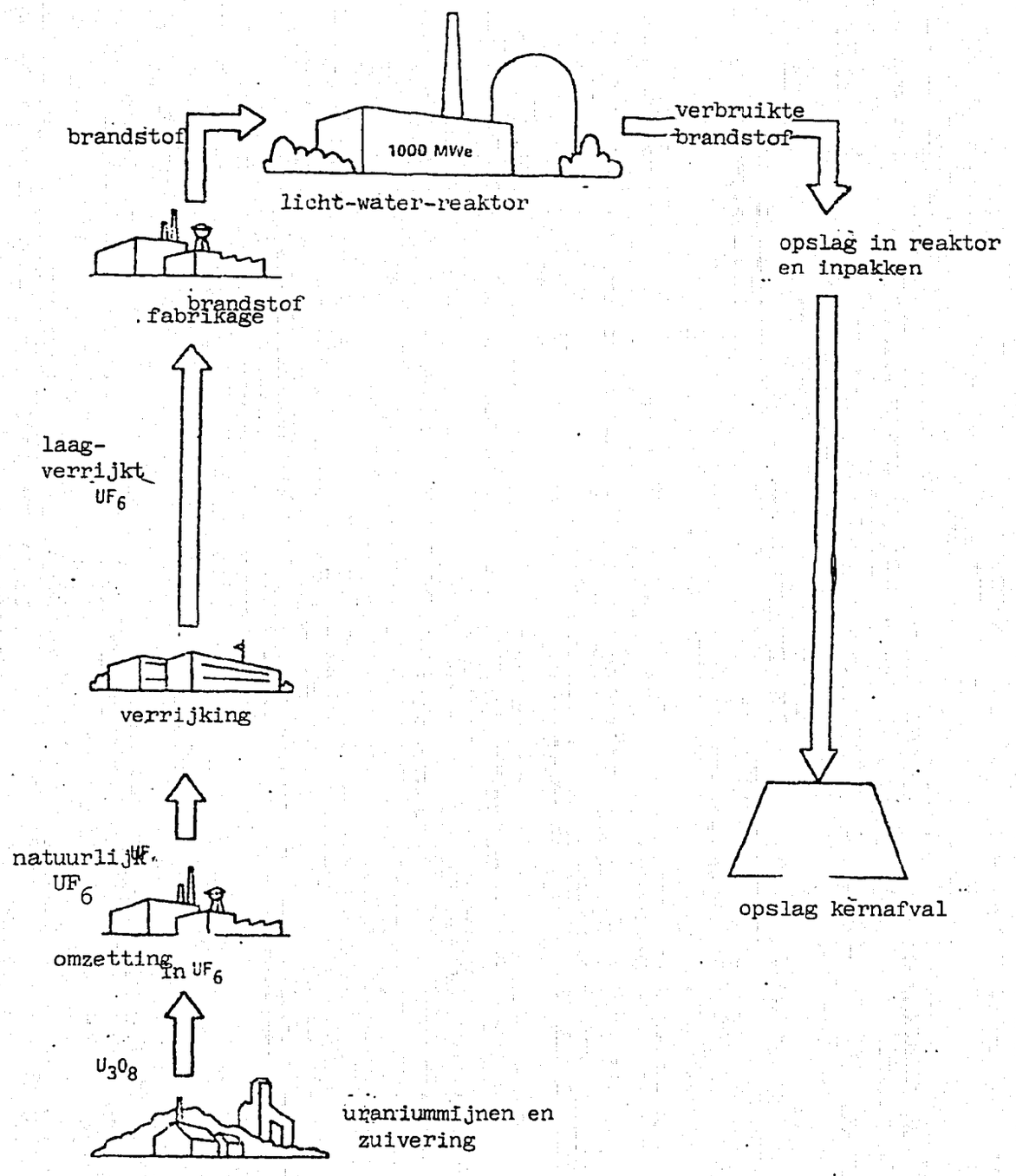
De hoeveelheden afval die bij een BWR tijdens <u>normaal bedrijf</u> ontstaat (filters, poetsdoeken, kleding, bestraalde metalen onderdelen, enz.) bestaat uit:

ongeveer 84 m^3 middel-actief vloeibaar
5 m^3 hoog-actief vast
250 m^3 middel-actief vast (5 tot 50 x samenpersbaar)
15 m^3 laag-actief samengeperst

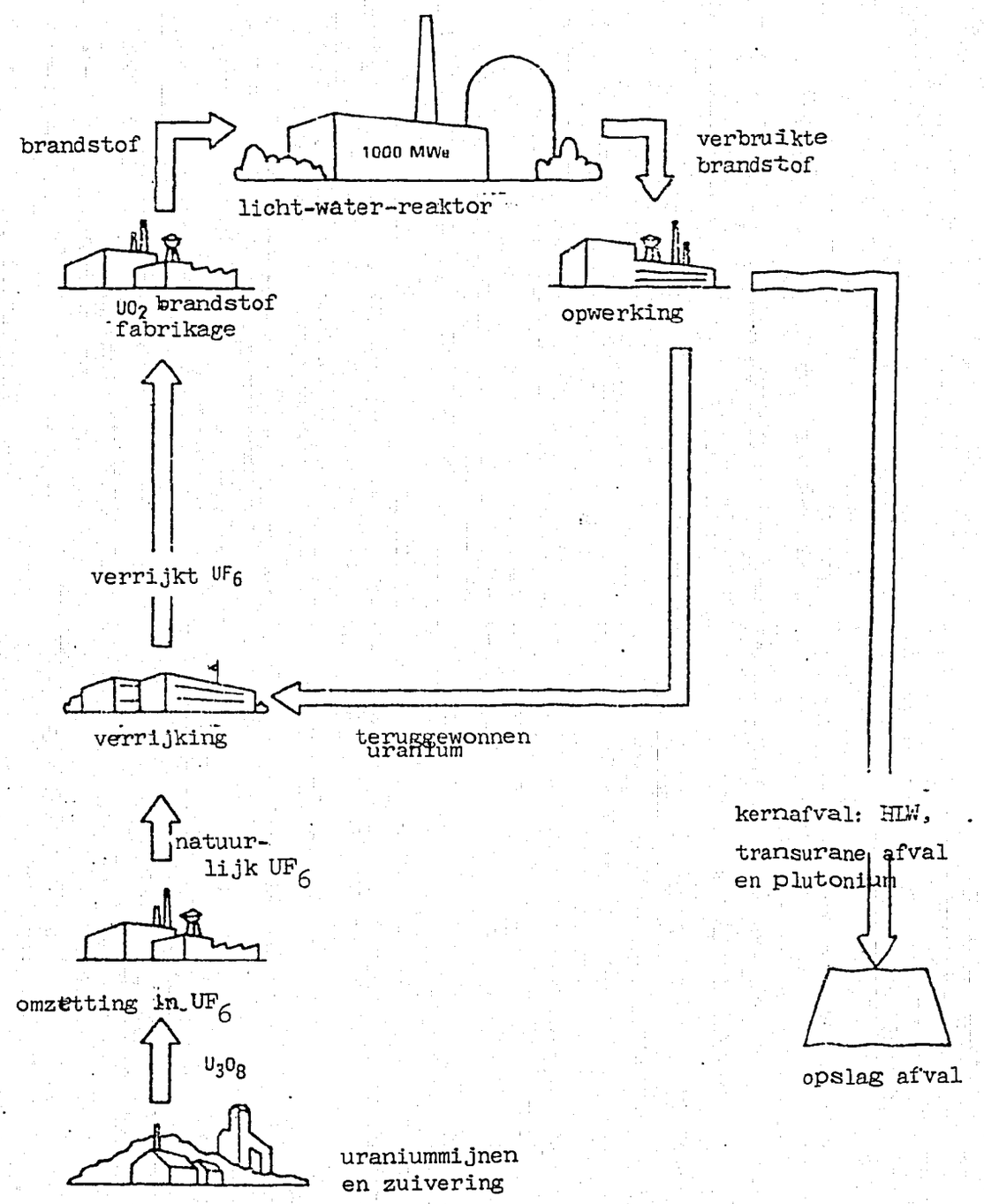
En voor een PWR:

ongeveer 52 m^3 middel-actief vloeibaar
5 m^3 hoog-actief vast
275 m^3 middel-actief vast (5 tot 50 x samenpersbaar)
15 m^3 laag-actief samengeperst

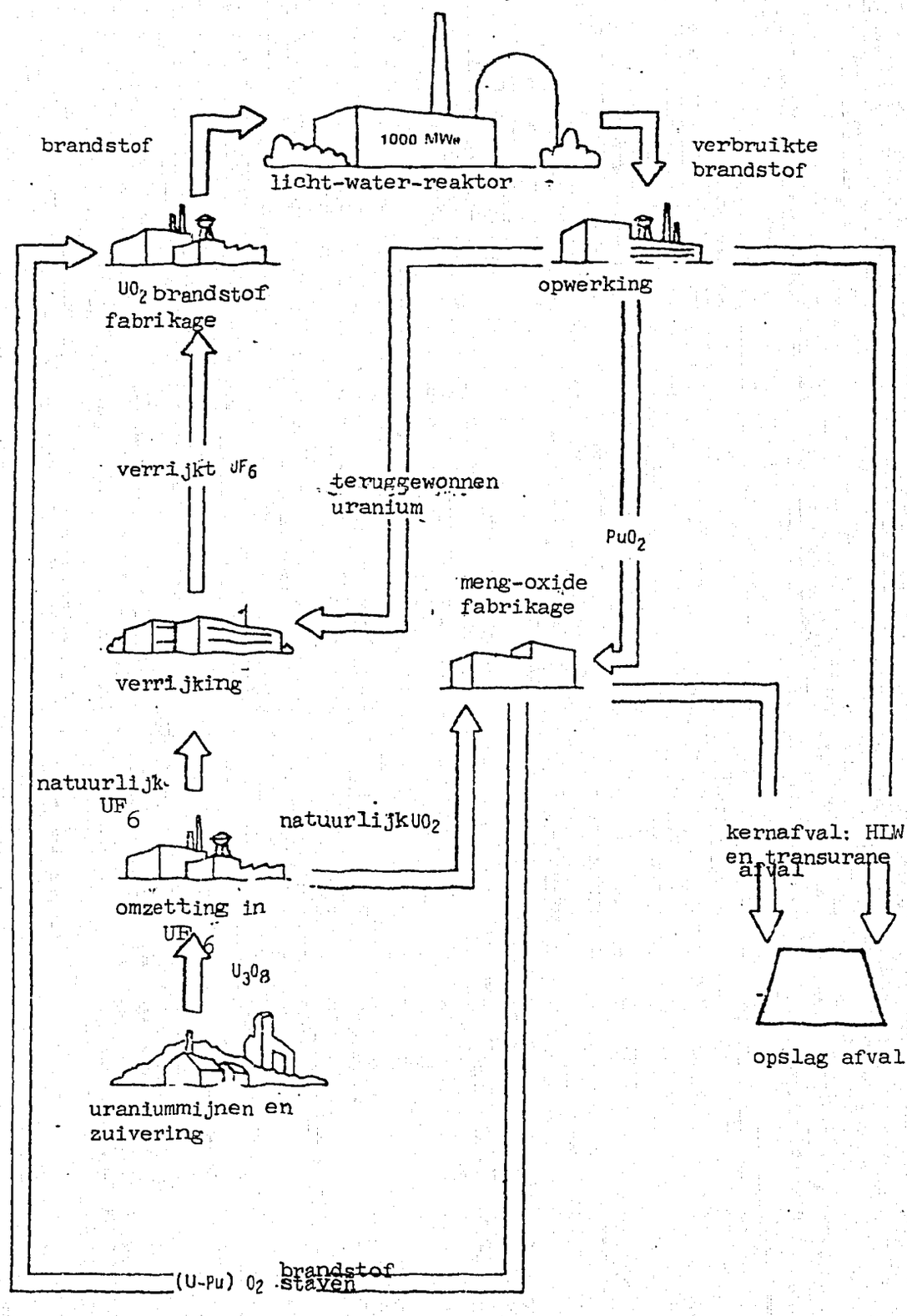
Bij de genoemde hoeveelheden zijn géén uitgewerkte brandstofstaven meegeteld.



Figuur 2.1. Schema van de pseudo-cyclus, waarbij geen splijtstof-staven opgewerkt worden.



Figuur 2.2. Uraniumkringloop



Figuur 2.3. Uranium-en plutoniumkringloop

Als de uitgewerkte brandstofstaven niet opgewerkt worden (geval 1), wordt per jaar door een BWR 23 m^3 hoog-actief afval geproduceerd en door een PWR 26 m^3. Verpakt wordt dit ongeveer 35m^3.

- Opwerkingsfabriek (1,4,7,8)

Hier wordt uit de uitgewerkte brandstofstaven het niet verspleten uranium (geval 2) of het niet verspleten uranium en het gevormde plutonium (geval 3) gehaald. De rest, splijtingsprodukten, actiniden, metalen hulzen, etc., is afval. Er ontstaan gasvormige produkten, vooral edelgassen. Ongeveer 30 % van het gevormde tritium en vrijwel alle edelgassen worden geloosd (na filtering). Verder bedraagt de hoeveelheid splijtingsprodukten ongeveer 910 kg en de actiniden ongeveer 151 kg. In eerste instantie komen de volgende hoeveelheden afval bij de opwerking vrij:

vloeibaar afval: 667 m^3 laag-actief
833 m^3 middel-actief
25 m^3 hoog-actief

vast afval: 104 m^3 laag-actief
78 m^3 middel-actief
21 m^3 hoog-actief

alfa-stralers: ongeveer 2 m^3 (eindvolume, d.w.z. na samenpersing).

Na een aantal bewerkingen wordt dit volume gereduceerd tot:

vloeibaar afval: 10 m^3 laag-actief
-- middel-actief
25 m^3 hoog-actief

vast afval: 100 m^3 laag-actief
145 m^3 middel-actief
20 m^3 hoog-actief

Er vindt derhalve een verschuiving plaats van vloeibaar naar vast afval zodat het totale volume 6 keer zo klein wordt. Het volume van het afval kan eventueel nog meer verkleind worden. Of dit gebeurt, hangt af van de plaatselijke mogelijkheden tot afvallozing.

- Afvalverwerking

Hoeveel afval er bij de afvalverwerkende bedrijven ontstaat, is ons niet bekend. Dit zal onder andere uit schoonmaakmateriaal bestaan. We schatten deze hoeveelheid (laag-actief) afval gering.

2.3 Totale hoeveelheden afval in de splijtstofcyclus

De hoeveelheden afval zijn apart opgeteld voor een BWR en een PWR, inclusief het afval dat geproduceerd wordt door de bedrijven in de splijtstofcyclus. Hieronder geven wij aan hoeveel afval er in de verschillende cycli ontstaat.
Voor de verschillende cycli is het geproduceerde afval tot de kerncentrale ruwweg gelijk, namelijk circa 91 m^3 vast laag-actief afval en een geringe hoeveelheid vloeibaar laag-actief afval (exclusief 318200 m^3 afval dat direkt bij de ertsverwerking wordt geloosd).
Deze cijfers zijn dus zowel voor een BWR als PWR gelijk.

1. Geen opwerking. Bij normaal bedrijf van de kerncentrale komen de volgende hoeveelheden afval vrij:

PWR	BWR	
15	15	m^3 laag-actief samengeperst vast
275	250	m^3 middel-actief vast (5 tot 50 x samenpersbaar)
52	84	m^3 middel-actief vloeibaar
31	28	m^3 hoog-actief vast (inclusief uitgewerkte splijtstofstaven)

2. Uraniumkringloop. Er komt nu nog een hoeveelheid afval van de opwerkingsfabriek bij. De hoeveelheden worden nu:

PWR	BWR	
115	115	m^3 laag-actief samengeperst vast
10	10	m^3 laag-actief vloeibaar
420	395	m^3 middel-actief vast
52	84	m^3 middel-actief vloeibaar
25	25	m^3 hoog-actief vast
25	25	m^3 hoog-actief vloeibaar

3. Uranium-en plutoniumkringloop. Ruwweg ontstaan hierbij dezelfde hoeveelheden afval als bij 2. In de uitgewerkte brandstofstaven zit ongeveer 0,8% plutonium. Voor een 1000 MWe kerncentrale betekent dit

een produktie van 220 kg per jaar. Hiermee kan men nieuwe staven met een mengsel van plutonium en uranium maken. Bij deze MOX- fabrikage ontstaat nog ongeveer 8 m^3 afval. Het afval van een snelle kweekreaktor wordt verder niet meegerekend.

Zoals uit bovenstaande cijfers blijkt, wordt bij de uranium-en plutonium kringloop ongeveer tweekeer zoveel m^3 afval geproduceerd als in het geval dat er geen opwerking plaats vindt.

Verder gebruiken alle bedrijven koelwater, dat, als het al niet verontreinigd zou zijn, bovendien thermische vervuiling veroorzaakt.

Literatuurreferenties

1. Industrial Aspects of Radioactive Waste Management in Western Europe, Foratom 1976.
2. W.C.Patterson, Nuclear Power. Penquin, Londen, 1976
3. T.R.Lash, J.E.Bryson, R.Cotton, Citizens' Guide: The National Debate on the Handling of Radioactive Wastes From Nuclear Power Plants, NRDC, Washinhton, nov. 1975
4. Nureg-0116, Supp.1 to Wash-1248, Environmental Survey of the Reprocessing and Waste Management Portions of the LWR Fuel Cycle, US Government Printing Office, okt. 1974
5. J.Kistemaker, FOM-Instituut voor Atoom-en Molekuulfysica: Energie-Analyse van de Totale Kernenergie Cyclus Gebaseerd op Licht Water Reactoren, FOM, Amsterdam, 1975.
6. Schriftenreihe des Deutschen Atomforums, Brennstoffkreislauf, Mainz, zj.
7. R.Gasteiger und G.Höhlein, Karlsruhe, Behandlung Radioactiver Abfälle aus Wiederaufarbeitungsanlagen, ATW jg. 20, 7/8, Juli/aug. 1975, p.349-353.
8. J.J.Cohen, A.E.Lewis, R.L.Braun, In Situ Incorporation of Nuclear Waste in Deep Molten Silicate Rock, Nuclear Technology, april 1972, p 76.

3 Enkele gevaarlijke radionucliden

3.1 Actiniden

Het hoog-actieve afval, dat bij de opwerkingsfabriek ontstaat, is een zure oplossing van vooral splijtingsprodukten, die β-straling uitzenden, variërend van arsenicum tot europium. Er is echter ook een groep radionucliden die gevormd worden doordat uranium neutronen invangt. Dit zijn de zogenaamde actiniden (thorium, protactinium, (uranium), neptunium, plutonium, americium, curium en zwaardere elementen). Plutonium ontstaat door neutronvangst van uranium-238; verdere neutronvangsten leiden tot zwaardere elementen van plutonium en, door β-verval, tot twee zwaardere elementen, amercium en curium. De meeste van deze actiniden zijn α-emitters, zoals plutonium-239. Ze hebben echter een kortere halfwaardetijd en zijn daarom op korte termijn veel giftiger: zie onderstaande tabel.

Belangrijkste isotopen van plutonium, Americium en Curium

Isotoop	half-w.t.	verval	vervalprodukten
Plutonium-238	87 yr	α	Uranium-234
Plutonium-239	24,400 yr	α	Uranium-235
Plutonium-240	6,600 yr	α, S.F.*	Uranium-236
Plutonium-241	14·3 yr	β	Americium-241
Plutonium-242	387,000 yr	α	Uranium-238
Americium-241	433 yr	α	Neptunium-237
Americium-242	16 hr	β	Curium-242
Americium-242m	152 yr	I.T.**	Americium-242 → Curium-242
Americium-243	7,370 yr	α	Neptunium-239 → Plutonium-239
Curium-242	163 day	α	Plutonium-238
Curium-243	32 yr	α	Plutonium-239
Curium-244	18 yr	α	Plutonium-240

*Spontane splijting
**overgang naar de grondtoestand van de kern

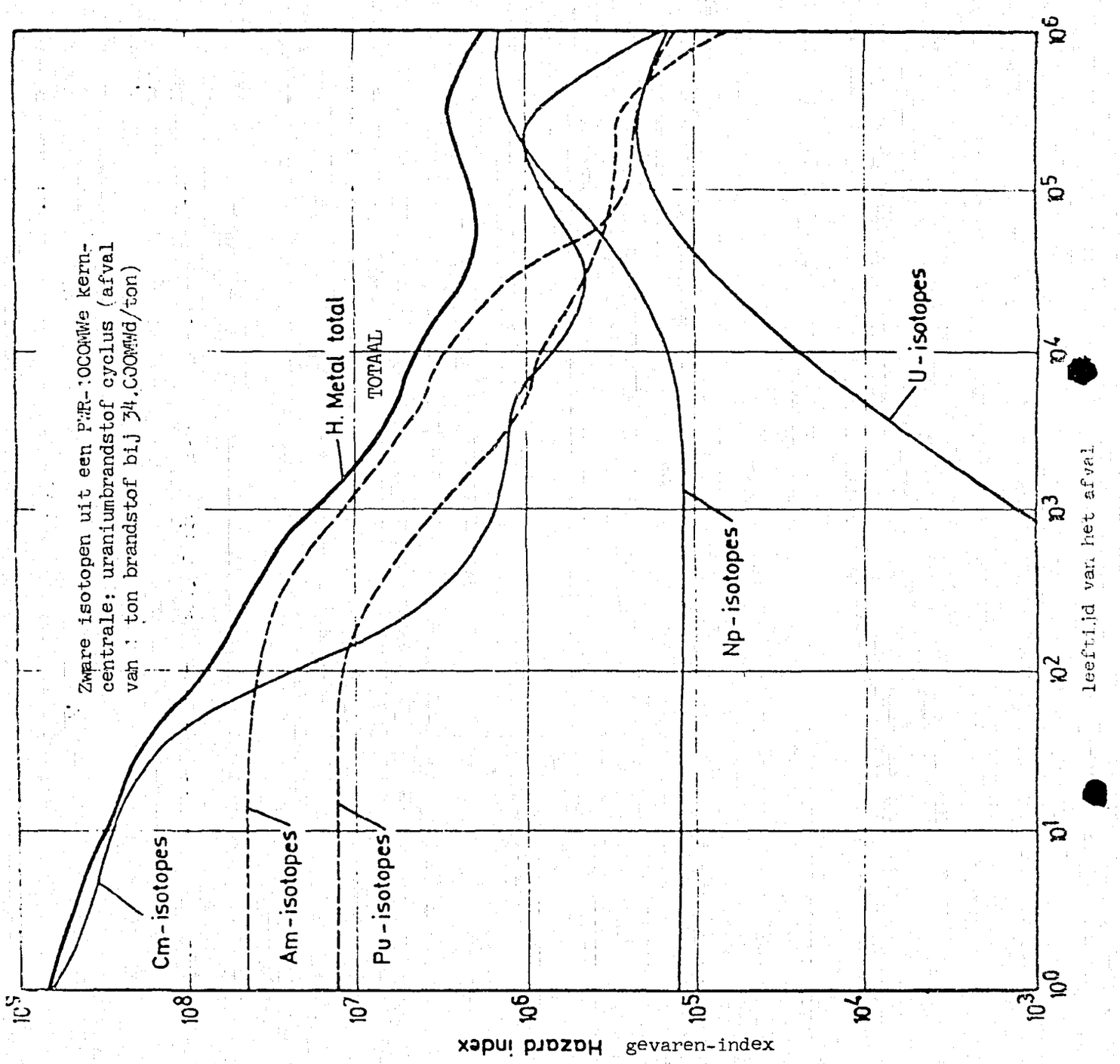
half-w.t. is halfwaardetijd

De hoeveelheid actinide, die gevormd wordt, is afhankelijk van de soort reactor. In een snelle kweek reactor, waar het uranium intenser bestraald wordt, ontstaat veel meer. In de eerste jaren nadat de staven zijn verwijderd, is curium de belangrijkste α-straler, wanneer curium verdwijnt, wordt americium dominerend en uiteindelijk wordt plutonium-239 de belangrijkste met een halfwaardetijd van 24.400 jaar. Zie figuur 3.1.1.

Bij de thans algemeen toegepaste opwerkingsmethode blijft 1-2% van het in de splijtstof gevormde plutonium in het hoog-actief afval achter, de actiniden volledig. De actiniden blijven honderden jaren actief en moeten gedurende deze tijd opgeslagen worden. De meeste splijtingsprodukten zijn in minder dan duizend jaar veel minder gevaarlijk geworden. Als er niet een paar langlevende splijtingsprodukten waren, zou het afvalprobleem in teorie gemakkelijker worden, als de splijtingsprodukten en de actiniden van elkaar gescheiden zouden kunnen worden en afzonderlijk behandeld zouden kunnen worden.

Er is voorgesteld de actiniden terug in de reactor te brengen en daar te splijten (transmutatie van actiniden), net als uranium (en plutonium). Men zou dan de minder gevaarlijke splijtingsprodukten krijgen. Er zijn verschillende moeilijkheden bij deze aanpak. Ten eerste moet de transmutatiesnelheid groter zijn dan de snelheid waarmee nieuwe actiniden in een reactor gevormd worden. Ten tweede moet dit proces minder energie kosten dan het proces om de actiniden te vormen. Verder zijn er nog verschillende technische problemen. Het duurt ongeveer dertig jaar om 99,9% van de actiniden om te zetten in splijtingsprodukten. Hiervoor is het nodig de elementen met de actiniden periodiek uit de reactor te halen om op te werken. Zowel dit als de fabricage van deze elementen houden weer risico's in en produceren ook weer afval. Voordelen van deze gang van zaken zijn tot op heden zeer onzeker en vele discussies zijn er nog gaande. Men zegt dat de lange-termijn risico's kleiner zullen worden, echter, de korte-termijn risico's groter. Toch blijven er na de splijting van actiniden nog enkele langlevende isotopen over, zoals I-129 ($t^{\frac{1}{2}}$ = 1,6 x 10^7 jaar) , Tc-99 ($t^{\frac{1}{2}}$ = 2,1 x 10^5 jaar), Nb-93m ($t^{\frac{1}{2}}$ = 3,7 jaar), Cs-135 ($t^{\frac{1}{2}}$ = 2 x 10^6 jaar) en Zr-93 ($t^{\frac{1}{2}}$ = 1 x 10^6 jaar). Zie hiervoor figuur 3.1.2. (Bij de splijting van actiniden komen ongeveer dezelfde splijtingsprodukten vrij als bij de splijting van uranium.).
Men heeft de effecten van het opnieuw in de reactor brengen van actiniden bestudeerd (voor een PWR). Het resultaat was dat dit geen invloed had op de "neutronhuishouding". De reductie van lang-levende isotopen is 40 tot 200 maal als 99,5% tot 99,9% van de actiniden uit het afval gehaald kan worden. Tot op heden is er nog geen techniek gevonden om dit te doen. Al haalt men alle americium, curium en neptunium isotopen eruit, zolang er nog een 1% plutonium rest in het afval zit, vermindert het lange-termijn gevaar niet beduidend. Om het lange-termijn gevaar echt op te lossen moeten zowel 99,9999% van de zware metalen van de splijtingsprodukten gescheiden worden, als de vijf bovengenoemde isotopen een speciale behandeling krijgen.
Om een idee van de hoeveelheden te geven is een tabel van de genoemde actiniden hieronder weergegeven: tabel 7 .

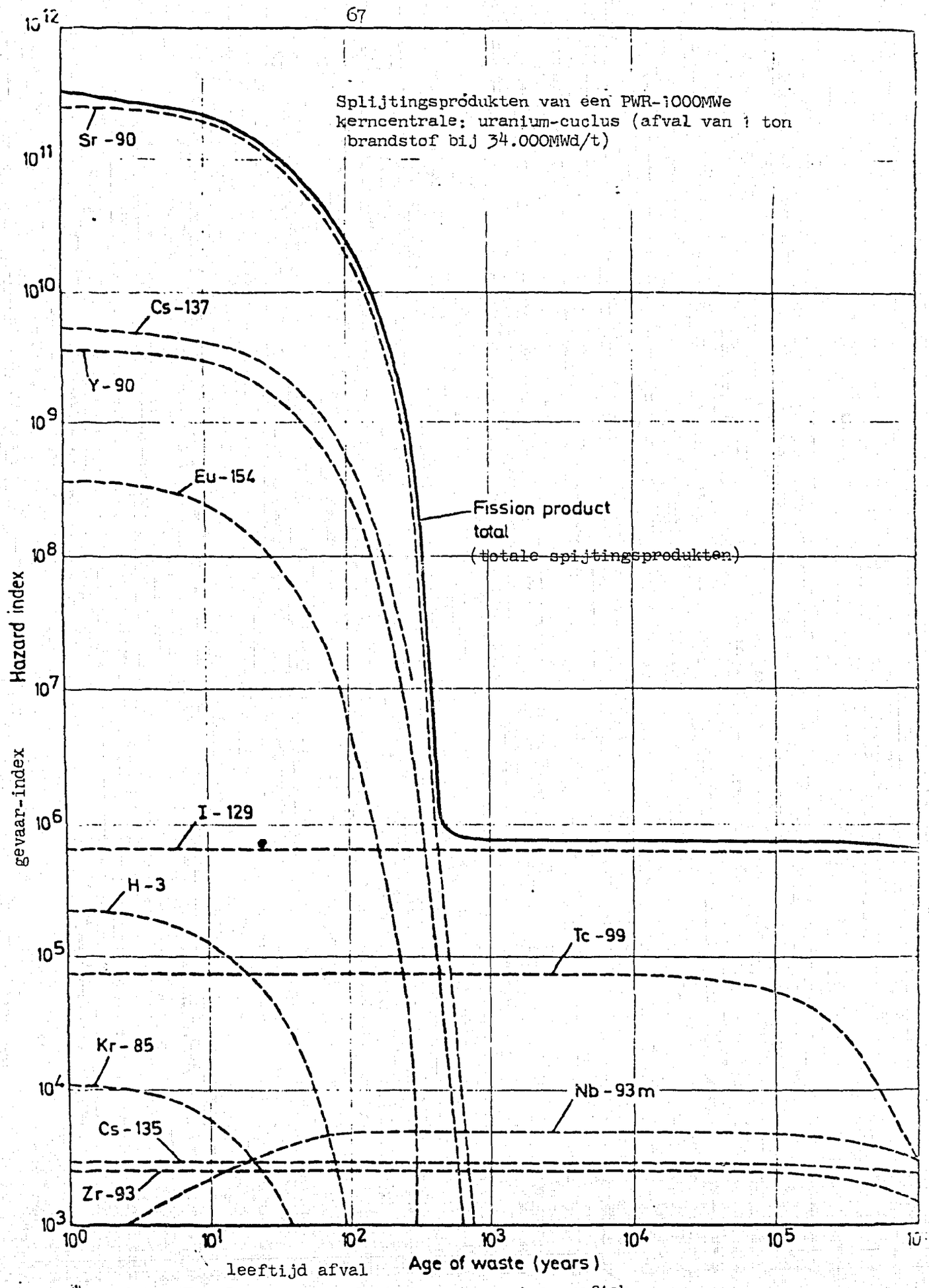
isotoop	LWR1	LWR2	
Np	500	368	gram per ton splijtstof opgewerkt na 150 dagen.
Am	153	774	
Cm	43	522	
Pu	8800	gering	



Figuur 3.1.1.

Hieruit kan men een gevarenindex voor het afval aflezen voor elke leeftijd van het afval. De gevaar-index is de hoeveelheid m^3 water, die nodig zou zijn om het afval zo te verdunnen, dat de maximaal toegestane koncentratie radioaktiviteit niet wordt overschreden. Hierbij let men dus alleen op het korte termijn-effekt door drinkwater.

NB. de grafiek begint niet bij 0 maar bij 1000 ($=10^3$)



Figuur 3.1.2. voor toelichting zie vorige grafiek

Hierbij is LWR1: alleen uraniumcyclus (34.000 MWD/T verbruik) en LWR2: uranium + plutoniumcyclus (19% Pu, ook 34.000 MWD/T verbruik).

Literatuurreferenties

Royal Commission on Environmental Pollution, Chairman: Sir Brian Flowers, Sixth Report, Nuclear Power and the Environment, Londen, sept. 1976
P.E. Mc Grath, Kernforschungszentrum Karlsruhe, Radioactive Waste Management Potentials and Hazards from a Risk Point of View, KFK, juni 1974
Schweizerische Vereinigung für Atomenergie (SVA), Wiederaufarbeitung, Plutonium und Endlagerung, 13 en 14 juni 1977
International Conference on Nuclear Power and its Fuel Cycle, Nuclear Transmutation of Actinides other than Fuel as a Radioactive Waste Management Scheme, IAEA-CN-36/366, 1977.

3.2 Gasvormige afvalprodukten

Radioactieve gassen worden vooral geproduceerd bij de opwerking van het afval, meer dan bij andere stappen in de cyclus. Deze gassen worden bij de bestaande fabrieken veelal geloosd door de schoorsteen, omdat er nog geen goede manieren zijn (en wetgevingen) om ze binnen te houden. Alleen jodium wordt enigszins tegengehouden. Er zijn al wel enige methoden bekend, maar de meeste zijn nog in ontwikkeling; sommige alleen geprobeerd op kleine schaal.

Er volgt nu een overzicht van de gassen en de manieren om ze vast te houden.

- Tritium

Tritium heeft een halfwaardetijd van 12,4 jaar en is een zwakke β-straler. Het meeste tritium is gebonden in water(damp) en kan zo in de biologische kringloop worden opgenomen.
Wanneer uitgewerkte brandstofstaven worden opgewerkt, worden ze eerst in stukken gezaagd en vervolgens opgelost in salpeterzuur. Er is een proces ontwikkeld, waarbij voor het oplossen in salpeterzuur de brandstofstaven bij 550 graden Celcius aan de lucht geoxideerd worden. Dit heet het voloxidatieproces. Hierbij komt 90% tot 99% tritium vrij, dat opgevangen kan worden. Het wordt dan als HTO (T = tritium) met een droogmiddel verwijderd. De methode is echter alleen nog maar getest op kleine schaal. Bij de verwerking van grote hoeveelheden zijn er nog vele problemen. De methode zou ook erg duur zijn.

- Krypton-85

Krypton-85 heeft een halfwaardetijd van 10,8 jaar. Het verspreid zich in de gehele atmosfeer. Het wordt niet opgenomen in de biologische kringloop (het is een edelgas). Behalve het risico dat het meebrengt van straling, is er ook gevaar, volgens sommige onderzoekers, dat krypton het weer zou beïnvloeden. Dit zou veroorzaakt worden door vermindering van de elektrische weerstand van de atmosfeer.
Bij de voloxidatie komt enig krypton vrij, de rest bij het oplossen in salpeterzuur. Een van de beste methoden om krypton vast te houden (99%) is absorptie door een fluor-koolstofoplosmiddel. Behalve krypton wordt daarbij ook haast al het Xenon, CO_2 en allerlei stikstofoxiden geabsorbeerd.

Een andere methode is kryogene absorptie in vloeibare stikstof. Een nadeel van deze methode is, dat het gasmengsel geen water, koolzuur of stikstofoxiden mag bevatten, omdat deze door bevriezing het systeem zou blokkeren.

- Jodium-129 en jodium-131

Jodium-129 heeft een zeer lange halfwaardetijd: 16 miljoen jaar. Het accumuleert in het milieu. Jodium-131 heeft een halfwaardetijd van acht dagen. Bij mensen is het grootste gevaar van jodium-129 dat het opgenomen wordt in de schildklier, evenals jodium-131. Dit kan tot schildklierknobbeltjes en kanker leiden.
Het vasthouden van jodium is moeilijk, omdat het om grote hoeveelheden gaat en omdat het jodium in zo veel vormen (verbindingen) voorkomt, zoals molekulair jodium, alkyljodide (vooral methyljodide), jodaat en jodiden.
Een manier om al deze verbindingen vast te houden is het jodoxproces. Dit proces wordt toegepast na het oplossen in salpeterzuur, waarbij 98% jodium vrijkomt.
Bij het jodoxproces worden met 20 Molair salpeterzuur alle vluchtige jodiumverbindingen omgezet in niet-vluchtige jodaten.
Voor het verwijderen van jodium uit water zijn de technieken nog niet erg ontwikkeld. Een Russische bron noemt een manier waarbij met een luchtstroom jodium uit een oplossing gehaald wordt, gevolgd door absorptie aan een vaste stof. Een nadeel was hierbij dat het veel materiaal koste. Met een vloeistof ging de absorptie efficiënter, maar dan werd weer minder damp opgenomen. Een kombinatie van beide scheen de oplossing te zijn.
Er zijn ook filters ontwikkeld die 99,9% jodium zouden tegenhouden; het testen is nog alleen op kleine schaal gebeurd.

- Koolstof-14

Het is nog maar pas geleden ontdekt dat C-14 ook een rol speelt in de radioactieve afvalgassen.
C-14 kan opgenomen worden door levende wezens en planten, waar het net zo ingebouwd wordt als gewoon koolstof (C-12). Bij verval ontstaat stikstof. Dit kan grote gevolgen hebben voor het genetisch materiaal.
C-14 ontstaat uit zuurstof- of stikstofverontreinigingen in de reactor.
Bij de voloxidatie wordt het grotendeels omgezet in kooldioxide. Het wordt samen met krypton vastgehouden.
Het C-14 dat niet omgezet is, komt in het milieu terecht.

-Aerosolen

Aerosolen zijn kleine stofdeeltjes, waaraan plutonium, americium en curium isotopen vastzitten. Men tracht deze deeltjes vast te houden door filters, maar dat lukt nooit helemaal.

De methoden voor vasthouden van gassen zijn nog niet uitgewerkt, of nog niet op grote schaal uitgeprobeerd. Toch stapt men luchtig over de problemen heen met de gedachte dat de technieken over vijf, tien of vijftien jaar wel voldoende ontwikkeld zullen zijn.

Uit het bovenstaande blijkt wel dat het onverantwoord is de gassen te lozen. Voor het vaststellen van normen voor lozingen gaat men niet zozeer uit van veiligheidsoverwegingen, als wel van bestaande of voorziene technische mogelijkheden. Het is wel aardig de volgende tabel te zien, waarin een vergelijking is gemaakt tussen geplande en maximaal toegestane lozingen:

	KEWA	EPA	korte termijn	JULICH	BONKA
tritium	25 %		10	1	1
krypton	100	17	10	1	1
jodium-129	2	0,5	1	0,1	0,2

Literatuurreferenties

J. van der Feer en B. Verkerk, Afvallozing en Opslag bij Opwerkingsfabrieken In: Atoomenergie en haar toepassingen, jg 1971, blz 334.

O.O.Yarbro en J.C.Mailen, Retention of gaseous isotopes, 1977, IAEA-CN-36/408

B.Ya.Galkin, L.I.Gedeonov, N.N.Demidovich e.a., The discharge into the atmosphere of volatile fission products from nuclear power stations and fuel reprocessing plants and the outlook for their retention, 1977, IAEA-CN-36/317.

K. Nienhuys en D. Noordegraaf: Opwerking van kernafval, Vereniging Milieudefensie, Amsterdam, april 1977.

Schweizerische Vereinigung für Atomenergie, Informationstagung Wiederaufarbeitung, Plutonium und Endlagerung, 13 en 14 juni 1977

4 ONTMANTELING

Een kerncentrale heeft een ekonomiese levensduur van ongeveer 20 jaar. Dwz als een kerncentrale twintig jaar elektriciteit heeft geleverd, moeten de kosten er minstens uit zijn. Wanneer nu een kerncentrale buiten bedrijf wordt genomen, blijven we zitten met een probleem: wat moet er met de kerncentrale gebeuren? De kerncentrale is radioaktief geworden; bij de sluiting van een kerncentrale zitten we dus opnieuw met een afvalprobleem. Als men de centrale niet eeuwig wil laten staan, moet men de centrale afbreken. Dit heet ontmantelen. Maar niet alleen kerncentrales moeten ontmanteld worden; na verloop van tijd wordt ook de splijtstofelementenfabriek en de opwerkingsfabriek gesloten.

De eerste - en naar onze informatie ook tevens de enige - keer dat in Nederland gesproken is over ontmanteling, is in een rapport van de Wetenschappelijke Raad voor de kernenergie van juli 1972. (1) Dit rapport somt maatregelen op die men in beschouwing kan nemen. Er wordt in gesteld dat totale afbraak met inbegrip van de verwijdering van de radioaktieve betonkonstrukties, waarschijnlijk te kostbaar is om ekonomies aanvaardbaar te zijn; elke andere metode heeft tot gevolg, dat de reaktorstandplaats niet vrij van radioaktiviteit komt. Ofwel toen in 1972 het probleem aangestipt werd, verwachtte men met de radioaktieve kerncentrales te blijven zitten; blijkbaar moeten we daar maar mee leren leven.

Een kerncentrale kan na gebruik op verschillende manieren worden behandeld. Het Internationale Atoomburo in Wenen (IAEA) onderscheid de volgende stappen:

1. Sluiten met bewaking; dit is een tijdelijke oplossing;
2. Beperkte vrijgave van de vestigingsplaats; deze stap kan veel vormen aannemen, maar het betekent in elk geval dat een deel van de centrale voor ander gebruik beschikbaar komt.
3. Onbeperkte vrijgave van het terrein; voor deze stap is het nodig dat al het radioaktieve materiaal verwijderd wordt. (2)

Een ander rapport vermeldt 4 metoden van behandeling na gebruik (3):

1. Totale ontmanteling. Hiervoor moet de hele kerncentrale verwijderd worden. Wanneer de kerncentrale direkt na sluiting ontmanteld wordt, bestaat het gevaar dat de werknemers die daar mee bezig zijn, zeer grote hoeveelheden straling ontvangen. De reaktor moet dan met afstandsbediening en onder water in stukken gezaagd worden, wat veel tijd en geld kost.
2. Maken van 'graftombes'. Nu wordt de kerncentrale afgesloten met beton en staal, nadat alle vloeibare afval en de brandstofstaven verwijderd zijn.

Jaarlijks moet het stralingsnivo gekontroleerd worden. Op gezette tijden moet nagegaan worden of het staal en beton nog wel in orde is.
3. In de mottenballen zetten. De splijtstofstaven en het afval worden verwijderd en derest wordt bewaakt.
4. Deze metode is een kombinatie van hetzij de mottenballen, hetzij de graftombe met in een later stadium ontmanteling. De kerncentrale wordt na een periode van 65 à 110 jaar ontmanteld. Het voordeel van deze metode is, dat op het moment van de ontmanteling de radioaktiviteit zodanig is verminderd, dat bij de ontmanteling de werknemers minder kans lopen een sterke dosis straling op te lopen.

Wat betreft de ontmanteling van een splijtstofelementenfabriek, er bestaan geen studies over de manier waarop die ontmanteld zou moeten worden (4).

Over de ontmanteling van een opwerkingsfabriek zegt Lenneman van het IAEA (5): niemand heeft een fabriek zo gebouwd, dat hij gemakkelijk ontmanteld kan worden. De bestaande plannen voor opwerkingsfabrieken zijn gericht op een efficiënte bouw en bedrijfvoering; maar dit maakt ontmanteling veel moeilijker.

Het is niet zo, dat na die periode van 65 à 110 jaar, er geen gevaarlijke radioaktiviteit meer op treedt. De ontmantelde kerncentrale moet vele tienduizenden jaren buiten het bereik van denatuurlijke kringloop blijven. Verschillende rapporten wijzen hierop (6): nikkel-59, dat ontstaat als een aktiveringsprodukt in het materiaal waar de reaktor van is gebouwd, blijft minstens 500.000 jaar een gevaar. Ook blijken niobium-90 en koolstof-14 langlevende spore-elementen in het reaktorstaal te zijn.

Hoeveel afval ontstaat er bij ontmanteling? We hebben hier niet veel cijfers over aangetroffen. We zijn nergens tegengekomen hoeveel afval er vrij komt bij de ontmanteling van een splijtstofelementenfabriek of een opwerkingsfabriek. Wat betreft een fabriek voor de zuivering van uranium-erts (Le Bouchet, VS), ontsmetting van de gebouwen en het terrein levert 20.000 ton afval op.
Bij de ontmanteling van de Elk River kerncentrale in de VS ontstond 2600 M^3 afval. De ontmanteling van een 1000MWe kerncentrale LWR geeft 2200 à 2800 ton vast en 10.000 m^3 vloeibaar afval; bij deze ontmanteling worden op hun beurt werktuigen e.d. besmet, wat een paar honderd ton afval geeft. (7)

Deze cijfers zijn schattingen, want er is nog nooit een 1000MWe LWR na 20 jaar ontmanteld. Men heeft alleen ervaring met de ontmanteling van kleinere centrales, die veel korter dan 20 jaar elektriciteit hebben geleverd

De Elk River centrale is ontmanteld in 1972. Het was een centrale van 58MWe. De kosten bedroegen 6,2 miljoen dollar. Voor 2 andere centrales, Piqua, 45MWe en Bonus, 50MWe, is de metode van de graftombe toegepast. De kosten waren 1 respektivelijk 1,6 miljoen dollar.

Hoeveel kost nu de ontmanteling van een kerncentrale van 1000MWe? Bepaling van de kosten op grond van het verleden kan bedriegelijk zijn. In de oude centrales maakten de splijtstofstaven 5 tot 10 MWd/t (megawattdagen per ton, een maatstaf voor de hoeveelheid energie die de splijtstofstaven geleverd hebben) Bij de huidige centrales maken de splijtstofstaven 30 tot 35 MWd/t; de splijtstofstaven worden dan 3 tot 10 keer zo radioaktief, zijn dus veel moeilijker te hanteren; ook de kerncentrale wordt radioaktiever.
De kerncentrale te Oyster Creek (640MWe) kan ontmanteld worden voor 100 miljoen dollar. Deze centrale begon men in 1963 te bouwen. De centrale kostte toen 65 miljoen dollar. (8)
Het Atomic Industrial Forum bracht in 1976 een studie uit over de kosten van ontmanteling (9). Indien de kerncentrale direkt na sluiten ontmanteld zou worden, bedragen de kosten 33,6 toe 39 miljoen dollar. Eerst de metode van de mottenballen en dan ontmantelen kost 35,8 tot 39,4 miljoen dollar. Eerst de graftombe en dan ontmantelen vergt een uitgave van 30 tot 31 miljoen dollar.
Wanneer een kerncentrale in de mottenballen wordt gezet, is dit naar verhouding goedkoop; ongeveer 3 miljoen dollar. Maar dan moet de kerncentrale wel bewaakt en onderhouden worden. Dit kost per jaar 200.000 dollar. De bewaking is een half miljoen jaar nodig, dit kost dus ruwweg, zonder inflatie en prijskompensatie, 10 miljard dollar.
Bij deze cijfers van het Atomic Industrial Forum moeten we in de gaten houden, dat de kosten van de opslag van het afval er niet bij in zetten. Dat kost ook vele miljoenen dollars.

Glauberman (10) noemt de volgende bedragen voor de ontmanteling van een kerncentrale van 1100MWe: 40 miljoen dollar voor komplete ontmanteling; 10 miljoen dollar voor graftombe, met 200.000 dollar per jaar voor bewaking en onderhoud. Deze cijfers zijn dezelfde als die van bovengenoemd Forum. Ook in deze studie wordt er van uit gegaan dat de kosten geen langere tijdsperiode beslaan dan 100 jaar. De kosten van de dumping van kernafval worden niet meegerekend.
Andere studies die de lange termijn effekten ook niet meerekenen, schatten de kosten van ontmanteling tussen 60 miljoen en een bedrag even hoog als de bouw van een kerncentrale. (11)
Ook de geschatte kosten van ontmanteling van een splijtstofelementenfabriek lopen nogal uiteen: de fabrikanten geven schattingen op tussen 100.000 dollar en 6 miljoen dollar. De ontmanteling van de opwerkingsfabriek in W. Valley, New York, gaat ook aardig wat dollars kosten: de schattingen lopen uiteen tussen 90 en 600 miljoen dollar. Volgens Lenneman (

en 6 miljoen dollar (12). De ontmanteling van de opwerkingsfabriek in W. Valley, New York, gaat ook aardig wat dollars kosten, tussen 90 en 600 miljoen dollar. Volgens Lenneman (13) kost de ontmanteling van een opwerkingsfabriek evenveel of meer dan de oorspronkelijke bouwkosten, dwz 6 miljard. We kunnen zeggen dat we hier te maken hebben met zaken waar nog erg weinig over bekend is, zowel wat betreft hoeveelheid afval die ontstaat, alsookwat betreft kosten.

Om al deze uitgaven te kunnen bekostigen, moeten er voorzieningen getroffen worden. De eigenaren van kerncentrales, opwerkingsfabrieken, splijtstofelementenfabrieken, zuiveringsfabrieken moeten geld achteruit leggen om op het moment dat ontmanteld moet worden, het bedrag bij elkaar te hebben. Dit geld moet uiteindelijk opgebracht worden door de afnemers van elektriciteit. Bij de berekening van de prijs van elektriciteit uit kerncentrales, zal hiermee rekening gehouden moeten worden. Op het moment doet men dit niet, zodat de kosten van kernenergie onderschat worden.

5 Kernafval in een voorlichtingsbrochure van de overheid.

Door het Ministerie van Economische Zaken is in mei 1977 een brochure uitgegeven getiteld: '3500MWe Kerncentrales in Nederland. Hoe werken ze en wat zijn de risico's?'. Paragraaf 2.8 van deze brochure gaat over radioaktief afval. Men deelt het afval in volgens de regels van het Internationaal Atoomenergieburo, het IAEA.
3500MWe kerncentrales geeft de volgende soorten en hoeveelheden afval per jaar
Laag aktief vast afval (LAVA): 200 tot 300 m^3 samengeperst afval. LAVA is afval waarbij de straling op het oppervlak van niet-afschermende verpakking kleiner is dan 0,2 Röntgen per uur.
Is laatstgenoemde straling groter dan 0,2 maar kleiner dan 2 Röntgen per uur, dan noemen we het afval MAVA, middelaktief vast afval. Per jaar wordt bij 3500MWe de hoeveelheid MAVA op 50 tot 75 m^3 geschat.
Wanneer de straling groter is dan 2 Röntgen per uur, hebben we hoog aktief afval, HAVA. Per jaar wordt een hoeveelheid HAVA van 30 tot 50 m^3 verwacht. Bij dit HAVA merkt men in de brochure op, dat de radioaktiviteit snel terugloopt, waardoor het na betrekkelijk korte tijd MAVA geworden is. Overigens is deze indeling verouderd en vervangen door een ander (zie blz. 54).
Naast deze kategorieën afval, afkomstig uit bedrijf en onderhoud van kerncentrales, noemt de overheid het kernsplijtingsafval (KSA). Dit afval ontstaat bij de opwerking van splijtstofelementen. Het wordt verwerkt in een soort glas en in deze vorm levert KSA per jaar een volume van ongeveer 9 m^3. Dit is het soort afval dat verreweg het langst radioaktief blijft. Dit alles volgens de voorlichtingsbrochure.

Het hier besproken stuk uit de voorlichtingsbrochure roept een aantal vraagtekens op.

a. Het KSA ontstaat bij opwerking van splijtstofelementen. Stilzwijgend wordt er van uit gegaan dat de splijtstofelementen opgewerkt moeten worden. Bij opwerking wordt plutonium en uranium uit de brandstofelementen gehaald; wat overblijft is afval. Opwerking heeft pas zin, als we plutonium en uranium gaan gebruiken. Als we met die stoffen niets zouden willen doen, kunnen we de gebruikte brandstofstaven beter maar meteen als afval beschouwen. Welnu, plutonium kan gebruikt worden voor het maken van atoombommen. Dat moet voorkomen worden. Derhalve vindt bv. president Carter van Amerika, dat de gebruikte brandstofstaven niet opgewerkt moeten worden. In de genoemde voorlichtingsbrochure van Economische Zaken wordt zonder enig argument gekozen voor opwerking, voor een plutoniumekonomie. Dit vinden we zeer verontrustend.

b. Bij de opwerking van splijtstofelementen ontstaat KSA in een volume van 9 m^3 per jaar bij 3500 MWe, zo kunnen we lezen. Maar wat verstaat men nu precies onder KSA? In Nederland wordt in de officiële stukken KSA gelijk gesteld aan het hoog-aktieve afval van een opwerkingsfabriek (1). Feitelijk is dit onjuist. Bij de opwerkingsfabriek ontstaan verschillende soorten hoog radioaktief afval; het in glas verpakte KSA is erg belangrijk, maar niet het enige:

Kernsplijtingsafval is de Nederlandse vertaling van 'High Level Waste (HLW)'. De Nuclear Regulatory Commission (NRC) van Amerika gebruikt de term: 'high level radioactive fission product waste' (te vertalen als hoog-aktief splijtingsprodukt-afval of kernsplijtingsafval) om het vaste en vloeibare afval uit een opwerkingsfabriek mee aan te duiden (2).
Kuhlmann, direkteur van de afdeling opwerking van de Energy Research and Development Administration (ERDA) van Amerika, vindt dat in de huidige tijd het volgende onder High Level Waste moet worden verstaan: (3)

1. Vloeibaar afval van een opwerkingsfabriek.
2. Gebruikte brandstofstaven.
3. De in stukken gezaagde omhulling van brandstofstaven (na opwerking).
4. Delen van bv. de kerncentrale en de opwerkingsfabriek die radioaktief zijn geworden door aktivering en besmetting, en na ontmanteling veilig opgeborgen moeten worden.

c. Behalve het hoog radioaktieve afval komt er ook nog middel en laag aktief afval uit een opwerkingsfabriek. Behalve de 9 m^3 KSA uit 3500MWe aan kerncentrales, ontstaat er bij het opwerken nog zo'n 3,5x300 m^3 = 1050 m^3 hoog, middel en laag aktief afval (zie p. 60). Misschien klinkt 'middel' en 'laag' onschuldiger dan 'hoog'. Maar het is een misverstand dat middel en laag radioaktief afval dus te verwaarlozen zou zijn. Bij de geplande opwerkingsfabriek in W-Duitsland zouden die twee afvalsoorten samen jaarlijks zo'n 70 kilo plutonium bevatten en de helft van de overige transuranen uit de uitgewerkte brandstofstaven (4). Dit zijn allen zeer giftige en langlevende radioaktieve stoffen.

d. Hoe komt het nu dat de hoeveelheid radioaktief afval onderschat wordt? Op allerlei voorlichtingsbijeenkomsten bleek dat de advisuers van de Nederlandse regering er van uit gaan dat er alleen KSA terugkomt, als we onze uitgewerkte brandstofstaven naar een buitenlandse opwerkingsfabriek sturen. "Want zo zijn de kontrakten tot nu toe geweest", zegt men dan. Maar de kontrakten kunnen heel goed veranderd worden. Als er in de toekomst veel afval uit kerncentrales opgewerkt moet worden, is het land waarin dat gebeurt wellicht niet bereid om al het daarbij geproduceerde afval voor andere landen op te slaan. Als de Nederlandse brandstofstaven in België opgewerkt zouden worden, kan het afval niet in België opgeborgen worden. Dus krijgen we het hoogstwaarschijnlijk allemaal terug en als het tegenzit, krijgen we nog Belgies afval erbij (zie p. 33)

e. Het afval dat ontstaat bij ontmanteling wordt in de voorlichtingsbrochure niet genoemd, terwijl het toch om aanzienlijke hoeveelheden gaat, die een hoge aktiviteit hebben (zie paragraaaf 4 van dit hoofdstuk).

Konklusie: de voorlichting over het kernafval in de brochure "3500MWe kerncentrales in Nederland" is onjuist: de hoeveelheid afval wordt onderschat.
We achten het zeer gewenst dat de overheid ook deze fout in haar voorlichting over kernenergie herstelt.

Verwijzingen bij paragraaf 4

1. Wetenschappelijke Raad voor de Kernenergie: Vestigingsplaatsen van Energiereactoren en de opslag van radioactief afval, juli 1972.
2. W. Lenneman, Management of Radioactive Wastes, IAEA-Bulletin 17 (4), 1976, p. 6
3. Cleaning up the remains of nulear facilities - a multibillion dollar problem, Report to the Congress by the Comptroller General of the United States, Washington, juni 1977, p. 4.
4. Idem, p. 5
5. W. Lenneman, op cit., p. 6
6. M. Resnikoff, et. al., Activation Products in a Nuclear Reactor, New York Public Interest Research Group, Lente 1976.
7. NEA Group of Experts, Objectives, Concepts and Strategies for the Management of Radioactive Waste Arising from the Nuclear Power Programme, OECD, Parijs 1977, p. 131 tm. 133.
8. NRDC World Environmental Alert, Vol 1, nr. 18, nov./dec. 1977.
9 Atomic Industrial Forum, 1976. In: Cleaning up the Remains etc., p. 13.
10 Glaubermann, IAEA-konferentie mei 1977.
11 W. Schulz en J. Abbots: Petition for Rulemaking before the USA Nuclear Regulatory Commission, 5 juli 1977.
12 Cleaning up the Remains etc. op. cit. p. 14
13 W. Lenneman, op. cit. p. 6

Verwijzingen bij paragraaf 5

1. J, Hamstra, Veiligheidsanalyse voor ondergronds in een zoutkoepel opbergen van radioactief vast afval, RCN-75-040, Petten, april 1975, p. 13
2 In: D. Abrahamson, Nuclear Waste Management, Remarks before the Swedish Society of Engeneering Geologists, 12 dec. 1977, Stockholm
3. Idem.
4. K. Nienhuys en D. Noordegraaf, Opwerking van Kernafval, Vereniging Milieudefensie, Amsterdam, april 1977, p. 15

HOOFDSTUK 5

DE HUIDIGE STAND VAN ZAKEN

bij het

ONDERZOEK

naar

KERNAFVALOPSLAGMOGELIJKHEDEN

SAMENVATTENDE CONCLUSIE.

Gezien het feit dat:

- de resultaten van tot nu toe gedaan onderzoek niet bevredigend is,
- gedegen onderzoek (nog)niet mogelijk is,
- de objectiviteit van officiële instanties die onderzoek bedrijven aan sterke twijfel onderhevig is,
- deze factoren mede bepalen,dat de tot nu toe uitgebrachte veiligheidsrapporten zodanig beperkt zijn,dat zij geen inzicht geven in de consequenties van de ergst mogelijke catastrophe,die uit kernafvalopslag zou kunnen voortvloeien,

vinden wij de conclusie van die rapporten waarin gsteld wordt dat de opslag van radioactief kernafval in geologische formaties veilig is, niet aanvaardbaar.

Leen Zwart
Johan Wester
Gédo Kuiper

Overzicht van de soorten afval :

Een onvermijdelijk gevolg van het gebruik van kernenergie voor onze electriciteitsvoorziening is de vorming van radioactieve afvalstoffen. Deze stoffen zijn in verschillende categorieën te onderscheiden, die elk hun specifieke maatregelen vereisen indien we ze opslaan.
Het volgende onderscheid in afval afkomstig van kerncentrales, opwerkingsfabrieken, uraniummijnen etc. wordt tegenwoordig gemaakt :

a) gasvormig afval:

Zowel bij kerncentrales als bij opwerkingsfabrieken worden gasvormige radioactieve stoffen gevormd. Via ontgassingssystemen worden deze bij kerncentrales aan de primaire reactorkringloop ontrokken, waarna ze behandeld kunnen worden. Het gasvormig afval bestaat uit :

-edelgassen : Deze worden zowel door opwerkingsfabrieken als kerncentrales geloosd. Ze kunnen niet door filters worden tegengehouden, de halveringstijden van de meeste isotopen zijn echter kort, zodat een vertragingslijn kan worden toegepast, waar de gassen tijdelijk in worden opgeslagen. Hoe lang deze opslag is, en om welke hoeveelheden het gaat werd niet vermeld (ref 14), alleen dat de verblijftijd van de gassen in de vertragingseenheden bij moderne centrales dermate lang waren dat alleen kryton en xenon isotopen geloosd worden. Het ^{85}Kr komt voornamelijk vrij bij het opwerken van de gebruikte brandstofstaven in een opwerkingsfabriek (als splijtingsproduct). In de opwerkingsfabriek te Windscale (Eng.) wordt jaarlijks meer dan 1 miljoen Ci ^{85}Kr geloosd (12)

In een artikel van J.J. Went (13) wordt melding gemaakt van een methode waar bij men 99.9% van het krypton kan uitfilteren door het op te laten lossen in freon, waarna het kan worden opgeslagen. Deze methode is afkomstig van het Oak Ridge National Laboratory in de V.S.. In Engeland kent men deze methode blijkbaar niet (of de methode is niet bruikbaar gebleken), want in een rapport van de "Royal Commission On Enviromental Pollution", gepresenteerd aan het Engelse parlement in sept. 1976 wordt hierover niet gesproken (het artikel van Went is in juli 1973 geschreven).

-vluchtige splijtingsproducten :

Behalve krypton vallen hieronder jodium (^{129}I, ^{131}I, ^{133}I en ^{135}I), cesium (^{137}Cs) en antimoon (^{124}Sb). Vooral aan ^{129}I moet aandacht geschonken worden, deze isotoop heeft een erg lange halfwaardetijd van 16 miljoen jaar, en vanwege het feit dat jodium accumuleert

Mogelijke lozing van radionucliden bij de opwerking van 1000 ton uranium per jaar in vergelijking met de lozing van een kerncentrale van 1000 MWe(in curie per jaar).

Tabel 2

Lozing in lucht	Opwerkingsbedrijf	Kerncentrales	
		KWR	DWR
Tritium	5×10^5	5	100
Edelgassen	10^7 *)	2×10^4 **)	2×10^4 **)
Jodium-131	0,7	0,5	0,5
Andere jodium-isotopen	0,07	2	2
Transuranen	0,12	geen	geen
Overige radioactieve stoffen	30	0,2	0,2
Lozing in water	**Opwerkingsbedrijf**	**KWR**	**DWR**
Tritium	7×10^4	100	1000
Overige radioactieve stoffen	7 ***)	5 ****)	5 ****)

*) Krypton-85

**) Krypton-85, xenon-133 en xenon-135

***) Voornamelijk ruthenium-106 en cesium-137. Dit getal geeft de hoeveelheid aan, waartoe volgens het rapport WASH-1248 de lozing van splijtingsproducten zo nodig kan worden beperkt. De Engelse en Franse installaties lozen veel grotere hoeveelheden (resp. in de Ierse Zee en in het Kanaal).

****) Splijtingsproducten en geactiveerde corrosieproducten.

Te verwachten lozingen in de atmosfeer uit een kerncentrale van 1000 MWe.

Tabel 1

	Curie/jaar	Halveringstijd
Edelgassen:		
Krypton-85	2000	10,8 jaar
Xenon-133 en Xenon-133m	15000	2,2 dagen 5,6 dagen
Xenon-135	3000	9,5 uur
Halogenen:		
Jodium-131	0,5	8,0 dagen
Jodium-133	1,8	21 uur
Jodium-135	0,2	6,7 uur
Overige splijtingsproducten en corrosieproducten:		
Chroom-51	0,04	28 dagen
Mangaan-54	0,04	300 dagen
IJzer-59	0,04	45 dagen
Kobalt-58	0,01	71 dagen
Kobalt-60	0,04	5,3 jaar
Molybdeen-99	0,018	67 uur
Antimoon-124	0,01	60 dagen
Cesium-137	0,002	30 jaar
Tritium:		
KWR	5	12,3 j

in de schildklier.
De hoeveelheden te lozen ^{131}I, ^{133}I en ^{135}I zijn veel groter dan van ^{129}I. Het schijnt vrij moeilijk te zijn om dit jodium uit te filteren, mede door de grote hoeveelheden, en omdat het jodium in zoveel verschillende verbindingen voorkomt. Er wordt dan ook nog (te) weinig aan gedaan om het jodium binnen te houden. Volgens de "Royal Commission on Enviromental Pollution" (ref 12) zijn de dagelijkse lozingen laag; alleen bij een groot ongeluk vormt ^{131}I één van de meest gevaarlijke bronnen van radioactiviteit. In 1957 vond er te Windscale zo'n ongeluk plaats, waarbij een geschatte hoeveelheid van 20.000 curie ^{131}I vrijkwam (ref). Hierdoor was het noodzakelijk enkele miljoenen liters melk, afkomstig van het land om de fabriek (500 km^2) te vernietigen. Voor het ^{129}I wenst de commissie wel contoles , vanwege de lange halfwaardetijd. Voor de andere jodiumisotopen kan men eventueel ook een vertraginslijn benutten (opslag bijvoorbeeld 160 dagen, = 20 halfwaardetijden, de radioactiviteit is dan tot ca. één miljoenste afgenomen).

-corrosieproducten :
Dit zijn kleine deeltjes, afkomstig van constructiematerialen van de reactor, die als aerosol in de lucht zweven (zie tabel 1).

-tritium :
In reactors die gekoeld worden met zwaar water, of waarin borium voor de reactorregeling wordt gebruikt, wordt tritium gevormd. Biologisch is tritium niet bijzonder schadelijk, omdat het slechts zwakke β-straling uitzendt. Toch moet aan tritium wel aandacht geschonken worden, vanwege zijn lange halfwaardetijd (12.3 jr), en de grote hoeveelheden geloosde curies (zie tabel 2). Bovendien wordt tritium gebonden aan water en heeft dan overal toegang.

-overige producten :
Bij reactoren die als moderator grafiet hebben (Magnox en gasgekoelde reactoren) komt ^{14}C vrij in de vorm van kooldioxide. Hoewel de hoeveelhedne vrij gering zijn en het in de natuur al in grote hoeveelheden voorkomt kan het lozen ervan toch aanleiding geven tot een verhoging van een paar procent van de hoeveelheid ^{14}C in de natuur in het jaar 2000 bij voortschrijdend kernenergiegebruik. Dit kan een natuurlijk evenwicht verstoren

. Voor een 1000 MWe reactor wordt de via de ventilatieschacht geloosde hoeveelheid ^{14}C geschat op 6 à 10 Ci per jaar (14). Vanwege de lange halveringstijd (5730 jaar) moet men met cumulatieeffecten rekening houden.

Als aerosol kunnen verder transuranen (o.a. plutonium) in de atmosfeer terecht komen, indien de 'hot particle' theorie juist is kunnen deze stoffen een serieus gevaar opleveren.

b)vloeibaar afval :

Dit afval komt voornamelijk vrij bij het opwerken van de uitgewerkte brandstofstaven en kan laag-,middel-,of hoog-actief zijn.
Het wordt op de volgende manieren bewerkt : (1)

1) opslag in bovengrondse tanks
2) door indampen vast of zeer geconcentreerd maken, zodat het een geringer volume inneemt
3) (zeer) laag actief vloeibaar afval wordt ook wel eens met het koelwater geloosd.

Dit laatste gebeurt bijvoorbeeld door de opwerkingsfabriek te Windscale (Eng.).Hier wordt het laag actief vloeibaar afval, waarin ook verdund middel-actief afval wat enige jaren in tanks opgeslagen is geweest, m.b.v een pijpleiding $2\frac{1}{2}$ km buiten de kust op de zeebodem geloosd.Dit afval bevat o.a. water van de fabrieks-wasserij.Als limiet voor de lozingen (in sept. '76) gold 75 kCi β-emitters per kwartaal en 6kCi α-emitters per jaar (2 kCi per 4 maanden).Er werden ook actinides zoals plutonium geloosd,verder ook nog strontium-90, cerium-144 en ruthenium-106.
Dit kan leiden tot gevaarlijke situaties als het slib,waarin de actiniden nu terechtkomen, op de één of andere manier droog zou komen te liggen.Met de wind kan dan het opgedroogde slib meegevoerd worden en zo mogelijkerwijs aerosols ,waarin plutonium,vormen.
Over de chemische reacties die in de sedimenten kunnen optreden met de actiniden is verder nog te weinig bekend.Er zal dus nog veel onderzoek nodig zijn, waarbij het gedrag van plutonium in sedimenten bestudeerd wordt, voordat deze vorm van dumping eventueel veilig genoemd kan worden, en welke limieten aan lozing gesteld moeten worden. Dit onderzoek is ook belangrijk als opslag in de zeebodem aan de orde gesteld wordt.
Het laag- en middel-actief vloeibaar afval is afkomstig van regeneratie van ionenwisselaars,ontsmetting van verontreinigde onderdelen, kleren en ruimten, uit bassins waarin gebruikte brandstofstaven worden op-geslagen en van lekkages van primair koelwater.Dit laatste wordt eerst door ionenwisselaars en filters gehaald om de radioactieve verontreinigingen te verwijderen.Afvalwater met een hoog gehalte aan opgeloste en niet opgeloste vaste stoffen wordt in een verdamper geconcentreerd en dan opgeslagen.Water met een laag gehalte aan vaste stoffen wordt gefiltreerd en, eveneens als het condensaat van de verdamper, door ionenwisselaars

...

Het gezuiverde water wordt opnieuw gebruikt of, verdund met het condensor-koelwater, geloosd in het oppervlaktewater.
Hoog radioactief vloeibaar afval komt alleen bij de opwerking vrij en wordt in bovengrondse tanks opgeslagen en moet voortdurend geroerd en gekoeld worden.Uiteraard kan dit nooit een oplossing voor permanente opslag zijn.Deze opslag is bedoeld voor enkele tientallen jaren, hoewel sommige tanks al voortijdig hun inhoud beginnen prijs te geven.Men hoopt dat er over enige tijd een acceptabele opslag voor permanente opslag van dit afval gevonden is.Intussen stapelt het afval zich op.

c) vast afval :

Dit afval wordt weer onderverdeeld in :

1) LAVA (Laag Actief Vast Afval).

De radioactiviteit van dit soort afval is maximaal 10^{-1} Ci/ m^3.
(De onderverdeling is gemaakt naar radioactiviteit per kubieke meter, vroeger werd de radioactiviteit aan de buitenkant van het vat gemeten (in Rö per uur), omdat dit vat veel straling tegenhoudt (vooral de, zonderafscherming, gevaarlijke α-straling) is dit geen goede meting -- de werkelijke radioactiviteit van het afval is dan groter dan de gemeten hoeveelheid).
In het algemeen bestaat LAVA uit materialen die zelf niet radioactief zijn, maar besmet zijn met radioactief stof zoals : (2)

- gebruikt materiaal en gereedschap na contaminatie.
- gebruikte en besmette kleding, poetsdoeken ed.
- gasfilters uit schoorstenen.
- neerslag, oplossingen (ingedampt) ed. uit opwerkingsfabrieken.

2) MAVA (Middel Actief Vast Afval).

Dit afval is gedefinieerd als hebbende een radioactiviteit van 10^{-1} tot 10^{+4} Ci/m^3.Het bevat veel hoog energetische γ-emitters zodat een afscherming nodig is.Het afval wordt gevormd door dezelfde materialen als onder LAVA, doch nu sterker besmet; verder wordt de helft van het volume ingenomen door metalen,afkomstig van reactormaterialen,neutron-flux meetinstrumenten etc.,deze materialen nemen het grootste deel van de radioactiviteit van het MAVA voor hun rekening.Bijvoorbeeld kobalt-60, wat ontstaat na de bestraling van staal door neutronen, is erg radioactief (een doordringende γ-straling en een halfwaardetijd van 5.3 jaar).
Vaak worden deze materialen in de reactorruimte opgeslagen, waardoor de kernreactors een nog gevaarlijker bron van

radioactiviteit vormen.
Verder bestaat MAVA uit diverse materialen als filters, as van verbrand radioactief materiaal (poetsdoeken etc.) en dergelijke.Een gedeelte van het MAVA is besmet met plutonium (en andere transuranen), hetgeen dit afval een stuk problematischer maakt.Dit afval vervalt, in tegenstelling tot het meeste andere MAVA, niet binnen een eeuw tot ongevaarlijk materiaal, maar blijft permanent (dwz. enkele honerdduizenden jaren) radioactief.
Het probleem dat zich bij dit afval voordoet is dan ook vergelijkbaar met het opslagproblem van het high level waste, behalve dat er geen of nauwelijks vervalwarmte af te voeren valt.
In Engeland zijn de hoeveelheden met transuranen besmet MAVA als volgt, in vergelijking met HLW : (ref12)

soort afval	volume, m^3		α-activiteit, kCi		β-activiteit, MCi	
	1974	1985	1974	1985	1974	1985
met plutonium verontreinigd						
MAVA :	3000	5000	60	100	--	--
HLW :	550	1800	500	2000	350	4500

In Windscale had men in 1974 te maken met 12000 m^3 met plutonium besmet MAVA, hierin bevond zich ongeveer 500 kg plutonium (ref12), verder bevat het ook americum en curium.
Door de opslag van MAVA(en HAVA) in water ontstaan grote hoeveelheden radioactief besmet water.Voor het dumpen van MAVA is nog steeds geen goede opslagmogelijkheid gevonden.De diverse opslagplaatsen die gebruikt zijn beginnen na verloop van tijd hun afval vrij te geven.In Asse worden proeven gedaan met betrekking tot de opslag van MAVA, toch wordt het niet-terughaalbaar opgeslagen in de zoutmijn (ref5).Veel middel-actief afval wordt in de oceaan gedumpt.
De door de IAEA (International Atomic Energy Agency) daarvoor opgestelde limieten zijn uitgedrukt in curies per ton voor bepaalde isotopen (zie tabel 3).Deze limieten zijn opgesteld aan de hand van een oceanografisch model van Webb en Morley; berekend is de maximale toegestane'dumpsnelheid' (Ci/jaar) welke via de voedselketen resulteert in een maximale dosis (volgens ICRP) radioactiviteit voor de mens.Aangezien over de processen van transport van radionucliden door stromingen,diffusie, en de biologische mobiliteit van radionucliden etc. nog zeer weinig bekend is, staat het te bezien of deze limieten een veilige basis voor dumping in zee vormen.

Het is al diverse malen voorgekomen dat vaten die gedumpt werden op de zeebodem kapot zijn gegaan. (ref.8. blz 45.)
Hoewel er meestal weinig aandacht geschonken wordt aan het MAVA (in tegenstelling tot bijv. HLW), vormt het dus nog wel een ernstig probleem.

3) HAVA (Hoog Actief Vast Afval);
Dit afval heeft een radioactiviteit groter dan 10^4 Ci/m^3.
Hieronder vallen o.a. harsen uit het primaire koelsysteem, filters, houders van splijtstofelementen, regelstaven etc.
Zie verder het high level waste.

d) High Level Waste (HLW)

Dit afval bevat de grootste hoeveelheid splijtingsproducten (β-emitters).Dit materiaal produceert veel afvalwarmte.
Het HLW is gedefinieerd als zijnde : "de waterige oplossingen afkomstig van het eerste exctractieproces, of equivalent, en de geconcentreerde oplossingen van opvolgende exctractieprocessen in een faciliteit om verbruikte reactorbrandstof op te werken"(3).
Dit afval bevat een groot scala aan elementen, varierend van arsenicum (nr.33) tot europium(nr 63), verder transuranen (nr 93 en hoger) die α-deeltjes uitzenden.Een overzicht van deze transuranen is gegeven in tabel .
HLW is dus afval wat alleen geproduceerd wordt door opwerkingsfabrieken.Nu rijst uiteraard de vraag of er dan wel zo nodig opgewerkt dient te worden, zonder opwerking hebben we 'slechts' te maken met de gebruikte splijtstofelementen (HAVA).Deze elementen moeten dan circa 6-12 maanden in bassins (in de kernreactor) opgeslagen worden, om hun warmteontwikkeling laag genoeg te laten worden.Hierna zouden ze 'definitief' opgeslagen kunnen worden. Het probleem van het afgescheiden plutonium bestaat dan natuurlijk ook niet meer.Het is ook mogelijk de afgewerkte splijtstofelementen zo op te bergen dat ze later weer op te halen zijn, om ze alsnog op te werken.
In de opwerkingsfabriek blijft het HLW als een zure, sterk radioactieve oplossing over, na de exctractie van uranium en plutonium.Deze oplossing laat men eerst een tijdje koken door zijn eigen warmteontwikkeling, om het volume te reduceren.
In deze vorm wordt de oplossing opgeslagen in van koelspiralen voorziene dubbelwandige stalen tanks.Bij de in het verleden gebruikte enkelwandige tanks is herhaaldelijk lekkage opgetreden.

In deze tanks moet de oplossing voortdurend geroerd en gekoeld worden om te voorkomen dat de oplossing droogkookt, hetgeen tot gevolg zou hebben dat er veel vluchtige radioactieve stoffen vrij komen, die door de filters niet tegengehouden kunnen worden. De opslag van dit vloeibaar afval in tanks is kostbaar, één tank met een volume van 150 m^3 kost 4 miljoen pond in Engeland. Verder kan deze opslag slechts tijdelijk een oplossing zijn. Men zoekt dan ook naarstig naar een methode om dit afval vast te maken, waarna het in vaste vorm opgeslagen kan worden. Er bestaat thans een procédé om dit afval in de vorm van een glasachtige of keramische verbinding te brengen. Dit proces is tot nu toe echter nog niet op grote schaal toegepast. In Frankrijk is men bezig een fabriek te bouwen bij Marcoule waar het HLW in glazen blokken verwerkt zal worden, bij de opwerkingsfabriek te Cap de la Hague zal ook een verwerkingsfabriek komen.
Bij dit proces wordt het geconcentreerde HLW samen met silica en borax verhit in een stalen bak tot 1000 ^{o}C, waardoor glas gevormd wordt. De stalen bak vormt dan meteen de container die permanent (dwz. een paar jaar bij roestvrij staal met een dikte van 2,5 cm ,en maximaal zo'n 1000 jaar (volgens Grimwood en Webb)) om de glazen cilinder blijft. Al enige jaren heeft men de eigenschappen van diverse glassoorten bestudeerd, en het is gebleken dat het glas redelijk bestand is tegen de hoge temperaturen en straling. Water heeft verder ook weinig invloed op de glazen blokken, gemiddeld zal circa 10^{-5} g/cm^2/dag glas (met afval) oplossen.
Door het afkoelen van de cilinders zal het glas gaan scheuren, zodat het oppervlakte groter wordt, het oplossen zal dan sneller verlopen. Volgens Grimwood en Webb zal al het glas na circa 3500 jaar opgelost zijn. Als de cilinders het zo lang uithouden kan de radioactiviteit van de 'kortlevende' (circa 400-1000 jaar, $T_{\frac{1}{2}}$=30 jr.) tenminste uitgeschakeld worden. De eerste 400 jaren domineren de volgende splijtingsproducten voor wat betreft de radioactiviteit: Strontium-90 (halfwaardetijd= 28 jr.), Yttrium-90, Cesium-137 (halfwaardetijd = 30 jr.), en Barium-137.
Hierna blijft de radioactiviteit vrijwel constant door de langlevende transuranen.
De Franse cilinders hebben een afmeing van 500 mm (diam) bij 750 mm (hoogte), de Engelse zijn 3 m hoog en $\frac{1}{2}$ m in diameter.
De cilinders kunnen op de zeebodem gedumpt worden, of bijvoorbeeld in een zoutmijn.

Ook voor interim opslag zijn glazen blokken een stuk aantrekkelijker dan vloeibaar afval in tanks, wordt het afval echter zonder tussentijdse opslag in tanks in glazen blokken gegoten, dan zijn veel meer blokken nodig, vanwege de grotere warmteontwikkeling. Het afval wat men in Frankrijk in glazen blokken wil gieten, moet eerst enkele jaren gekoeld worden voordat ze het gaan verwerken.
Het is in elk geval wel duidelijk dat het HLW, voordat het in een permanente opslagruimte geplaatst wordt ,in vaste vorm gebracht moet worden, omdat het potentiele gevaar dan veel minder is.

Zoals hierboven reeds vermeld is bestaat HLW zowel uit splijtingsproducten als actiniden of transuranen. Deze laatste zorgen ervoor dat het afval na 400 jaar nog steeds radioactief is en dat ook tienduizenden jaren zal blijven. Het is dan ook voorgesteld om de transuranen uit het HLW te verwijderen en opnieuw in de reactor te stoppen om ze daar te versplijten ,zodat alleen splijtingsproducten overblijven. Het gevaar van het afval wordt dan aanmerkelijk gereduceerd.

Transmutatie van de transuranen.

In niet te grote opwerkingsfabrieken kan met de huidige exctractietechnieken 99.5% Pu en U verwijderd worden uit het afval, en tot nu toe nog 0 % Americum en Curium. Het streven is 99.9 % Pu en U en 99 % Am en Cm. Alleen als zoveel actiniden uit het afval geëxtraheerd kunnen worden, zou het recycelen van actinides de moeite waard zijn. Dit scheiden brengt echter grote moeilijkheden met zich mee aangezien de chemische eigenschappen van de actiniden vrijwel gelijk zijn aan die van de lanthaniden. Deze laatste vormen ongeveer de helft van het volume aan splijtingsproducten. Verder worden er bij het herhaaldelijk afscheiden van de actiniden uit het afval grote hoeveelheden middel-actief afval gevormd. Volgens de United Kingdom Atomic Energy Authority moeten de actiniden ongeveer 30 jaar aan straling (in een reactor) blootgesteld worden om 99.9 % van de actiniden om te zetten in splijtingsproducten.

Voorwaarden voor dit transmutatieproces zijn :

- Het transmutatieproces moet niet te veel energie kosten.
- De transmutatiesnelheid moet beduidend hoger zijn dan het natuurlijk verval.
- Er moet beduidend minder afval (of minder gevaarlijk) geproduceerd worden,dan er vernietigd wordt.
- Er moet voldoende afval getransmuteerd kunnen worden.

In Amerika zijn reeds studies gemaakt en experimenten gedaan met transmutatie van afval. In de gebruikte referentie (4) werd alleen melding gemaakt van studies met betrekking tot actinides in HLW, niet in andere soorten afval.

De conclusie van deze studies was dat transmutatie van de splijtingsproducten (zelfs theoretisch) onmogelijk is, doch het transmuteren van actiniden (transuranen) biedt zeker perspectieven.

- er was slechts een gering effect op de neutronenhuishouding van de reactor.
- de effectieve halfwaardetijden werden met een factor 10 tot 100 gereduceerd na herhaaldelijk recycling.
- de vrijkomende splijtingsenergie van de actiniden wordt als energiebron gebruikt.

Het feit dat de effectieve halfwaardetijden verminderd worden is uiteraard een attractief punt. Er kleven echter nog wel diverse nadelen en onopgeloste problemen aan het proces :

- de scheiding van de actiniden kan nog niet op grote schaal en met de gewenste nauwkeurigheid uitgevoerd worden
- over het gedrag van de actiniden bij het recyleen in de reactorkern is weinig bekend
- het steeds weer recyclen (de speciale atinideelementen uit de reactorkern halen, scheiding etc.) vormt een extra bron van gevaar
- bij de exctractie worden grote hoeveelheden middelactief afval gevormd

Levels of activity permitted by the IAEA in solid waste dumped in the ocean (under review)

Radioisotope	*IAEA recommendation*		*Webb and Morley calculation*	
	Ci/Tonne	*Ci/year*	*Ci/year*	*Factor of Safety*
α-emitters radium	10	10^2	10^6	10^1
plutonium	10	10^4	10^{10}	10^1
Strontium-90 / Caesium-137	10^2	10^7	10^{11}	10^1
Other β-emitters	10^3	10^9	10^{12}	10^1
Tritium	10^4	10^{11}	10^{13}	10^1

Tabel 3

Opslagmogelijkheden en onmogelijkheden

Voor het opbergen van het radioactief afval zijn er in principe twee mogelijkheden :

1) Verwijdering van de aarde door het afval met een raket weg te schieten.
2) of proberen het afval zo goed op aarde op te bergen dat het geen gevaren voor de mensheid en milieu oplevert, nu niet en in de toekomst niet.

Wanneer gekeken wordt naar het opbergen van afval op de aarde zouden aan de opbergplaats de volgende algemene eisen gesteld moeten worden :

1) Het transport naar de opslagplaats moet zonder al te veel risico kunnen gebeuren,de transportweg moet niet te lang zijn en economisch haalbaar.
2) De stabiliteit van de opbergplaats moet zo groot zijn dat het afval honderd-duizenden jaren afgesloten wordt van de biosfeer.
   De stabiliteit kan verstoord worden door aardbevingen,activiteiten van de mens(mijnbouw).
   Hier valt ook de eis dat grondwater of buitenlucht de afvalplaats niet mag kunnen bereiken onder,water is een goed transportmiddel.
3) De opslag moet reversibel zijn,dat wil zeggen dat het afval zodanig moet zijn opgeborgen dat het indien nodig weer uit de opbergplaats gehaald kan worden.Dit is een punt waarover de menigen verschillen; Men zegt hierover :
   -"Als in een gedegen evaluatie wordt vastgesteld dat een bepaalde bergplaats voor kernsplijtingsafval veilig is,dat wil zeggen niet meer dan een aanvaardbaar risico oplevert,geeft het daarna slechts 'voorwaardelijk' ingebruik nemen van de opbergplaats blijk van weinig vertrouwen in die veiligheidsevaluatie" (B.Verkerk,RCN) (5)
   -"Ik vertrouw meer op het redelijk voorspelbare gedrag van fysische en geologische processen dan de welbekende onvoorspelbaarheid van menselijke activiteiten ".(E.J.Zeller, IAEA/NEA -symposium 1972,

te Parijs)

-"De kennis en de middelen van toekomstige generaties verschilt waarschijnlijk zoveel van de onze,dat de huidige opslagtechnieken dan erg primitief lijken,zodat we ervoor moeten zorgen dat men in de toekomst het afval weer kan ophalen om het beter te behandelen". (E. van de Wart) (ref.2)

M.i. moeten we ervoor zorgen dat het afval weer geborgen kan worden.het zal niet de eerste keer zijn dat een theorie of hypothese achterhaald wordt;omtrent de opslag kunnen dus ook foutieve (en fatale) beslissingen genomen worden.

Als eventuele opbergplaats is tot nu toe voorgesteld :

1) In een ondergrondse geologische formatie.
   bijv. een zoutlaag of zoutkoepel.
   een rotslaag zoals graniet of kalk.
   een kleilaag.
2) Op de zuidpool,door het:
   door het ijs heen te laten smelten,
   door het verankerd op de oppervlakte op te slaan,
   door het ondergronds op te slaan in een ijsvrij gebied.
3) Een stabiel diepzeegebied:
   in kuilen in de bodem
   in snelle sedimentatiegebieden

Wegschieten van afval :

Op het IAEA/NEA symposium in 1972 in Parijs sprak Platt (Batelle,Pacific Northwest Laboratory,USA) over de studies die worden uitgevoerd met betrekking tot het verwijderen van kernafval uit de biosfeer met behulp van raket-combinaties.Tot nu toe heeft men slechts gekeken naar het brengen van het afval in een baan om de aarde omdat dat de minst kostbare oplossing zal zijn.De kosten van de goedkoopste combinatie zullen circa 1500 dollar per kg afval zijn,wil men alle splijtingsproducten meenemen dan is een goede afscherming noodzakelijk,hetgeen dood gewicht is,men komt dan op 3000-30000 dollar per kg afval.Economisch is dit nog wel haalbaar.
Al eerder heeft men diverse satellieten de ruimte ingeschoten met kernbrandstof als stroomvoorziening.Dat dit wel eens minder goed wil aflopen dan verwacht word heeft het terugkeren van de Russische Kosmos spionage-satelliet (januarie 1978) in de dampkring aangetoond, hierbij is een grote wolk radioactieve stoffen van de satelliet vrijgekomen bij de verbranding hiervan.Dit is niet de eerste keer,21 april 1964 zorgde een mislukte poging van een

SNAP raket voor het verdampen van 17 kCi ^{238}Pu in de atmosfeer; de waarschijnlijkheid van zo'n ongeluk had men op 10^{-9} geschat. (ref.2)
In het jaar 2020 zullen er bij een geïnstaleerd vermogen van 2.300.000 MWe in Amerika en 400.000 MWe aan kernenergie in Europa zo'n 400 raketten per jaar omhoggeschoten moeten worden indien alleen de transuranen meegenomen worden; en 2500 raketten indien ook de splijtingsproducten meegaan (bij een last van 1ton per raket).Vanwege de eraan verbonden risico's lijkt deze oplossing onaanvaardbaar.En ook al zou men in staat zijn om erg veilige raketten te maken is er nog het nadeel van de uitlaatgassen van de raketten die wel eens in staat zouden kunnen zijn om het klimaat te veranderen,oa door afbraak van de ozonlaag, verder kost dit ook enorme hoeveelheden fossiele brandstoffen. (ref.2)

Poolijs :

Tijdens het Parijse symposium is door Zeller voorgesteld om het hoogradioactief al of niet reversibel op te slaan in het poolijs van Antarctica.Bij de niet reversibele opslag denkt men aan de zelfbegravingsmethode.Hierbij maakt men gebruik van de warmteontwikkeling van het HLW.Dit afval verpakt men in de vorm van glasblokken in ronde roestvrijstalen bollen van ca. 1m in doorsnede.Door de hoge temperatuur van deze bollen zakken deze al ijs smeltend langzaam naar beneden.Tenslotte zullen de bollen op de Antarctische bodem blijven liggen,bij een ijslaagdikte van 1500 m en een ijstemperatuur van -30 tot -50 graden gebeurt dit in 3-5 jaar.Door stolling en plastisch dichtvloeien van het ijs zal de laag zich hermetisch sluiten achter de bollen.Het ijs in centraal Antarctica heeft een zeer lage laterale beweging,het ijs ligt er al zeker een miljoen jaar.Ook in de warmste periodes tussen de ijstijden is de temperatuur niet boven de $0^{o}C$ uitgekomen.

Argumenten tegen deze vorm van opslag zijn :

- het toevoeren van thermische energie aan het zuidpoolijs, hetgeen een natuurlijk evenwicht kan verstoren;alleen van Europa in het jaar 2000 heeft men al 700 MW aan afvalwarmte, hiermee kan men per jaar $7*10^{7}$ ton ijs smelten (totale hoeveelheid zuidpoolijs ca. $2.3 * 10^{16}$ton).
- de extreme werkomstandigheden aan de zuidpool.
- het transport is gevaarlijk en kostbaar,de schepen die het afval moeten vervoeren kunnen zinken.
- als het afval eenmaal door het ijs gezakt is,is het verder oncontroleerbaar.

Uit oogpunt van dit laatste zou men dan nog kunnen denken aan opslag aan de oppervlakte van de ijslaag.Er is dan in ieder geval nog het voordeel van de grote afstand tussen het afval en de mensen.

Opslag in een geologische formatie : (3)

Wanneer besloten wordt het radioactief afval op te bergen in een geologische formatie zou in ieder geval op de volgende punten gelet moeten worden :

1- De formatie moet een groot voorkomen hebben, zodat hij niet in de toekomst voor een of andere mijnbouwactiviteit gebruikt gaat worden.
2- Hij moet gemakkelijk toegankelijk zijn.
3- De formatie moet een grote structurele sterkte bezitten wat betreft compressibiliteit, een goede thermische geleidbaarheid en een hoge warmtecapaciteit.
4- Grondwater hydrologie gegevens moeten verzameld worden
5- Moet in gebied van lage seismiciteit zijn.
6- De poreusiteit moet klein en bekend zijn
7- De structuur mag niet verstoord zijn
8- Moet dik genoeg zijn om tot een diepte van 300 m te gaan
9- De formatie moet een redelijke plasticiteit bezitten.
10- De samenstelling van de omliggende en bovenliggende lagen moet bekend zijn.

ad 1) Hierdoor vallen bijvoorbeeld kalimijnen af, die in principe even slecht of goed zijn als zoutmijnen,maar waarvan de voorraad veel kleiner is.

ad 2) D.w.z. het transport erheen moet relatief eenvoudig en kort zijn, zodat de kans op een ongeluk tijdens het transport verkleind wordt.

ad 3) Vooral voor het hoog-actieve afval dat nogal wat warmte kan afgeven is een goede thermische geleidbaarheid en hoge warmtecapaciteit van de rotsformatie belangrijk om spanningen en breuken te voorkomen.

ad 4) Het is erg belangrijk om te weten waar het water vandaan komt en waar het naar toe gaat en hoeveel water.Vermoedelijk kan van geen enkele geologische formatie gezegd worden op de lange duur, dat er geen water bij kan komen. (9)

ad 5) Hierdoor vallen een aantal gebieden en landen gelijk af (bijv. Japan,Peru,delen van Amerika).
Aangezien de meeste landen ook niet bereid zullen zijn het afval van een ander land in hun land op te bergen is het voor deze landen erg belangrijk dat er een internationale oplossing komt.
Hierbij denken we aan opslag op de Zuidpool of dumping in de oceanen.

ad 6) Dit in verband met het doorlaten van water.

ad 9) Dit om in geval van een aardbeving evt. ontstane scheuren en breuken weer te dichten.De plasticiteit van graniet is niet groot maar een zeker scheurendichtend vermogen heeft het wel.

ad 10) Wanneer het afval op de een of andere manier vrijkomt is de ionuitwisseling en adsorptiecapaciteit van de omliggende lagen erg belangrijk.Hier hangt het dan van af hoe lang het duurt voordat het afval weer in ons milieu komt.

In het algemeen is het weer terugkomen van de radionucliden in ons milieu afhankelijk van :

- de fysische,chemische en radiologische eigenschappen van het medium en omliggende lagen.
- de fysische en chemische vorm van de begraven radioactieve materialen.
- de oorzaak van het nuclidetransport.Dit kan bijvoorbeeld zijn : water,temperatuursverscillen,concentratieverschillen.

Op grond van het bovenstaande lijkt het me niet eenvoudig een geschikte geologische formatie te vinden.En wanneer een bepaalde formatie gekozen is zal het nog een lange onderzoekstijd vergen, voordat blijkt dat deze ook werkelijk geschikt is.En dan nog kan men mijns inziens de garantie voor lange termijn stabiliteit niet gegeven worden.

Ondergronds droogdampen en versmelten (nuclear cavity) :
Dit is een geheel nieuwe en gedurfde methode waarbij men door middel van een kernexplosie of andersinds een groot gat in geschikt gesteente creëert, met een vrij volume van ongeveer 5300 m^3 op 2000 m diepte.
Via een boorgat injecteerd men dan hoogactief afval in het gat;dit afval zal door haar eigen warmteontwikkeling gaan koken en geleidelijk droogdampen.Het gedroogde afval zal met het smeltende gesteente samenvloeien en na circa 90 jaar weer stollen.Met koelwater wil men het proces in de hand houden.In één zo'n gat kan men al het afval dat een opwerkingsfabriek met een capaciteit van 1500 ton per jaar in 28 jaar passeert verwerken.
Het vinden van een geschikte locatie voor dit doel zal echter geen eenvoudige zaak zijn.

Bovendien is het kokende afval in deze holte nauwelijks te controleren, verder zullen er diverse vluchtige radionucliden vrijkomen die door scheuren in het gesteente in de atmosfeer terechtkomen.

Opslag in zoutkoepels.

Als opslagplaats voor radioactief afval wordt in Nederland gedacht aan de zoutkoepels in het Noorden des lands. De zoutlagen zijn in Nederland ca. 250 miljoen jaar geleden ontstaan in de Zechsteintijd.

Enige eigenschappen van dit zout zijn:

-soortelijk gewicht: 2,1-2,2 gram/cm^3;

-vloeibaar bij : 800° C.

De zoutlagen bevinden zich in Nederland op een gemiddelde diepte van 2500 meter. Onder druk gaat het zout zich gedragen als een plastisch materiaal (deze plasticiteit is zeer groot boven de 200° C.). Door deze eigenschap zijn ook de zoutkoepels ontstaan. Een zoutlaag van meer dan 300 meter dikte kan door zijdelingse drukken en de druk van de er boven liggende lagen (soortelijk gewicht: ca. 2,6 gram/cm^3) tot een koepel opgeperst worden. Hierdoor kan de koepel enige mm. per jaar stijgen. Een belangrijke eis, die aan een opslagplaats gesteld moet worden, is, dat via het grondwater het radioactieve afval niet in het milieu terecht komt. Aangezien zout goed oplost in water, zal een zoutkoepel zonder meer niet goed beschermd zijn tegen binnendringen van water.

Sommige zoutkoepels bezitten echter een anhydriet of gipshoed die ondoordringbaar is voor water. Deze gipslaag is echter zeer brokkelig, niet overal even dik en niet op alle plaatsen aanwezig. Deze gipslaag kan dan ook nooit zekerheid bieden, dat er geen water binnendringt. Waar ook weinig over bekend is, is in hoeverre het radioactieve afval in het zout blijft zitten daar waar je het gestopt hebt. Gezien de plasticiteit en de structuur van het zout lijkt het me niet onmogelijk, dat het afval door de koepel gaat zwerven.

Door middel van seismische metingen en geofysische boringen wil men vaststellen, in hoeverre een zoutkoepel geschikt is als opbergplaats. Seismische metingen geven slechts een vage indicatie wat betreft ligging, diepte en vorm van een zoutpijler. Bij geofysische boringen worden monsters genomen op verschillende diepten en de eigenschappen en samenstelling hiervan vastgesteld. Het is echter zeer twijfelachtig, (zelfs bij zeer vele proefboringen) of er een dermate volledig beeld van de zoutkoepel en omgeving kan worden verkregen, dat op grond van deze gegevens het mogelijk is, te beslissen of een zoutkoepel geschikt is als opbergplaats.

In Duitsland heeft men reeds enige ervaring met het opbergen van afval in zout. Daar draait voor de zoutmijn Asse sinds 1965 een onderzoeks- en ontwikkelingsprogramma voor het opslaan van radioactief afval. In 1967 is men daar begonnen met het opslaan van licht radioactief afval en in 1972 met het opslaan van middelactief afval.

Op zijn vroegst aan het eind van de zeventiger jaren wil men beginnen met de eerste proefopslag van hoog radioactief afval. En het zal zeker nog enige tientallen jaren onderzoek vergen voordat de opslagmethode voor dit hoog radioactieve afval voldoende is uitgetest. De opslagplaats Asse beschouwt men sowieso als een proefproject voor het ontwikkelen van veilige methoden voor het opslaan van afval. Op het moment is de mening dat Asse niet geschikt is voor het routinematig opbergen van het afval uit grote opwerkingsfabrieken. Hiervoor biedt de zoutmijn niet voldoende zekerheid. Tot nog toe is het erin opgeslagen afval echter wel zodanig opgeborgen, dat het er moeilijk of niet meer uit te halen is.
Wanneer men in Nederland zou besluiten het afval in de zoutkoepels op te bergen, duurt het, kijkende naar het Duitse onderzoeksprogramma en rekening houdende met de tijd, nodig voor het uitzoeken en onderzoeken van een geschikte locatie, nog minimaal 40-50 jaar voordat men weet, of men hierin stelselmatig hoog radioactief afval kan opbergen. In de tussentijd stapelt het afval zich maar op en heeft men geen enkele garantie of het ooit wel eens ergens veilig opgeborgen kan worden.
(zie ook bijlagen I, II, III,)

Opslag van radioactief afval op en in de zeebodem : (3), (6)

Bij opslaan van radioactief afval op de zeebodem vallen onmiddelijk een aantal bezwaren op :

- Eenmaal gedumpt is het afval niet meer terug te halen
- Gezien de omstandigheden (voortdurend in contact met zout zeewater en zand, de hoge druk op grote diepte) moeten extreme eisen worden gesteld aan de verpakking.
- Eenmaal buiten de verpakking is de migratiesnelheid van de radionucliden zeer groot.
- Men weet niet zeker of de gedumpte vaten ook veilig op de zeebodem aankomen.

Ook bij-het opslaan in de zeebodem vallen onmiddelijk een aantal dingen op :

- Hoe maak je op grote diepte de gaten in de bodem of hoe krijg je ze weer dicht.
- De thermische geleidbaarheid van zeebodemsediment is erg laag. Bij warmteproducerend hoog radioactief afval kan door de hoge temperatuur het sediment gemakkelijk wegvloeien.
- De zeebodem is een speciale chemische omgeving, waarvan op het ogenblik erg weinig bekend is.

Twee voorbeelden van dumping op de zeebodem zijn wat dit betreft wel illustratief.

- Bij gebieden waar de Amerikanen de laatste 30 jaar vaten met laag radioactief afval gedumpt hebben heeft de oceanograaf R.S.Dyer bodemmonsters geanalyseerd.In deze monsters vond hij verhoogde concentratie van plutonium en cesium.Zodat de vaten waarvan men dacht dat ze het toch wel 1000 jaar konden uithouden al binnen 30 jaar blijken te gaan lekken.
- Tijdens een dumping in zee van vaten licht radioactief afval in junie '76 900 km zuidwestelijk van Engeland ging het ook niet helemaal goed.In een Belgisch vat dat niet wou zinken zijn toen maar wat gaten geprikt om het te laten zinken.
  Een ander Belgisch vat klapte op de zeebodem uitelkaar en de plastic zakken met afval kwamen weer boven drijven.
  Dankzij het goede weer heeft men alle zakken vermoedelijk weer op kunnen vissen. (ref.8, blz 45)

Op grond van het bovenstaande lijkt het me een uiterst hachelijke zaak om afval op de zeebodem op te slaan.Zeker voor hoog-actief afval kan deze mogelijkheid wel afgeschreven worden.

Evaluatie van de opslagmogelijkheden :

Na bovenstaande opsomming en nadere toelichting van een aantal voorgestelde opslagmogelijkheden, lijkt het zinnig om te kijken wat de minst ongeschikte van deze is.
Wanneer we willen voldoen aan de eis van terughaalbaarheid van het afval vallen een aantal mogelijkheden gelijk af.
Dit zijn : het door het poolijs heen laten smelten van het afval, de nuclear cavity, het via een stortschacht deponeren van het afval in een holte in een geologische formatie en opslag op de zeebodem.Het feit dat het niet terughaalbaar is, is natuurlijk niet het enige nadeel van deze methoden.
In principe valt het naar de zon wegschieten er natuurlijk ook onder.Alleen eenmaal op de zon hoeft het afval niet meer in de gaten te worden gehouden en een andere betere opslagplaats zal zich ook niet voordoen, zodat het ook niet teruggehaald zal hoeven te worden.De risico's als er iets mis gaat bij een lancering maken deze methode echter onacceptabel.Over blijven nog de bovengrondse opslag op het Zuidpoolgebied en de ondergrondse opslag in een geologische formatie.
Opslag op het Zuidpoolgebied heeft als voordelen :

- de bevolkingsdichtheid is er zeer gering
- het is mogelijk tot een internationale oplossing te komen.

Een internationale oplossing verdient sowieso de voorkeur.Dit om te voorkomen dat ieder land uit de tot zijn beschikking staande mogelijkheden de beste kiest, wat objectief bezien lang niet de beste oplossing hoeft te zijn.
Enkele duidelijke nadelen zijn echter :

- de zeer lange transportweg
- de geologische onbekendheid met het zuidpoolgebied.
  (oa. wat betreft de beweging en stabiliteit van de ijsvelden).

Resumerend blijft eigenlijk alleen de opslag in een geologische formatie over als minst ongeschikt.Welke geologische formatie hier het meest geschikt voor is, is nog niet helemaal duidelijk.Zout is bijv. wel goed in staat evt. scheuren te dichten maar is een slechte barriere voor water.Graniet daarentegen is minder goed in staat grote scheuren te dichten, maar bij afwezigheid van scheuren is de watertoegang moeilijker dan bij zout,bovendien is graniet een goede ionenwisselaar.
Over het gedrag van het afval en de omgeving is echter nog niet genoeg bekend om de mogelijkheid van opbergen in een geologische formatie nu al als de meest geschikte te beschouwen.
Over de mensen die er geen moeite mee hebben deze mogelijkheid als geschikt te beschouwen nu meer.

Houding van enige wetenschappers tov. opslag in een geologische formatie :

Kijkende naar enige voorstanders van kernenergie (1,2,3) valt onmiddelijk op dat deze totaal geen moeite hebben om te becijferen dat opslag in een geologische formatie best wel veilig is.
Dit wordt dan als volgt gedaan : gesteld dat het afval in aanraking komt met water, hoe lang duurt het dan voordat het in ons milieu komt en hoe gevaarlijk is het dan.
Op zich is dit een prijzenswaardige aanpak alleen de praktische uitvoering vertoont nog al eens gebreken.Zo wordt dan bijvoorbeeld uitgerekend (2) hoe lang het duurt voordat water afval in een zoutkoepel bereikt, ervan uitgaande dat het afval zich nog op de zelfde plaats bevindt (er zich geen verschuivingen hebben voorgedaan) en uitgaande van de huidige grondwatergegevens.Of bijv. door er van uit te gaan (1) dat in een verzadigde pekelwateroplossing maar een bepaalde hoeveelheid oplost, die indien gebruikt voor de drinkwatervoorziening vanwege de zoute smaak nog 1000 keer verdunt moet worden.Hierdoor komt dan de hoeveelheid radioactieve nucliden beneden de vastgestelde norm.*
Dit zegt niets over wat het effect ervan is als het al dan niet verdund in ons milieu komt, er kan accumulatie optreden van radioactieve nucliden in de voedselketen.Bovendien wordt er gezegd (1) dat er weinig of geen uitwisseling plaatsvindt tussen het zoute formatiewater (blijkbaar toch wel eens aanwezig) en het diepere grondwater, terwijl tijdens metingen bij Anloo (ref. 7 ,blz 13) verhoogde chloorconcentraties gevonden worden die het zoete grondwater bedreigen.
Uitgerekend wordt ook hoe groot nu bijvoorbeeld de kans is dat een atoom radium uit het afval in ons milieu terechtkomt(3).Dit gaat als volgt : In het zich natuurlijk in de bodem bevindende uraanerts is een bepaalde hoeveelheid radium aanwezig.Bekend is de hoeveelheid radium dat door de rivieren per jaar afgevoerd wordt.Eveneens is de hoeveelheid radium aanwezig in de bodem bekend.Dit geeft dan de kans dat een bepaalde hoeveelheid radium uit de bodem in de rivier terechtkomt.Dit impliceert echter niet dat deze kans ook gelijk is voor een hoeveelheid radium in een afvalopslagplaats.Immers in het afval bevindt de hoeveelheid radium zich zeer geconcentreerd op een bepaalde plaats, terwijl het natuurlijk aanwezige zich op grote afstand van elkaar en verspreid bevindt.
Een natuurlijke afscherming is vaak ook veel beter dan een afscherming,gemaakt door de mens.En als er iets misgaat met de opslagplaats is de hoeveelheid radium

*) Deze in Veiligheidsrapporten opgestelde normen zijn echter ook niet van alle twijfel ontbloot en kunnen in de toekomst nog wel eens wijzigingen ondergaan.

die afgevoerd wordt veel groter.Er wordt ook vaak gezegd dat er een grote tijdsvertraging optreedt voordat het afval in ons milieu terechtkomt door absorptie of ionuitwisseling van de omliggende lagen.Maar over hoe groot deze absorptie voor een specifiek isotoop en een specifieke laag is, is niet bekend.Wel is bijvoorbeeld bekend dat de ionuitwisseling voor ^{99}Tc en ^{129}I nauwelijks de moeite waard is (2,blz 11), terwijl ook voor deze twee radioactieve nucliden het zeer belangrijk is dat ze niet in ons milieu komen.Een argument dat ook wel gebruikt wordt als bijkomend voordeel van kernenergie is dat de totaal aanwezige hoeveelheid radioactiviteit op aarde afneemt op de lange termijn. (3,blz. 30).En via een wel zeer twijfelachtige berekening blijkt dan dat de dodenbalans uiteindelijk gunstiger ligt bij gebruik van kernenergie dan zonder het gebruik hiervan.Hierbij wordt dan over twee dingen volledig heengekeken: in die "dodenbalans" worden alle doden die kunnen vallen door de potentiele gevaren die kernenergie met zich meebrengt (transportongelukken, ongelukken met kerncentrales etc.) niet meegerekend.De radioactiviteit zal uiteindelijk wel verminderen, maar in een kernafvalopslagplaats wordt de radioactiviteit op een kleine plaats geconcentreerd.Dit brengt meer gevaren met zich mee dan de radioactiviteit van het verspreid voorkomende uraniumerts.Wanneer bovendien nog gezegd wordt (3,blz. 31) dat de hele kerntechnologie (goedkoop,veilig en schoon) als erfenis aan ons nageslacht verplicht zijn, om de energie voor toekomstige generaties veilig te stellen (alternatieve energiebronnen wordt niet over gesproken) moet bij dit soort wetenschappers toch wel getwijfeld worden aan hun 'wetenschappelijke' objectiviteit.

Literatuurreferenties :

1) Ir. J. Hamstra,
Mogelijkheden in Nederland voor de opberging van vast radioactief afval in een steenzoutformatie.

2) B.L. Cohen
High Level radioactive waste from light water reactors.
Reviews of Modern Physics - vol 49,no. 1 ,jan '77

3) B.L. Cohen
The Disposal of Radioactive Wastes from Fission Reactors.
Scientific American, juni '77 , vol 236,no. 6

Conclusie :

Kijkende naar de tot nu toe voorgestelde mogelijkheden voor het opslaan van kernafval vallen twee dingen op :

- het vinden van een ideale plaats voor het opbergen van is niet eenvoudig.En met name de lange termijngarantie voor het hoog-radioactieve afval kan niet gegeven worden.
- zelfs wanneer een bepaalde plaats naar voren zou komen,zal de tijd die nodig is om te onderzoeken of deze plaats echt goed is erg lang zijn.En de uitslag van dat onderzoek is voor als eerst nog niet bekend.

Op grond van het bovenstaande lijkt het me zinvol om eerst absolute zekerheid te verkrijgen omtrent de gevolgen van het opbergen van het afval, alvorens verder te gaan met het produceren van dit afval.

Leen Zwart
Johan Wester

Referenties

1 v.Spitzyn, Technical and Economic Aspects of Handling Intermediate and High-Activity Liquid Wastes. In: Management of Radioactive Wastes, symposium OECD, Parijs 1970, p 59 e.v.

2. J. Rubin, The Nuclear Fuel Cycle and Waste Production. In: Management of Radioactive Waste, symposium OECD, Parijs 1972, blz 15 e.v.

3. E. Angino, High Level and Long Lived Radioactive Waste Disposal,IN: Science, vol 198, 2-12-1977, p. 885.

4. A. Platt e.a., Long Term Waste Management Methods. In: Management of Radioactive Waste, symposium OECD, Parijs 1972, p. 409 e.v.

5. B. Verkerk, Poolijs en warme mollen panaceeën voor kernsplijtingsafval? In: Chemisch Weekblad 69, no 14, 13-4-73

6. A. Lovins, Non-Nuclear Futures, Friends of the Earth International, Ballinger Publishing Company, 1975

7. T. Csengö (NV Waterleidingmaatschappij Drenthe), Enkele wetenswaardigheden over de zoutafzettingen, in verband met eventuele lozingen van radioactief afval in deze afzettingen, zj.

8. Forum für Verantwortbare Anwendung der Wissenschaft Basel, Hokus Pokus Verschwindibus Radioaktive Abfälle, zj., Basel

9. G. de Marsily, Can Geologists Garantee Isolation- Nuclear Waste Disposal, Science, 5 aug. 1977, volume 197, nr. 4304, p. 519 e.v.

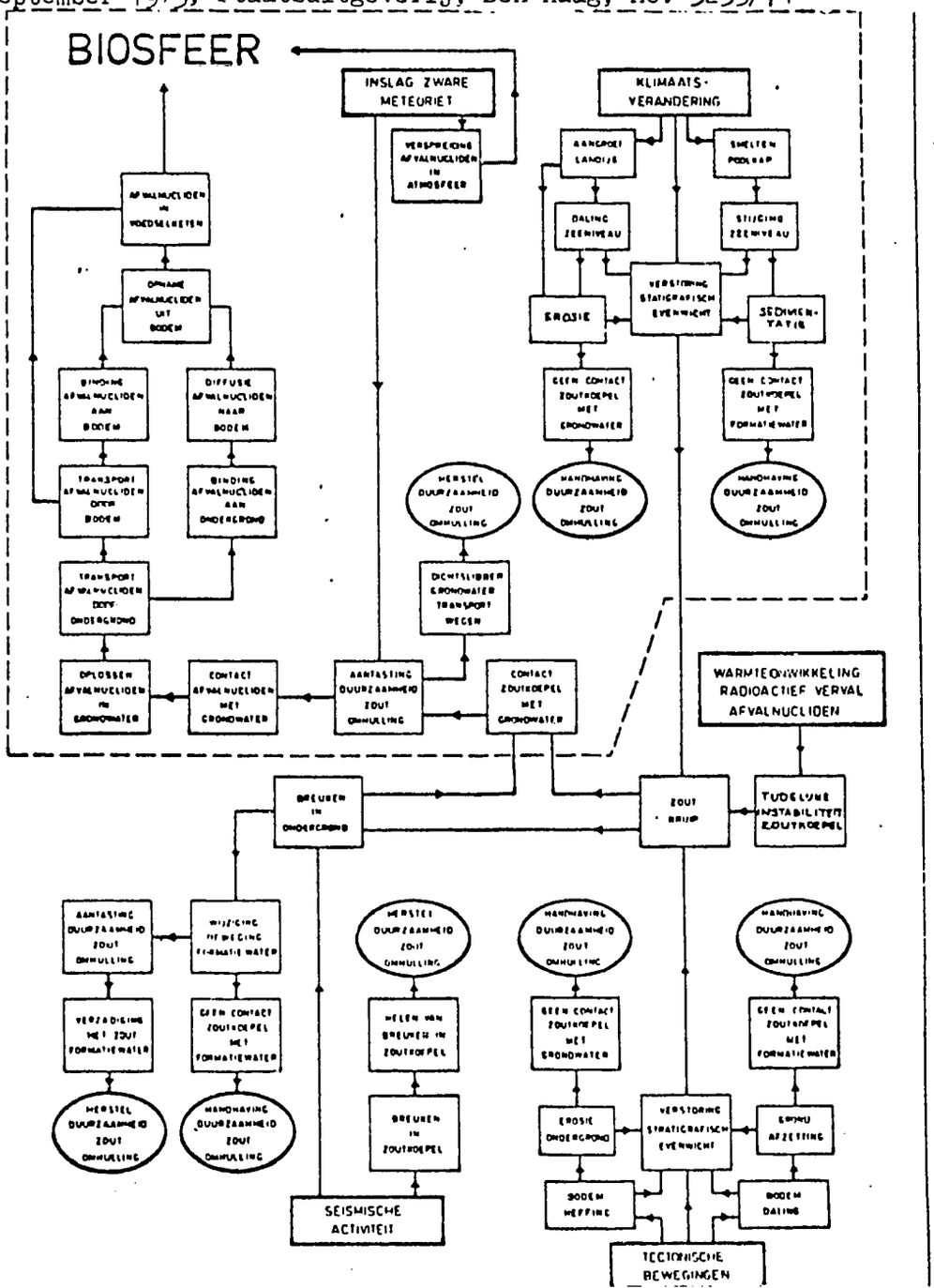
10. R.Dryer, In Proceedings of a Symposium on Management of Radioactive Waste from the Nuclear Fuel Cycle, Wenen, 1976, IAEA-SM-207/65.

11- Can nuclear wastes be buried at sea ?
New Scientist, 24 march 1977 , vol. 73, p. 709-711
Paul Grimwood and Geoffrey Webb

12- Nuclear Power and the Environment
Royal Commission on Enviromental Pollution, Londen, sept 1976

13- Afvalbehandeling en afvalopslag van splijtproducten
uit kernenergiecentrales
J.J.Went, TH Delft. In De Ingenieur, jg 85, nr. 28/29, 12 juli 1973

14- Kerncentrales en Volksgezondheid
Advies uitgebracht door de Gezondheidsraad
september 1975, Staatsuitgeverij, Den Haag, no. 3255/74



HOOFDSTUK 5 Deel 2

ENKELE ASPECTEN

van de

WETENSCHAPPELIJKE BENADERING

van

KERNAFVALOPSLAG

in

GEOLOGISCHE FORMATIES

door

G.Kuiper

Daar deze beschouwing binnen een bepaalde tijd geschreven moest worden,zal compleetheid niet één van zijn grootste verdiensten zijn.

In de tekst is waar het mogelijk was het gebruik van cijfers vermeden.De reden hiervoor is de leesbaarheid te vergroten en het risico van misleiding door onjuist gebruik van cijfers te vermijden.

INLEIDING.

In deze beschouwing heb ik getracht het probleem van kernafvalopslag zoals die door wetenschappelijke kringen benaderd wordt,enigszins te rangschikken in probleemstelling, ontrafeling van de probleemstelling in overzichtelijke deelproblemen,de oplossingen die daarvoor gegeven worden en het commentaar op die oplossingen.

Ook heb ik,waar ik die ontdekken kon,aangegeven waar zaken als energiepolitiek, geologisch gegeven en vooronderstellingen van invloed zijn geweest op die benadering.

De schijnbaar buitensporige aandacht die de Verenigde Staten heeft gekregen,is gefundeert op drie feiten c.q. aannames:

1. De V.S. zien zich in wezen al zo'n dertig jaar geconfronteerd met nucleaire technologiën en (dus) met kernafval (sinds 1946).
2. De Amerikaanse technologie is (een van) de hoogst ontwikkelde ter wereld en zou daarmee het beste instrumentarium moeten kunnen leveren om het probleem aan te pakken.
3. Mede om punt twee zal de rest van de (westerse) wereld zich de V.S. ten voorbeeld stellen,wellicht ook wat het probleem van de afvalverwerking betreft.

Verder zal van het scala van geologische formaties,dat voor opslag van kernafval voorgesteld is zout het meest expliciet behandelt worden vanwege de relevantie voor de Nederlandse discussie.

I PROBLEEMSTELLING.

Afgezien van de vraag of kernenergie gewenst is,kan men stellen dat zonder afdoende regeling wat betreft het veiligstellen van de biosfeer voor het radioactieve afval,kernenergieopwekking een groot gevaar met zich meebrengt voor de mensheid,nu en in de toekomst.

Er wordt dan ook door veel mensen gewerkt aan dit probleem,in het ene geval vanuit de veronderstelling dat er kernenergie móet komen,in het andere geval vanuit het besef dat de risico's die kernenergie met zich meebrengt te groot zijn om er vanuit een vooronderstelling aan te werken.

De benadering van het kernafvalprobleem omvat veel aspecten,zowel sociale als wetenschappelijke.Ik wil hier op de wetenschappelijke inhoud.
Deze aspecten zijn zeer complex: fysisch-chemische interacties van het afval met zijn omgeving,de geologie en geofysica van de opbergplaats en de hydrologie van de omgeving moeten in een model gegoten worden,waarna men een idee hoopt te krijgen over de veiligheid van een opslagplaats.

Om enigszins een beeld te vormen van de overwegingen die hierbij een rol spelen is een systematische aanpak van de weg naar en de barrières tussen afval in een geologische opslagplaats en de biosfeer noodzakelijk.

II DE ALGEMENE AANPAK VAN HET PROBLEEM.

1. de proefmijn. (de experimentele opslag).

Om aan gegevens te komen die van belang zijn om vast testellen of veilige opslag van kernafval mogelijk is,kan men na oppervlakkig geologisch onderzoek (proefboringen) een experimentele opslagruimte creëeren.
Bepaalde gegevens kunnen allen zó met zekerheid vastgesteld worden.Het nadeel van deze methode is echter dat men in principe voor elke locatie deze gegevens opnieuw moet verzamelen,de duur van het experiment zeer lang zou moeten zijn (gezien de halfwaardetijd van enkele nucliden en de tijdsduur waarin sommige geologische veranderingen zich voltrekkken) en de extrapolatie naar grotere opslagplaatsen en/of grotere hoeveelheden afval discutabel is.Bovendien brengt deze methode het gevaar met zich mee,dat er een onvoorziene kritieke gebeurtenis plaats vindt,zodat men de hoeveelheid en de aard van het afval zo moet kiezen,dat zo'n gebeurtenis overzienbare en acceptabele gevolgen heeft.Dan speelt weer het probleem of extrapolatie naar meer en ander afval zonder meer mogelijk is.

2. het theoretische model.

Een theoretisch model zal in dit geval natuurlijk niet op zichzelf staan. Geologische,geofysische informatie en laboratoriumonderzoek zullen mede bepalen welke parameters relevant zijn voor het opstellen van een model.

Het voordeel van deze methode is dat men uiterst kritieke situaties kan nabootsen en dan een beeld van de gevolgen krijgt.

Nadelen zijn er ook: zoals gezegd steunt het model op informatie die op dat moment en met de techniek van dat moment te verkrijgen is.Met andere woorden: de parameter keuze zal afhangen van de verschijnselen die op dat moment bekend zijn.

Verder is het gezamelijk variëren van gekoppelde parameters erg moeilijk(ref.2,p.12:2.

Ook bestaan er zuiver technische problemen,zoals het nabootsen van krachten in drie dimensies.

Er blijkt dan ook dat in de diverse publicaties een opvallend verschil te bestaan in de uitkomsten van berekeningen zonder dat direct duidelijk wordt waaraan dat ligt.

Dan is er nog het risico dat gebruik van modellen over het algemeen met zich meebrengt,n.l. dat er suggesties in de verkeerde richting in de hand worden gewerkt.

3. het geologisch onderzoek.

Voor men een uitspraak kan doen over de veiligheid van een opslagruimte is het van groot belang de integriteit van de geologische formatie vast te stellen waarin men de opslagplaats wil situeren.

Omtrent de benadering van dit probleem zijn er twee markante uitspraken te ontdekken:

a. bepaalde geologische lagen zullen voorlopig nog wel stabiel blijven omdat dit altijd al zo geweest is..

b.de geologische techniek is nog niet zo ver dat ze alle defecten kan ontdekken dan wel opspeuren in een bepaalde geologische laag.(ref.1,p.11 e.v.)

De wil of onwil om in termen van faalkansen of feiten te redeneren zullen we nog vaker tegenkomen.

III. DETAILLERING VAN DE PROBLEEMSTELLING.

1. BARRIERES TUSSEN AFVAL EN GEOLOGISCHE FORMATIE

   a. Insluitmateriaal voor het afval.
   b. Effect van afvaleigenschappen op het insluitmateriaal.
   c. Conclusie.

2. BARRIERES TUSSEN AFVAL EN BIOSFEER

   a. Effect van afvaleigenschappen op het geologisch materiaal.
   b. Stabiliteit van de geologische formatie.
   c. Migratie van afval door de geologische formatie.
   d. Vervoer van afval door water.

3. VEILIGHEIDSANALYSES

   a. Zeker-en onzekerheden in veiligheidsanalyses.
   b. Beperktheid van een veiligheidsanalyse.

In deze onderverdeling wil ik iets verder ingaan op de overwegingen die een rol spelen bij het opstellen van een veiligheidsrapport. Expres zijn (faal)kansrekeningen buiten beschouwing gelaten, omdat de juiste weergave van factoren die dan een rol gaan spelen veel ruimte en tijd vergt, niet in de laatste plaats vawege het feit, dat hieb veel verschillende meningen over bestaan. Een inventarisatie van de manier waarop dit soort berekeningen uitgevoerd worden zou echter wel interessant zijn, omdat het onduidelijk gebruik ervan in (veiligheids)rapporten namelijk geen zeldzaamheid is.

III-1-a. INSLUITMATERIAAL VOOR HET AFVAL.

Voor vloeibaar hoogradioactief afval is het gewenst dat het in vaste vorm wordt ingesloten (zie sectie V: 1).
Insluiten van afval houdt in dat het afval in een metallische of keramische matrix wordt gebracht,die vervolgens omsloten wordt door een omhulsel van metaal en/of beton.
Wat de matrix betreft staat vooral glas in de belangstelling en vanwege de eis dat de verpakking goed warmtegeleidend moet zijn verdient metaal als omhulling de voorkeur.Reden hiervoor is dat de vervalwarmte van de nucliden de temperatuur in het afvalpakket te hoog zou doen oplopen.Dit kan ook van negatieve invloed zijn op de levensduur van het insluitmateriaal.Verder moet rekening gehouden worden met een eventuele aggressieve werking van het omringende geologische materiaal.(b.v. de corossieve werking van zout).

III-1-b. EFFECT VAN AFVALEIGENSCHAPPEN OP INSLUITMATERIAAL.

Drie belangrijke eigenschappen van het afval zijn van invloed op de levensduur van het verpakkingsmateriaal: warmte,corrosie en straling.Voordat radioactief materiaal met een zeer hoge warmteafgifte wordt opgeslagen,wordt het eerst bovengronds afgekoeld.Het insluiten in glas kan pas na één tot tien jaar plaatsvinden(ref.2,p.2-1) maar om de betrouwbaarheid van de matrix niet al te zeer op de proef te stellen wordt ook de tijdsduur van vijftig jaar genoemd(ref.5,p.519).
Over de tijd die een keramische matrix met roestvrijstalen omhulsel afval effectief zou kunnen insluiten,lopen in de literatuur de schattingen uiteen van drie jaar (ref.3,p.135) tot tienduizend jaar(ref.5,p.520).Opvallend is dat in ref.2,p47 over "enkele tientallen jaren tot meer dan een eeuw"wordt gesproken.Het opvallende hieraan is dat de auteurs van ref.5 en ref.2 hetzelfde zijn,en dat hiertussen een tijdsduur van twee jaar zit.Verwijzing naar ontwikkelingen kon ik niet vinden.

III-1-c. CONCLUSIE.

De aanname dat het afval uiteindelijk in contact komt met het geologisch materiaal in de naaste omgeving van het afvalpakket,voordat de activiteit van(langlevende) nucliden belangrijk is afgenomen,is op grond van wat er op dit moment bekend is over de levensduur van insluitmaterialen wel redelijk.

III-2-a. EFFECT VAN AFVALEIGENSCHAPPEN OP GEOLOGISCH MATERIAAL.

WARMTE. Om eerder genoemde reden is het noodzakelijk dat er een goede afvoer van warmte mogelijk is. Ook het geologisch materiaal moet deze warmte kunnen afvoeren. Deze warmteafvoer wordt bepaald door een aantal parameters, waarvan ik er enkele zal noemen:

- Warmteafgifte afval (ook wel warmteflux genoemd).
  in Watt als functie van de tijd.
- Warmtegeleidingsvermogen van het geologisch materiaal.
  in Watt/ °C.mtr.
- Dikte van de geologische laag
  in mtr.

De bovengenoemde parameters zijn natuurlijk wel met een bepaalde nauwkeurigheid te bepalen. Het zijn niet de enige parameters echter (zie onder) en men kan zich afvragen of na te gaan is wat de invloed van bepaalde veranderingen van het geologisch materiaal op de geldigheid der berekeningen is. Hier komt het probleem van het gelijk veranderen van gekoppelde parameters o de hoek kijken (genoemd op p. 2).

STRALING. Proeven met stralingsinvloeden zijn vooral met zout gedaan. De verschijnselen kunnen onder andere zijn:

- Opslag van energie (in kristalrooster) in calorie per gram (zout).
  dit kan van invloed zijn op de hardheid en de uitzettingscoëfficient van het materiaal (zout). Deze opslag is afhankelijk van de temperatuur.
- Chemische veranderingen of reacties.

De opslag van energie kan tot gevolg hebben (als er veel energie is opgeslagen in het zout) dat bij plotseling vrijkomen van deze energie de temperatuur zeer hoog kan oplopen. Bij zout kan dit leiden tot een explosie als gevolg van plotselinge thermische uitzetting. (ref. 3, p. 136)

Een andere mogelijkheid is dat er chloorgas vrijkomt als gevolg van redoxreacties, geïnduceerd door straling (ref. 4, p. 259).

FYSIOCHEMISCHE INTERACTIES. Gezien het grote aantal nucliden in het afval met ieder hun specifieke eigenschappen, is het onmogelijk er binnen dit bestek op allerlei mogelijke interacties van het afval met zijn omgeving in te gaan. Bovendien is de vraag of alle interacties wel goed bekend zijn. Wel belangrijk zijn de sorptie - verschijnselen, daar deze een rol spelen bij de eventuele terugkeer van nucliden in de biosfeer. In sectie III-2d. kom ik er op terug.

III-2-b. STABILITEIT VAN DE GEOLOGISCHE FORMATIE.

Een van de belangrijke discussiepunten is de stabiliteit van de geologische formatie. In deze discussie komt mede ook de voorkeur voor een bepaalde geologische laag naar voren. Wat nu houdt deze eis van stabiliteit in? Eén punt dat naar voren wordt gebracht is dat er sprake moet zijn van een lage seismische activiteit. Precieze formulering van deze eis is echter moeilijk over te brengen op de realiteit om de volgende redenen:

1. Het is tot nu toe onmogelijk gebleken een plaats waar seismische activiteit zal plaatsvinden nauwkeurig te voorspellen, alsmede de kracht van een aardbeving en de uitgestrektheid ervan.
2. Het ontstaan van nieuwe seismisch actieve centra (ref.1, p.11 e.v.).

Het gevolg hiervan is dat men de voorkeur aan zout geeft, omdat dit onder bepaalde omstandigheden plastisch wordt en zo de mogelijkheid heeft eventuele breuken weer te herstellen. Er gaat echter ook een ander probleem spelen. Zoutlagen worden van grondwater gescheiden door voor water vrijwel ondoordringbare lagen. Zou zo'n laag nu scheuren, dan betekend dat, dat er nu de mogelijkheid geschapen is het zout, waarin zich gezien de conclusie van III-1-c. los radioactief afval kan bevinden, met dit water snel af te voeren.

Deze breuken kunnen ontstaan, naast aardbevingen, door effecten genoemd onder III-1. Ook is er de mogelijkheid dat er al breuken aanwezig zijn (voor elke geologische laag zeer waarschijnlijk) die door een plotselinge werking in het zout een sterkere watermigratie toelaten dan verwacht was.

Een van de hoofdbezwaren is dan ook dat de geologische technologie nog niet zo ver is dat zij alle defecten kan ontdekken, of opsporen, die zich in een bepaalde laag bevinden. Hieronder valt ook de aanwezigheid van pekelbellen en (opgedroogde) brongaten. Deze brongaten en gangen wijzen er trouwens ook op dat er onder bepaalde omstandigheden waterstromingen in zoutformaties mogelijk zijn (ref.1, p.11 e.v.).

Andere problemen hebben te maken met de zogenaamde kruip van zout. Doordat het zout meestal een lager soortelijk gewicht heeft dan het omringende gesteente vindt er zoutoppersing plaats. De snelheid hiervan kan oplopen tot enkele mm. per jaar. (ref.8, p.6

Andere lagen die in diverse beschouwingen worden overwogen zijn:

1. klei
2. basalt en graniet
3. leisteen

Bezwaren tegen deze lagen kunnen ontstaan door de hardheid ervan (2&3), het niet homogeen zijn (geldt voor alle lagen, ook zout.), het voorkomen van (veel) breuken en de splijtbaarheid(3), en de dikte waarin de lagen voorkomen. (ref.9, p.2). Bij klei speelt er nog een probleem, waarop ik later zal terugkomen (p.16).

III-2-c. MIGRATIE VAN HET AFVAL DOOR DE GEOLOGISCHE FORMATIE.

Eén van de problemen die warmteafgifte veroorzaakt in het zout,is dat het geologisch materiaal in de omgeving van het afval uitzet en daarmee een kleiner soortelijk gewicht krijgt dan materiaal op grotere afstand.Hierdoor kan het afval door de laag gaan migreren. Daar de geologische laag nooit geheel homogeen is,zal de richting van de migratie moeilijk te voorspellen zijn,tenzij een zeer uitgebreid geofysisch onderzoek plaatsvindt.Ook de migratie van pekelbellen hangt hiermee samen: deze"wandelen" naar de warmtebron toe.

III-2-d. VERVOER VAN RADIOACTIEF AFVAL DOOR WATER.

Wanneer er een doorbraak van (grond)water naar het afval heeft plaatsgevonden,is het moeilijk te voorspellen wat er vervolgens gebeurt.Om te beginnen is de vorm,de richting en de grootte van een breuk nauwelijks te voorzien.Daarom is het wenselijk een model op te stellen waarbij een relatief snel (t.o.v. de vervaltijd der nucliden) transport van afval naar het hydrologische systeem plaatsvindt.Duidelijk is dat nu chemische en fysische eigenschappen van de nucliden en de omgeving een rol gaan spelen.Later zal blijken dat de sorptieverschijnselen een grote rol spelen(p.17).Deze verschijnselen omvatten onder-meer ion-uitwisseling,adsorptie,filtratie en neerslag.x

Voorwaarde voor een vertragen c.q. blokkeren van transport van nucliden naar de biosfeer is echter dat de aardlagen en de nucliden,die genoemde interacties kunnen geven,een nauw contact met elkaar kunnen komen.Dit houdt in dat een nuclide werkelijk in aanraking moet kunnen komen met de aardlaag en dat dit contact niet te kort duurt.Kan aan deze voorwaarde niet voldaan worden(door de grootte van de breuk en/of de stroomsnelheid) dan gaat de oplosbaarheid een rol spelen.

Een uitgebreide uitwerking van factoren die een rol spelen bij het opstellen van een model waarbij gekeken wordt naar het transport van nucliden door water is te vinden in referentie 5 .Een samenvatting hiervan staat in sectie V-3.De conclusie van dit artikel is verrassend(zie p.17).

x) Een uitleg van deze verschijnselen zou hier te ver voeren.Ion-uitwisseling houdt in dat geladen deeltjes (ionen) uitgewisseld kunnen worden met ionen in b.v. een aardlaag.Vooral klei heeft deze eigenschappen.

Adsorptie wil zeggen dat een deeltje wordt opgenomen door de laag waar het langskomt en daarmee vastgehouden.

III-3-a. ZEKER- EN ONZEKERHEDEN IN VEILIGHEIDSANALYSES.

Overwegingen,zoals gepresenteerd in sectie III,spelen een rol bij het opstellen van veiligheids analyses.Er zijn natuurlijk nog meer factoren die de veiligheid van kernafvalopslag bepalen.Naast gebeurtenissen die slechts op grond van kansberekeningen kunnen meespelen in zo'n analyse,zoals b.v. meteorietinslag precies op de plaats van een opslag,zijn er nog lange termijneffecten zoals ijstijden(of juist het smelten der poolkappen) en sociale aspecten,zoals het op- of onopzettelijk handelen van mensen,of zelfs het te gronde gaan van de technologische beschaving die controle uitoefend op de veiligheid van afvalverwerking.

De aspecten die in III behandel zijn,kunnen echter geëvalueerd worden door mensen die nú verantwoordelijk zijn voor het veiligstellen van de biosfeer voor radioactief afval.Bovengenoemde aspecten lenen zich daar ook wel toe,maar discussie daarover verzand makkelijk in (faal)kansberekeningen,of in het geval van sociale factoren in het afwentelen van verantwoordelijkheid op gezagssystemen en vallen daarmee buiten deze beschouwing vanuit natuurwetenschappelijk oogpunt.

Het gaat erom vast te stellen welke zwaarte moet worden toegekend aan de in III genoemde aspecten en hoe ze in een veiligheidsanalyse moeten worden ingevoerd.Zoals gezegd zijn er factoren die op grond van het (nog) te kort schieten van de huidige technologiën (m.n. de geologische) niet verantwoord gewogen kunnen worden.

Aan de andere kant is het heel wel mogelijk een model op te stellen.waarin rekening wordt gehouden met alle factoren die er voor kunnen zorgen dat er terugkeer van radioactief materiaal in de biosfeer plaatsvindt.Het is zaak te zorgen dat men in staat is al deze factoren zo te variëren,dat een inzicht ontstaat in de mogelijke gevolgen van de ergste samenloop van omstandigheden.Vervolgens moet gekeken worden of die gevolgen acceptabel zijn,volgens normen die vastgesteld worden op een verantwoorde wijze.Dit laatste is op zichzelf al een probleem.

III-3-b. BEPERKTHEID VAN VEILIGHEIDSANALYSES.

Uit de controverses rond de afvalopslag is af te leiden dat men nog niet in staat is gebleken een veiligheidsrapport op te stellen,dat iedereen geruststelt.Dit heeft waarschijnlijk meerdere oorzaken:

A. Er staat te weinig of geen informatie in over aspecten die verontrustend worden gevonden door critici,

B. Er staat wel voldoende informatie in,maar berekeningen vertonen gebreken of zijn gebaseerd op kansberekeningen waarmee geen genoegen wordt genomen.

De oorzaak van A kan zijn dat men bepaalde informatie gewoonweg niet heeft en niet relevant acht (kansberekeningen),dat men bepaalde aspecten over het hoofd heeft gezien,of dat bepaalde informatie gewoon achtergehouden wordt.

Dit laatste kan m.i.alleen maar voortvloeien uit het feit dat er mensen aan het rapport gewerkt hebben,of de informatie ervoor verstrekt hebben,die er van uitgaan

dat er kernenergie móet komen.

In het geval dat B van toepassing is,kan men concluderen dat opvattingen over modellen een rol gespeeld hebben.(Ik zal misleiding buiten beschouwing laten).

De verschillen in opvatting over hoe men een model moet bouwen of hoe men ermee moet rekenen,kan verschillende oorzaken hebben.Opleiding,inzicht en filosofie over het probleem spelen waarschijnlijk een rol.De aanvaarding van kansberekeningen op cruciale punten is hier een voorbeeld van.Wat echter opvalt,is dat de verschillende landen waar het probleem een rol speelt allemaal een verschillende,specifieke manier van benadering hebben,wat resulteert in verschillen van accent op aspecten en verschil in aanpak en oplossing.

Daarom zal ik in sectie V een overzicht geven van die landen met hun visie op het probleem.Dan zal ook in de conclusie tot uitdrukking moeten komen of de beperktheid van een veiligheidsanalyse een overkomelijk probleem is in dit geval en of een gedegen en(min of meer) objectief onderzoek naar de opslag van kernafval wel mogelijk is.

IV. EEN ALGEMENE BENADERING VAN HET PROBLEEM.

Om een meer algemeen beeld te geven van de benadering door wetenschappers wil ik, vooruitlopend op de Amerikaanse discussie, wat aandacht schenken aan een artikel van G.I. Rochlin, Nucleair Waste Disposal: Two Social Criteria. (ref.6).

Hierin wordt voorgesteld een paar algemene criteria te formuleren om vergelijk tussen verschillende mogelijkheden van opslag mogelijk te maken. De twee criteria die hij voorstelt zijn:

- technische irreversibiliteit
- hoeveelheid en verscheidenheid van opslagmogelijkheden (site multiplicity)

Technische irreversibiliteit definieert hij als de weerstand die het afval biedt tegen terugkomst in de biosfeer bij op- of onopzettelijk toepassen van technologiën. De soort irreversibiliteit splitst hij in drieën:

- sociale : b.v. is een geologische laag interessant? (eventuele exploitatie door onwetenden) en is er makkelijk bij het afval te komen (sabotage).
- technische: hoe gecompliceerd is de techniek om het afval weer terug te halen?
- fysische: kan het afval op grond van fysische parameters makkelijk terugkeren in de biosfeer?

Het bezwaar hiertegen is dat sociale en technische aspecten nog wel te vergelijken zijn, maar dat we bij de fysische aspecten weer op het oude (onderhavige) vraagstuk terug zijn gekeerd. Er zal dan weer gebruik moeten worden gemaakt van kansberekeningen.

Zijn andere criterium, site multiplicity, houdt het volgende in. Hoe meer men de opslag af laat hangen van één soort techniek, des te groter de ramp als die techniek achteraf blijkt te falen. Door verschillende technieken toe te passen en iedere vorm van opslag te verdelen over een groot aantal kleine een heden bereikt men, dat mocht er wat fout gaan met een van de technieken, de schade beperkt blijft. Ook dit criterium heeft bezwaren. Vooral bij geologische opslag is de kans dat je een fout maakt bij het kiezen van een groot aantal opslagplaatsen evenredig met de hoeveelheid opslagplaatsen. Ook bij het b.v. in de ruimte schieten van het afval is de kans dat een lancering mislukt dan groter. Een ander bezwaar bij geologische opslag is dat je dan een enorm aantal opslagplaatsen nodig hebt. De Atomic Energy Commision (U.S.A.) stelde zich voor in het jaar 2020 ruim drie miljoen MegaWatt eeuw aan kernreactors in gebruik te hebben. Deze zouden in vijfhonderdvijftig jaar 2,4 miljoen ton Uraniumerts verbruiken (U_3O_8). Voor opslag zouden dan 18000 opslagplaatsen ter grootte van een "pilot facility" nodig zijn. (die bevat 1000 afvaltanks met 500.000 Curie aan Sr-90 en Cs-137 per tank).
Dit zou voor Amerika betekenen dat er gemiddeld iedere 16 km. een opslagplaats zou zijn (ref.1, p.12 e.v.).

V. DE AANPAK VAN DE PROBLEMATIEK IN DIVERSE LANDEN.

1. DE VERENIGDE STATEN

a. energiepolitiek

Vanuit de visie die de V.S. hebben op hun rol in de wereldpolitiek is het van groot belang voor dit land niet afhankelijk te zijn van energiebronnen,die onder controle staan van andere landen of machten.Typerend hiervoor is de uitspraak van Henry Kissinger destijds(als min. van Buitenlandse Zaken onder pr.Ford) dat een gewapende interventie niet uitgesloten zou zijn,mochten de olieproducerende landen de V.S. boycotten(gedoeld werd op Saoedie-Arabië).
Gezien de verontwikkelde technologie en ervaring (dankzij de koude oorlog) die de V.S. hadden,was de stap naar kernenergie niet groot (Atom for Peace plan).

b. historisch overzicht

De opslag van radioactief afval heeft in de V.S. altijd plaatsgevonden in stalen tanks (bovengronds),die gekoeld werden met water.Vanwege de zure en corrosieve eigenschappen van het afval werd het eerst geneutraliseerd.Probleem hierbij was dat het volume van het afval hierdoor verdubbelde en het terughalen ervan uit de tanks aanzienlijk bemoeilijkt werd.Hoewel de National Academy of Sciences in 1955 het idee voor opslag in geologische formaties als geopperd had,duurde het in feite tot 1974 voor het probleem pas op grote schaal werd aangepakt.Reden hiervoor was dat het afvalprobleem altijd weinig aandacht gekregen had omdat de bewapeningswedloop en het veroveren van een gunstige positie op de markt alle aandacht voor zich opeisten.Ook als reden wordt genoemd dat het in wetenschappelijke kringen altijd lage populariteit had genoten(ref.7,p.662).
Ook het,op zijn zachtst gezegd,onduidelijke beleid van de Atomic Energy Commision(A.E.C.) die de verantwoordelijkheid had voor de nucleaire projecten van 1946 tot 1974,is hier debet aan.Toen er in 1960 sprake was van lekkende tanks in Hanford en Savannah River, en de afvalberg steeds groeiende was,werd duidelijk dat er iets moest gebeuren.
In 1963 werd een proces ontdekt om het vloeibare hoogradioactieve afval vast te maken (te calcineren),wat als voordeel had dat het volume met een factor 9 á 10 reduceerde en de kans op lekken kleiner maakte.Daarnaast werd het gebruik van corrosiebestendige tanks aanbevolen,zodat neutralisatie van vloeibaar afval niet meer nodig was.Typerend voor de A.E.C. was dat ze gewoon aan deze ontwikkeling voorbij ging.(ref.7,p.663 e.v.)
Na in 1965 zelf met een proces gekomen te zijn,het indampen van geneutraliseerd afval tot een zoutkoek,ging de A.E.C. aan het eind der zestiger jaren geologische opslag overwegen.Er werd gestart met een proefproject in een zoutmijn (Salt Vault,Lyons in Kansas). De betrouwbaarheid van de mijn werd echter in twijfel getrokken door het Kansas Geological Survey,vanwege boringen naar gas en olie in de buurt van de mijn. Toen er in een naburige zoutmijn plotseling zevenhonderdduizend ltr. water verdwenen was bij werkzaamheden,stapte men in 1972 van het project af.Vervolgens ging men plannen uitwerken voor bovengrondse opslag:Retrievable Surface Storing Facilities (R.S.S.F.).

Als de Energy Research and Development Administration (E.R.D.A.) in 1975 de A.E.C. opvolgt,komt opslag in geologische lagen weer in de belangstelling te staan.Inmiddels is er wel grotere weerstand bij publiek en locale overheden ontstaan.

Op het moment (1978) zijn er plannen om in 1985 zes geologische opslagplaatsen klaar te hebben,terwijl men in 1980 over twee van zulke ruimtes wil kunnen beschikken.Mochten deze plannen echter vastlopen op grote weerstand bij publiek en locale overheden of om technische redenen,dan houdt men bovengrondse opslag achter de hand,waarvan men beweert over een veilige technologie te beschikken.Daar deze vorm van opslag water (R.S.S.F.) en lucht (S.S.C.C.) gekoeld is en makkelijk te saboteren,staat ook hier de veiligheid van ter discussie.(ref.1.p.10).

b. geologie

In de V.S. is een ruime keuze uit aardlagen die voor eventuele opslag in aanmerking komen.Mogelijkheden zijn graniet,basalt,leisteen,klei en zout.Van E.R.D.A. zijde heeft zout echter de voorkeur vanwege zijn plasticiteit,hoge smelttemperatuur,geologische stabiliteit en goede afscherming van radioactieve straling.

De discussie in Amerika speelt zich voornamelijk af rond de vermeende stabiliteit van een geologische laag,de invloed van het afval daarop en het doordringen van water in zo'n opslag.Onderzoek op dit gebied is hoofdzakelijk gedaan door het Oak Ridge National Laboratory (O.R.N.L.).De weerstand komt vooral van geologische instituten zoals het Kansas Geological Survey. Het vinden van alle defecten in geologische lagen is geen zaak die zij willen garanderen.Zo moest men een project in Carlsbad (New Mexico) stopzetten omdat men plotseling op een enorme hoeveelheid pekel stuitte.Grondig geofysisch onderzoek bleek van te voren niet gepleegd te zijn (ref.7,p.664).

Eén van de mogelijkheden die de plasticiteit van zout biedt,is het storten van los zout op het afval en in de mijngangen als de mijn geheel gevuld is.Door de warmte van het afval rekristalliseert het zout,begint het te vloeien en zegelt het afval hermetisch af. Een bezwaar van het Kansas Geological Survey hiertegen was dat dit proces wel eens tot gevolg zou kunnen hebben dat de omringende harde steenlagen door de werking in het zout gingen scheuren,waardoor er water bij het zout zou kunnen komen.Andere bedenkingen van dit instituut waren dat het O.R.N.L. weinig aandacht had besteedt aan de warmte-transport problemen en niet duidelijk was geworden of zij drie-dimensionale problemen konden oplossen. Dit alles nog onder het bewind van de A.E.C.,wat belangrijk is voor Nederland zoals we daar zullen zien.

Experimenten in de Salt Vault hadden aangetoond dat het zout in staat was 10 tot 50 calorie/gram op te nemen als gevolg van gamma-straling en protonbestralingsproeven wezen uit dat dit op kon lopen tot 80 cal./gr. Plotseling vrijkomen van deze energie (de opname is temperatuursafhankelijk) zou de temperatuur op doen lopen tot 620 °C, met als eventuele mogelijkheid een explosie (ref.3,p.136).

d. conclusie

Terwijl onder het beleid van de A.E.C. gemanipuleerd werd met rapporten en commissies met als doel afvalopslag er zo snel mogelijk doorgedrukt te krijgen (ref.7,p.662)en het onderzoek hoofdzakelijk door één instituut (het O.R.N.L.) werd uitgevoerd,wordt door de E.R.D.A. de indruk gewekt dat er gewetensvol aan het probleem gewerkt wordt.Hoeveel en welke informatie men heeft is nog niet duidelijk,daar er veiligheidsrapporten worden uitgebracht vol leemtes en onduidelijkheden.Met de mogelijkheid van bovengrondse opslag achter de hand is de druk op de E.R.D.A. om tot snelle oplossingen tekomen (met alle gevaren vandien) enigszins afgenomen.

Dat de rapporten die nu naar buiten komen ook voor het E.R.D.A. geen aanleiding zijn tot de absolute conclusie te komen dat geologische opslag veilig is,is van belang voor de evaluatie van de Nederlandse conclusies,die voor een groot deel zijn gebaseerd op de rapporten van de O.R.N.L. van vóór 1975,zoals die staan vermeld in het advies van de Gezondheidsraad uit 1975 (zie hiervoor het onderdeel Nederland).

V-2 NEDERLAND.

a. energiepolitiek.

De visie in Nederland op kernenergie is gekoppeld aan de energiepolitiek in andere Westeuropese landen (Euratoom,vanwege de E.E.G. en economische gebondenheid door het Urencopartnerschap).De stap naar kernenergie is door deze gebondenheid vrij groot voor ons land,eenmaal genomen beslissingen zijn moeilijk weer ongedaan te maken.De kater die de onvoorzichtige politiek wat betreft de gasvoorraden heeft veroorzaakt,wenst men misschien weg te spoelen met het vooruitzicht op " goedkope,veilige en vooral onuitputtelijke kernenergie".De hiergenoemde voordelen zijn alle uiterst discutabel gebleken, zonder dat men er de consequenties van betere informatie en verantwoorde besluitvorming aan schijnt te willen verbinden.

b. geologie.

In Nederland is de keuze in geologische formaties die geschikt voor opslag van kernafval klein.Mede oorzaak hiervan is de voorkeur voor een laag die zeer dik is.De oorspronkelijke bedoeling was namelijk dat men het LAVA en MAVA op 400 mtr. onder de oppervlakte in stortholtes wilde bergen en het hoog-radioactieve afval op 800mtr. in mijnen.(ref.11,p.15 : zie ook bijlage III).Gezien de eis van het Staatstoezicht op de Mijnen dat er tussen boorgat en flank van de zoutkoepel 200 mtr. onaangeroerd zout moet zitten, betekend dit dat de top van de koepel op 600 mtr. moet zitten en de onderzijde op minimaal 1000 mtr.Daar de dikte van de zoutkoepels op kan lopen tot 3000 mtr. is dit het probleem niet.(*,zie p.15).Wel een probleem is de afstand van de top van de zoutkoepel tot de oppervlakte.Andere eisen die aan de zoutlaag gesteld worden zijn homogeniteit en de mate waarin de zoutkoepel van het hydrologisch systeem is geïsoleerd. Bovendien moet men "op zijn hoede zijn voor gas-en pekelinsluitingen".Wonderlijk is dat het risico van verlaten brongaten of gangen niet genoemd wordt.

Voordeel van de grote diepte waarop het hoog-radioactieve afval zou moeten worden opgeslagen,is dat migratie van het afval naar de biosfeer lang zou duren en er een grote mogelijkheid tot retentie bestaat.Hierbij wordt echter gesproken van aantasting van de zoutomhulling "door brak en nagenoeg stilstaand water".(ref.11,p.37).Over het vervoer van nucliden in water wordt gesproken in termen van "uiterst onwaarschijnlijk,onaannemelijk en niet te verwachten".Gezien de conclusie (p.19) is dit onaanvaardbaar.

Wat betreft de warmteinvloeden op het zout wordt verondersteld dat deze volledig beheersbaar zijn als het afval maar verspreid genoeg opgeborgen wordt.In hoeverre deze verspreiding mogelijk is gezien toekomstige hoeveelheden afval,eisen aan de opslagruimte en gezien economische en technische redenen,wordt niet duidelijk.Bovendien worden in berekeningen aangenomen dat het afval nog ingesloten is (dan is er geen alpha en bêta straling op de omgeving) en komen uitkomsten van berekeningen voor ,die geen weerklank vinden in andere publicaties(energieopslag in zout door gammastraling 17 cal/gr. in ref.4,p.259).

c. conclusie.

Verontrustend is het,dat het door J.Hamstra uitgebrachte veiligheidsrapport,zoals het opgenomen is in het advies,uitgebracht door de Gezondheidsraad (1975),voor een groot deel gebaseerd is op rapporten van de O.R.N.L. in de tijd dat de A.E.C. niet erg gewetensvol het probleem aanpakte (vóór 1974).Daarbij komt dat het gevaarlijk is zich helemaal te verlaten op Amerikaanse rapporten,gezien het feit dat in de V.S. een wezenlijk afvalprobleem bestaat en men daarom eerder geneigd zal zijn concessies te doen aan onzekerheden met een kleine faalkans.

Ook het gebruik van feiten en faalkansberekeningen door elkaar op een manier die de ware problematiek niet tot zijn recht doet komen in het rapport van J.Hamstra,is wetenschappelijk gezien zeer onfatsoenlijk.Het feit allen al dat twijfels die er bestaan op het gebied van veilige opslag in dit rapport niet bespreekbaar worden gemaakt,doet de erge vermoedens rijzen dat hier iemand bezig is geweest,die niet van plan was te kijken of er verantwoorde wegen zijn waarlangs men te weten kan komen of er veilige opslag mogelijk is,maar iemand die aanvaarding bij publiek en overheid tot stand wil brengen,geheel in de geest van hen die vinden dat er kernenergie móet komen.

Gezien de situatie in Nederland,dat er niet naar een benadering van het probleem gezocht hoeft te worden met een op volle toeren draaiende kernenergieindustrie als stimulans,lijkt me de hoop gerechtvaardigd dat er door middel van onafhankelijk onderzoek en publieke bespreekbaarheid nog een veiligheidsrapport naar voren kan komen met alle aspecten,dat in ieder geval duidelijk is.

*) Op het moment heeft de methode de voorkeur,waarbij LAVA,MAVA en KSA in een opbergmijn te brengen,met de mogelijkheid KSA in boorgaten in de mijn op te bergen.

a. energiepolitiek

Gezien de dominante rol die Frankrijk wenst te spelen in de E.E.G.,is aan te nemen dat dit land niet het risico wil lopen aan invloed te verliezen door achter te raken op het gebied van kernenergie t.o.v. een land als Duitsland.Ook de vermeende stimulans die deze vorm van energiewinning aan de economie zou geven,zal een factor zijn die de houding ten opzichte van kernenergie bepaalt.

De reden dat ik in dit hoofdstuk dieper zal ingaan op factoren die de terugkeer van nuclieden in de biosfeer bepalen (zie p.7),is dat hier een voorbeeld wordt gegeven van een model waarbij waarschijnlijkheden buiten beschouwing worden gelaten en de conclusie van de auteurs,dat de factor betrouwbaarheid van een geologische formatie niet te zwaar mag wegen in een veiligheidsrapport.(twee van de auteurs zijn geologen).

Toch is de houding die in dit artikel (zie onder) naar voren komt niet afwijzend te noemen,wat zijn oorzaak vindt in het grote vertrouwen dat de Fransen hebben in de glasmatrix.De oorsprong van dit vertrouwen laat makkelijk naar zich raden: in Frankrijk wordt druk onderzoek gepleegd naar de glasmatrix en nationalistische gevoelens plus het idee dat zij wel eens de oplossing voor het probleem zouden kunnen geven met de matrix betekent dat er voor hen geen reden is kernenergie met alle gevolgen vandien af te wijzen.

b. samenvatting van referentie 5.

Het probleem van afvalvervoer wordt opgesplitst in een model waarbij de glasmatrix wel een rol speelt en één waarbij dat niet het geval is.

In elk geval wordt aangenomen dat er,hoe dan ook,water bij het afval kan komen.Deze aanname is ondermeer op het volgende gebaseert:

- over verschijnselen in de aardkorst is nog weinig bekend,
- elke aardlaag is in principe waterdoorlatend (het verschil zit in de migratiesnelheid van het water door zo'n laag).
- klei : laat vrijwel geen water door,maar bevat water dat onder bepaalde omstandigheden kan gaan migreren;het is plastisch,maar kan uitdrogen,waardoor er veel scheuren ontstaan.
- harde steenlagen: deze zijn zeer gevoelig voor bewegingen in de aardkorst,kunnen makkelijk breken en dan water doorlaten.
- steenzout: het al genoemde voordeel dat het plastisch is geldt allen onder bepaalde omstandigheden,bovendien zullen alleen kleinere scheuren gedicht worden.Ook hier wordt opgemerkt dat het voorkomen van gaten en gangen in deze lagen wijst op het feit dat er onder bepaalde omstandigheden water in zo'n laag kan stromen.In contact met stromend water is zout erg mobiel.

Als de glasmatrix in het model wordt ingecalculeerd,kunnen we weer twee dingen onderscheiden:

a. - de glasmatrix blijft heel.

b. - de glasmatrix wordt ernstig aangetast c.q. vernietigd.

In het geval van a. hebben we allen te maken met het verschijnsel dat de nucliden door het glas naar buiten diffunderen. Voor de in het (boro silicaat)glas aanwezige nucliden (m.n. actiniden) zou dit bij een geschatte diffusiecoëfficient betekenen dat het afval er 20 tot 200 miljoen jaar over doet om voor 99% door het glas heengediffundeerd te zijn. (diffusiecoëfficient 10^{-16} tot 10^{-18} m^2/sec. ,glascilinder 0,75 bij 0,5 mtr.) Hierbij moet uiteraard wel gekeken worden naar de halfwaardetijden van de nucliden, temeer daar de auteurs stellen dat er aan een procedé gewerkt wordt om Jodium-129 ook in de matrix in te sluiten (halfwaardetijd I-129: 16 miljoen jaar,).

In geval b. wordt zondere verwijzing gesteld dat het 10.000 jaar duurt voordat de matrix zo erg is aangetast dat het afval in de daarop volgende 5000 jaar geheel in de omgeving terechtkomt.

Nu wordt een model opgesteld waarbij men gaat rekenen met de factoren die de terugkeer van de nucliden in de biosfeer kunnen bepalen. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de : fysische eigenschappen laag ---- hieruit volgt de transportsnelheid
sorptieverschijnselen ---- bepalen de retentieverschijnselen

Op grond van hun fysische eigenschappen zijn er vijf soorten lagen te onderscheiden. Dit onderscheid wordt gemaakt op grond van o.a. permeabiliteit voor water,effectieve poreusheid en de daaruitvolgende migratiesnelheid voor water in die laag (zie p.18, tab.

Daarnaast wordt gekeken naar de sorptieverschijnselen in die laag,zie tabel 4.

De conclusie die hieruit te trekken valt is dat zonder sorptie zelfs de meest ondoorlatende laag binnen vrij korte tijd zeer veel van een bepaald soort nuclide doorlaat, vergelijk jodium-129,neptunium-237 en plutonium-239 ,zie tabel 4.

Daar echter de ondoorlaatbaarheid van de laag er ook voor zorgt dat de nucliden op een bepaalt punt accumuleren,wordt in tabel 5 het eindresultaat van de berekeningen gegeven,waaruit blijkt dat het laatst genoemde effect er voor zorgt dat bij een zeer ondoorlaatbare laag (4) de concentratie van de nucliden in het water hoger is dan bij een meer doorlaatbare laag.

Uit dit alles volgt dat niet de dikte en ondoorlaatbaarheid van een laag de belangrijkste parameters zijn bij transportverschijnselen,maar de mate van sorptie.

Dit wordt ondersteund door het feit dat in Amerika gebleken is dat er zeer grote migratiesnelheden van plutonium door de grond mogelijk zijn,ondanks het feit dat dit element zeer gevoelig is voor sorptieverschijnselen (E.R.D.A. symposium 1975,ref.5,p.525

Toch adviseren de auteurs het afval op te slaan in de meest ondoorlaatbare laag,gezie het feit dat dit de terugkeer der nucliden vertraagt. Daarnaast stellen zij de mogelijkheid de opslagplaats zo te kiezen,dat terugkeer daar plaats vindt,waar de grootst mogelijke verdunning optreedt,b.v. bij zee. Bovendien menen ze dat het mogelijk is een kunstmatige barrière toe te voegen. Hun hoop blijft echter gericht op het construeren van een betrouwbare matrix.

Table 3. Parameters of the geologic formations.

Geologic formation	Darcy's permeability (m/sec)	Hydraulic gradient	Effective porosity (%)	Resulting velocity of water: Darcy's (m/sec)	Resulting velocity of water: Mean pore (m/sec)
1	10^{-6}	1/10	2	10^{-7}	5×10^{-6}
2	10^{-6}	1/50	2	2×10^{-8}	10^{-6}
3	10^{-7}	1/50	5	2×10^{-9}	4×10^{-8}
4	10^{-8}	1/50	10	2×10^{-10}	2×10^{-9}
5	10^{-10}	1/50	20	2×10^{-12}	10^{-11}

Table 4. Step function responses of each element.

Geologic formation	Mean pore water velocity (m/sec)	Transmission rate of the formation (%)	Duration of transfer (years)
	*Iodine-129 (half-life 1.6×10^7 years)**		
1	5×10^{-6}	100	6
2	10^{-6}	100	29
3	4×10^{-8}	100	725
4	2×10^{-9}	99	14,500
5	10^{-11}	93	2,840,000
	Neptunium-237 (half-life 2.13×10^6 years)†		
1	5×10^{-6}	99.7	10,500
2	10^{-6}	99	52,500
3	4×10^{-8}	91	505,000
4	2×10^{-9}	43	14.9×10^6
5	10^{-11}	10^{-16}	3.3×10^7
	Plutonium-239 sorbed (half-life 2.44×10^4 years)‡		
1	5×10^{-6}	8×10^{-6}	1.4×10^4
2	10^{-6}	3×10^{-21}	6×10^6
3	4×10^{-8}	0	
4	2×10^{-9}	0	
5	10^{-11}	0	
	*Plutonium-239 not sorbed (half-life 2.44×10^4 years)**		
1	5×10^{-6}	100	6
2	10^{-6}	100	29
3	4×10^{-8}	99	725
4	2×10^{-9}	80	14,500
5	10^{-11}	6×10^{-11}	2,840,000

Table 5. Concentration of elements in the water reaching the human environment expressed as ratios to the maximum permissible concentrations in drinking water. The data are for hypotheses 1 and 2 for the glass structure, as described in the text.

Geologic formation	Transmission rate of the formation (%)	Hypothesis 1: Ratio of concentration to the maximum permissible concentration	Hypothesis 1: Time when maximum is observed (years)	Hypothesis 2: Ratio of concentration to the maximum permissible concentration	Hypothesis 2: Time when maximum is observed (years)
		*Iodine-129 (half-life 1.6×10^7 years)**			
1	100	1.4×10^{-2}	5	0.58	10,000
2	100	7×10^{-2}	25	2.9	10,000
3	100	0.7	600	28.0	10,700
4	99	5.1	10,000	250.0	20,000
5	93	5.3	1.7×10^6	170.0	1.45×10^6
		Neptunium-237 (half-life 2.13×10^6 years)†			
1	99.7	1.6×10^{-4}	10,000	0.67	18,000
2	99	7.7×10^{-4}	47,500	1.13	40,000
3	91	6×10^{-3}	380,000	1.13	275,000
4	43	1.3×10^{-2}	3,000,000	0.57	2,400,000
5	10^{-16}	3.6×10^{-19}	87×10^6	6.2×10^{-15}	83×10^6
		Plutonium-239 sorbed (half-life 2.44×10^4 years)‡			
1	8×10^{-6}	7×10^{-12}	475,000	3×10^{-9}	460,000
2	3×10^{-21}	5×10^{-21}	1,200,000	1.4×10^{-24}	1,150,000
3	0	0		0	
4	0	0		0	
5	0	0		0	
		*Plutonium-239 not sorbed (half-life 2.44×10^4 years)**			
1	100	4.7×10^{-4}	5	1.3	10,000
2	100	2.3×10^{-3}	25	6.0	10,000
3	99	2.3×10^{-2}	600	66.0	10,700
4	80	0.15	11,000	470.0	20,000

VI. CONCLUSIE

In sectie III-3-b. heb ik gezegd dat in de conclusie naar voren zou moeten komen of de beperktheid van een veiligheidsanalyse een overkomelijk probleem is en of een gedegen en objectief onderzoek mogelijk is.

De beperking is het gevolg van het ontbreken van de mogelijkheid sommige problemen zo te vertalen in relevante parameters,dat er een overzicht ontstaat van allerlei mogelijke gevolgen van kernafvalopslag in geologische formaties.Weer een gevolg hiervan is,dat men zich gedwongen voelt toevlucht te zoeken in kansberekeningen en in het ergste geval in gissingen.Gezien de potentiële gevaren,die radioactieve nucliden met zich brengen voor de leefbaarheid van het milieu is alleen dan kernafvalopslag aanvaardbaar, als er een goed gefundeerd inzicht bestaat in de ergst mogelijke samenloop van omstandigheden,en de gevolgen die hieruit voortvloeien aanvaardbaar zijn.

Wat aanvaardbare gevolgen zijn wordt momenteel integraal bepaald door degene die een veiligheidsrapport opsteld.Ik betwijfel ten sterkste of sommige wetenschappers,die zich met het samenstellen van zo'n rapport bezighouden,beseffen wat voor een verantwoordelijkheid zij zich op de schouders laden,gezien het aantal onzekerheden dat er nog bestaat over het gescheiden kunnen houden van biosfeer en nucliden.

Of er objectief onderzoek mogelijk is hangt volgens mij niet af van de samenstelling van een onderzoeksgroep,maar van de instelling van ieder individu binnen die groep.Ik dacht niet dat objectiviteit gewaarborgd is als men het gemiddelde neemt van voor-en tegenstanders.Het evalueren van verschillende inzichten,probleemstellingen en oplossingen,waarbij een vereiste is dat ze niet gebaseert zijn op vooronderstellingen,lijkt me niet tot de theoretische onmogelijkheden behoren.Hierbij doel ik niet op waardevrije wetenschap,omdat een wetenschap in dienst van de leefbaarheid van een samenleving me alleszins gerechtvaardigd lijkt in een tijd waarin economische- en machtsfactoren een grote rol spelen in de ontwikkeling van allerlei technologiën.

Of echter objectief onderzoek in de praktijk mogelijk is,lijkt me moeilijk in drie zinnen samen te vatten.Wat er m.i. in grote mate toe bij kan dragen,is het bespreekbaar maken van de grenzen en tekortkomingen van wetenschappelijk onderzoek.

januari 1978,

G.Kuiper.

LITERATUURVERWIJZINGEN

1. R.E. Webb : An Inquiry of the Safety of Nuclear Waste Disposal. (U.S.A. '7[illegible]
   (Conference on High Level Radioactive Waste Management, 8 dec. 1976, Lansing Michigan)

2. Rapport du Groupe de Travail : Evaluation des Options Techniques sur les Dechets Radioactifs. (Fr. '7[illegible]

3. R.S. Lewis : The Radioactive Saltmine. (U.S.A. '7[illegible]
   (Scientist 1975)

4. B. Verkerk : Stralingsinvloeden op keukenzout, voor zover van belang bij opberging van kernsplijtingsafval in een zoutformatie. (NL '7[illegible]
   (Energiespectrum 77/9)

5. G. de Marsily e.a. : Nuclear Waste Disposal:Can Geologist garantee Isolation? (Fr. '7[illegible]
   (Science 5 aug. 1977. Vol. 197.)

6. G.I. Rochlin : Nuclear Waste Disposal: Two Social Criteria. (U.S.A. '7[illegible]
   (Science 7 jan. 1977, Vol. 195)

7. L.J. Carter : Radicactive Wastes: Some Urgent Unfinished Business (U.S.A. '[illegible]
   (Science 18 feb. 1977,Vol. 195)

8. T. Csengö : Enkele wetenswaardigheden over de zoutafzettingen in verband met eventuele lozingen van radioactief afval in deze afzettingen. (NL '7[illegible]
   (Waterleidingmij. "Drente")

9. Xeno, actieuitgave : Geheim dossier proefboringen (NL '[illegible]
   (Xeno, juni 1977)

10. J.Hamstra : Veiligheidsaspecten en risico's verbonden aan de opslag van kernsplijtingsafval. (NL '[illegible]
    (Atoomenergie 1974 7/8)

11. Gezondheidsraad : Advies uitgebracht door de Gezondheidsraad, verslagen,adviezen,rapporten. 1975 Bijlage I. (NL '[illegible]

VIII. TOELICHTING BIJ DE BIJLAGEN .

BIJLAGE I: Het Relatief Radiotoxisch Risico (R.R.R.)

Deze term wordt door J.Hamstra (ref.10)gebruikt als parameter voor het risico dat men loopt bij terugkeer van radionucliden in de biosfeer,met name in het drinkwater.

Het R.R.R. geeft aan,hoeveel water er nodig is voor de verdunning van een aantal Curies nuclide om de concentratie op de Maximaal Toelaatbare Concentratie (M.T.C.) voor drinkwater te krijgen:

$$R.R.R. = \sum_i A_i / MTC_w(i) \; curie/curie.m^{-3} = m^3$$

A_i = aantal curies nuclide i

$MTC_w(i)$= maximaal toelaatbare concentratie van nuclide i in drinkwater

Hamstra betoogt in zijn artikel dat het afval,afkomstig van één ton splijtings brandstof een R.R.R. heeft van $1,7 \times 10^7$ m^3 na 300 jaar.De hoeveelheid natuurlijke uranium die nodig is om deze brandstof te verkrijgen is 3550 ton,met een R.R.R. van $2,3 \times 10^8$ m^3 na 300 jaar.(voornamelijk door het voorkomen van Radium-226) Kortom,wordt er opgelucht gesteld,met het opbergen van het afval lopen we niet meer risico dan met het natuurlijk voorkomen van uranium.

Afgezien van het feit dat dit in zijn vergelijking pas het geval is na 300 jaar, is deze vergelijking niet helemaal juist.

Ten eerste is de geologische situatie van het natuurlijk voorkomen van uranium niet direct te vergelijken met een opslag van afval in zout.Daarnaast zou men de vergelijking moeten maken met uranium dat,net als het afval,geconcentreerd wordt opgeslagen(maar ook deze vergelijking is niet geheel juist ,zie Smit en de Vries in Atoomenergie 1974 7/8).Gaat men nu na 300 jaar 1 kg. van dit "uraniumafval" vergelijken met 1 kg. kernsplijtingsafval,dan blijkt men het KSA tienduizend maal meer te moeten verdunnen dan het uraniumafval om dezelfde R.R.R. waarde te krijgen. Verder moet men in het oog houden dat de hoeveelheden water waar hier over gesproken wordt enorm zijn.

Dan is er nog het punt dat in het afval een aantal isotopen zitten,die een accumulatierisico hebben en waarvan het biologische gedrag niet of nauwelijks bekend is.

BIJLAGEN II EN III.

Alle bijlagen bestaan uit figuren, overgenomen uit:

J.Hamstra: Veiligheidsanalyse voor ondergronds in een zoutkoepel opbergen van radioactief vast afval,

zoals het is opgenomen in: Advies Uitgebracht door de Gezondheidsraad (1975).

- BIJLAGE II: Een doorsnede van de barrières tussen radioactief afval en biosfeer. Het water dat zich binnen de kring van de biosfeer bevindt behoort tot het z.g. hydrologische systeem.

- BIJLAGE III: Dit schema geeft aan hoe men zich oorspronkelijk de opslag van diverse soorten afval in de zoutkoepels voorstelde.

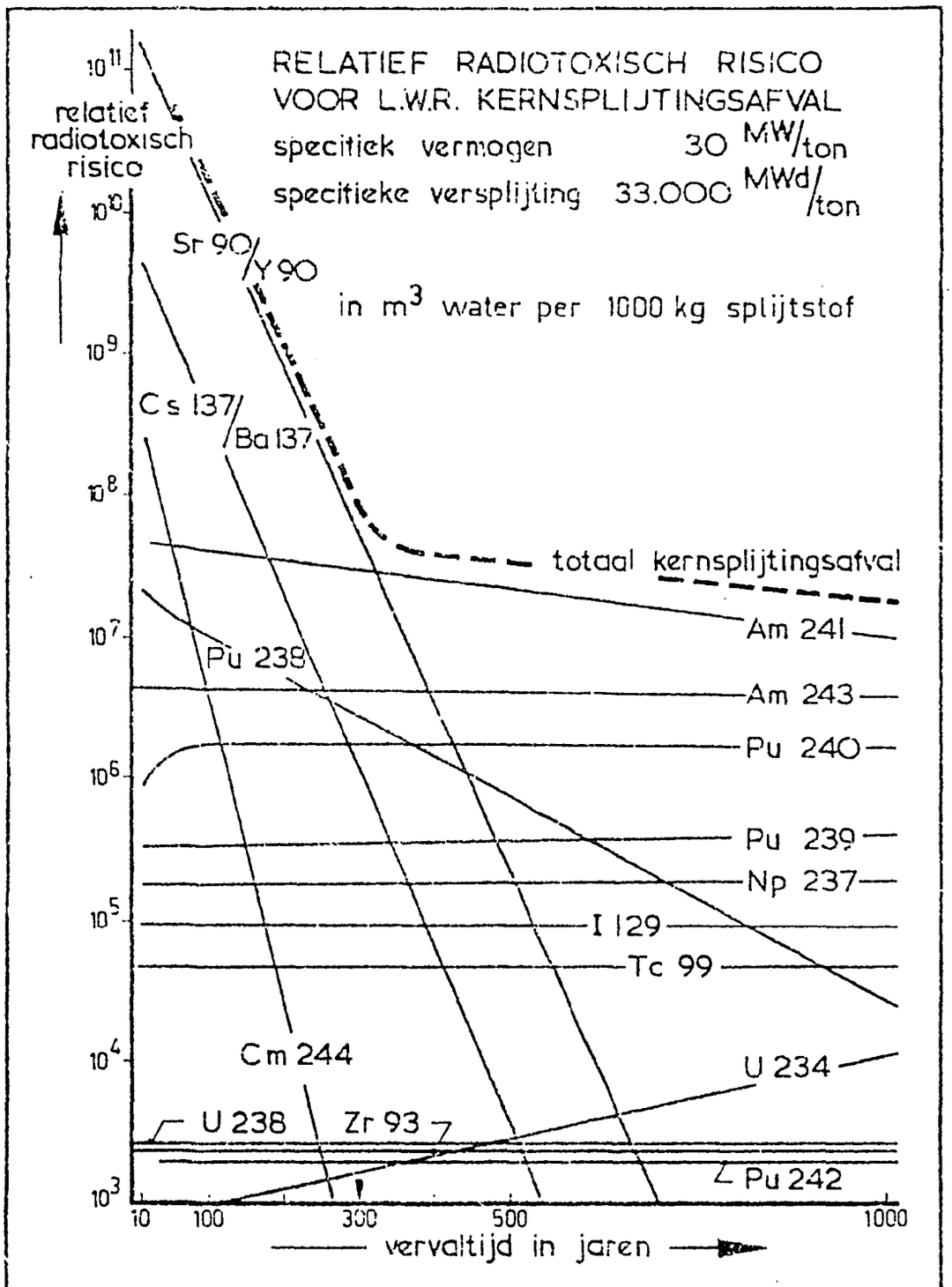


FIG 9

BIJLAGE I

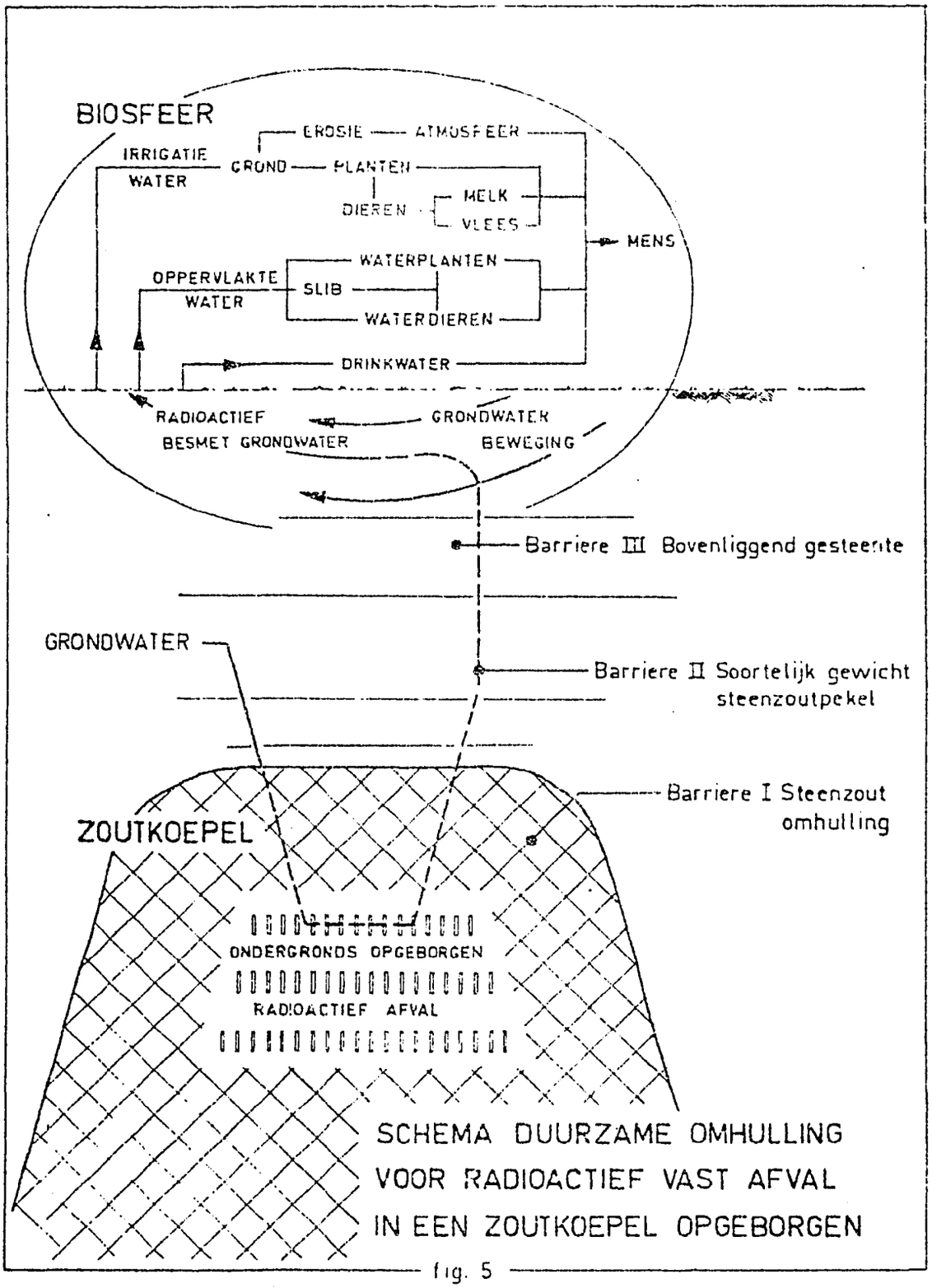
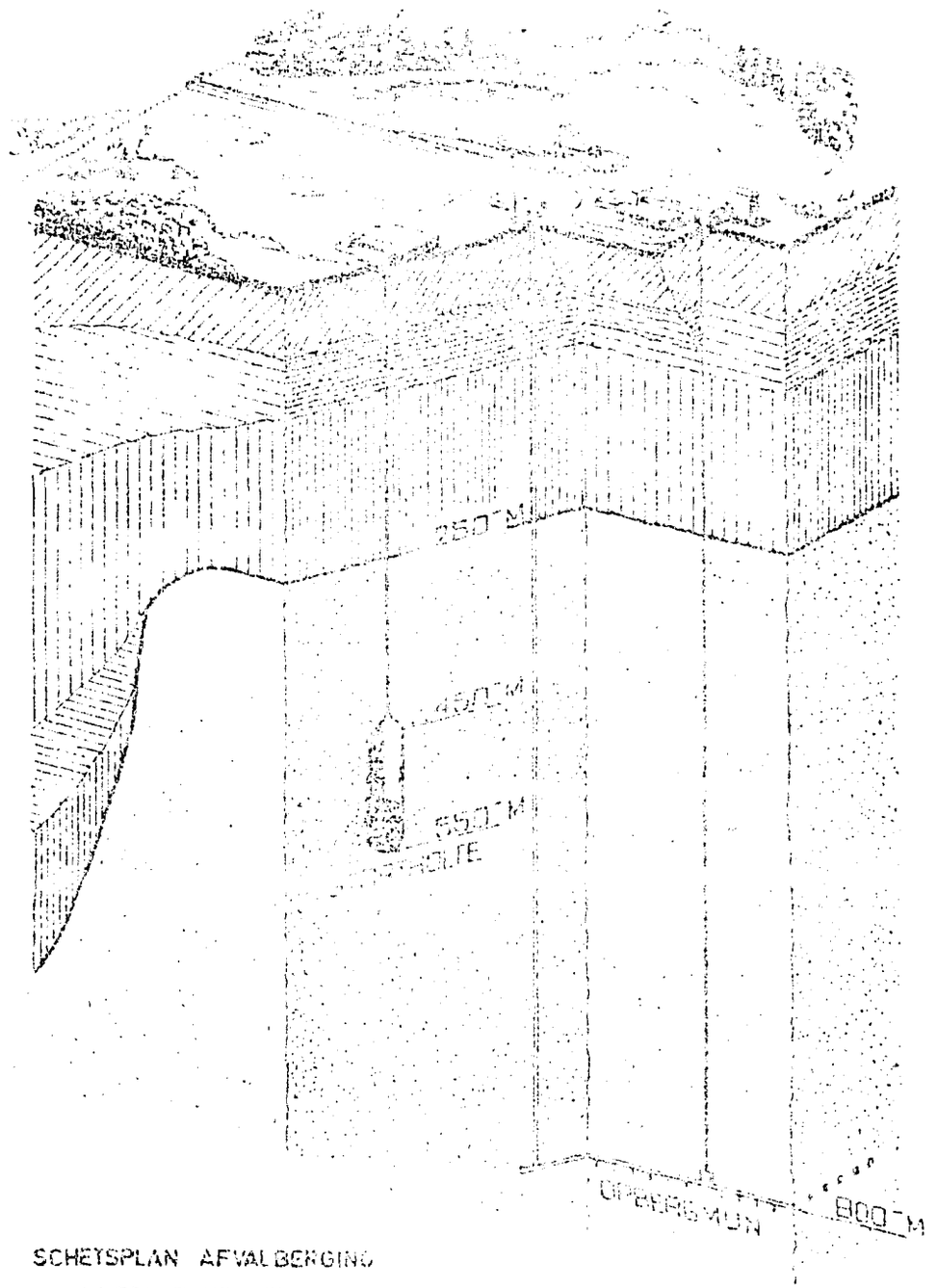

BIOSFEER
EROSIE
ATMOSFEER
IRRIGATIE WATER
GROND
PLANTEN
DIEREN
MELK
VLEES
MENS
WATERPLANTEN
OPPERVLAKTE WATER
SLIB
WATERDIEREN
DRINKWATER
RADIOACTIEF BESMET GRONDWATER
GRONDWATER BEWEGING
Barriere III Bovenliggend gesteente
GRONDWATER
Barriere II Soortelijk gewicht steenzoutpekel
Barriere I Steenzout omhulling
ZOUTKOEPEL
ONDERGRONDS OPGEBORGEN
RADIOACTIEF AFVAL
SCHEMA DUURZAME OMHULLING
VOOR RADIOACTIEF VAST AFVAL
IN EEN ZOUTKOEPEL OPGEBORGEN

fig. 5

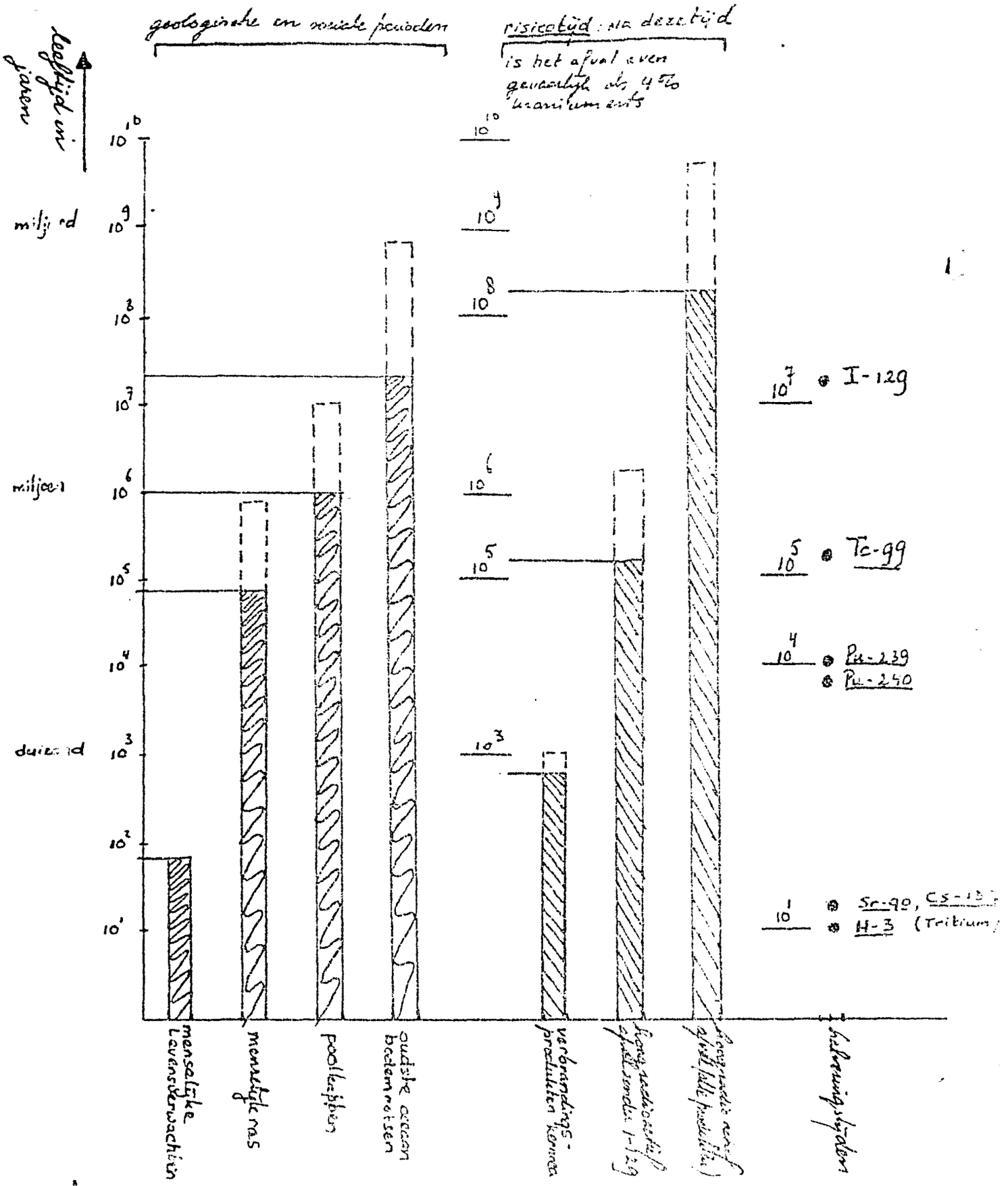


SCHETSPLAN AFVALBERGING
IN EEN ZOUTKOEPEL

FIG. 1

BIJLAGE III

Tijdstabel, overgenomen uit G.I. Rochlin (ref. 6)



HOOFDSTUK 6

ONGELUKKEN

INLEIDING.

Voorstanders van kernenergie zeggen dat alles erg veilig is, zoniet het veiligste ooit ontwikkeld, en dat tegenstanders overdreven bang ervoor zijn.
De kerncentrale bijvoorbeeld is erg veilig, en de kans op een ernongeluk, als gevolg van het uitvallen van het koelsysteem, wordt geschat op 10^{-8} tot 10^{-10} per reactorjaar.
Deze getallen worden dan vergeleken met andere kansen, als het inslaan van een meteoriet, of het neerstorten van een Boeing-747 op een vol voetbalstadion.
Maar de mensen zien, als ze deze kansen berekenen, een paar feiten over het hoofd, nl. dat ze alleen kijken naar de kans dat de techniek faalt. Menselijk falen of kwaadwillendheid worden hier niet in verdisconteerd.
Het zijn nog altijd mensen, die op de verschillende knoppen moeten drukken, en dat zijn geen supermensen, die precies het goede op het goede moment doen. De kans op menselijk falen is niet in een getal uit te drukken, zodat de getallen hierboven gegeven niet veel meer betekenen.
Ook is het zo, dat men natuurrampen vergelijkt met ongelukken veroorzaakt door mensenhandelingen.

Een meteoriet is een natuurgegeven. Als die naar beneden komt, kun je alleen maken dat je weg komt. Wij kunnen echter besluiten zo'n kerncentrale waardoor een grote ramp kan optreden, maar niet te bouwen.

In de volgende bladzijden wil ik wat ongelukken op een rij zetten, en laten zien dat ze altijd wel voor zullen komen.

Het stuk is te verdelen in vier delen:

1. Ongelukken bij het produktieproces, nl. bij de uraniummijn, de de centrale en de opwerkingsfabriek.
2. Ongelukken tijdens transport van radio-actief materiaal.
3. Ongelukken tijdens de opslag ervan.
4. De W&J-aspecten.

I. ONGELUKKEN TIJDENS HET PRODUKTIEPROCES.

Ia. De uraniummijn.

De uraniummijn is het begin van het produktieproces. In de mijn wordt uit het erts uranium gehaald: 1 ton erts levert ongeveer $2\frac{1}{2}$ kg uraniumoxide (UO_3). De rest blijft worden bij de fabriek gedumpt.

Ook al sluit de fabriek, de mijn, het afval blijft liggen. Men heeft eens berekend, dat als een grote hoeveelheid in de rivier terecht zou komen, de concentratie van bv. radium-226 op loopt tot wel 70 pgr/liter, terwijl de maximaal toegestane concentratie 3 pgr/liter is. ($t_{\frac{1}{2}}$ van radium-226 is 1622 jaar). (pgr. = 10^{-12} gr.)
Andere mogelijke isotopen zijn polonium-210 en radon-222 (ref. 1).

Door menselijke laksheid, nl. het dumpen van het afval in de buitenlucht, kan het milieu ernstig in gevaar komen.

Ib. De kerncentrale.

Ib.1. De kerncentrale is zo gebouwd dat hij op zijn veiligst werkt. Door voortdurende controle van het primair koelsysteem en het testen van het noodkoelsysteem en meetinstrumenten, kan men eventuele haarscheurtjes en andere oorzaken van ongelukken direct opsporen en teniet doen door passende maatregelen.

Verder wordt door vier barrieres voorkomen dat radio-actief materiaal in het milieu zou komen:

1. de splijtstofstaaf zelf
2. de bekleding van de splijtstofstaven
3. het primaire koelsysteem
4. de reactorwand. (ref. 2)

Met andere woorden: er moet al iets ontzettend mis gaan, wil er radio-actief materiaal in het milieu terecht komen.

De kerncentrale loost voortdurend radio-actief materiaal in het milieu, door routine-lozingen en door kleine ongelukken. Als je als kritisch toeschouwer daar op wijst, krijg je als antwoord datde routine-lozingen onvermijdelijk, maar verwaarloosbaar wat effekt betreft zijn. De ongelukken worden afgedaan met de woorden, dat gebeurt toch nooit. Bij anderen wel, door bv. gebrekkige techniek, personeel ed..

Routinelozingen: met het koelwater en via de schoorsteen komt radio-actief materiaal in het milieu terecht. Men loost oa. H-3, I-129 I-131, Kr-85, Xe-133 en Xe-135.

De AEC (= Atomic Energy Committee) zegt dat het technisch en economisch mogelijk is om de stralingsdosis op het buitenterrein van de kerncentrale beneden de 5 mrem/jaar te houden. (ref. 2)

Het bedrijf Westinghouse Electric zegt dat de maximale dosis in de omgeving van een kerncentrale, volgens eigen ervaringen 0,002 mrem/jaar is, maar Sternglass zegt heel wat anders: bij normaal bedrijf van de reactor Dresden, bij Chicago, werd op een afstandvan

1 km een stralingsbelasting gemeten van 114-350 mrem/jaar! De radio-activitieve pluim kon tot op een afstand van 15 km nog worden gedetecteerd,wat een stralingsbelasting van 22 mrem/jaar oplevert(ref.3).

De ICRP (International Commission on Radiological Protection) gaf in 1972 de volgende normen:

geslachtsklieren,actieve beenmerg,hele lichaam.....0,5 rem/jaar
huid,botweefsel,schildklier volwassene.....3 rem/jaar
schildklier kind tot 16 jaar.....1,5 rem/jaar
handen en onderarmen,voeten en enkels.....7,5 rem/jaar
alle andere organen.....1,5 rem/jaar

De ICRP gaat ervan uit dat er geen drempeldosis is, dwz. dat er geen dosis is,waar beneden geen schade ontstaat aan levend wweefsel.(ref.2)

Elke verhoging van de stralingsdosis moet dus vermeden worden. Vergelijk dit met de uitspraken,dat de kerncentrales maar weinig straling toevoegen aan de natuurlijke straling,en dus onschadelijk zijn, dan zie je een soort van goed praten van die centrales.

Ib.2 Het ergste ongeluk

Mocht door een ongeluk het koelsysteem uitvallen,en de temperatuur in de brandstofstaven stijgen,dan zal de reactie direct stoppen,en het noodkoelsysteem in werking treden.Geen enkel gevaar aanwezig dus.

Het wordt pas penibel,als het noodkoelsysteem,de ECCS (= Emergency Core Cool System),niet zou werken.

De AEC (=Atomic Energy Commission) besloot in 1963 een proefreactor te bouwen om de effecten van zo'n ongeluk (uitvallen koelsysteem) te bestuderen.Dit werd de LOFT-reactor in Idaho. (LOFT=Loss Of Fluid Test)

Eerste tests in het klein toonden dat de ECCS niet zo goed werkte. De koelvloeistof kwam niet bij de verhitte staven,door vorming van gasbellen en het uitzetten van de staven.
Na een tijd kwam de AEC met een rapport,waarin stond dat er vaker gecontroleerd moest worden in de centrales,zodat de kans dat de ECCS gebruikt moest worden kleiner zou worden (ref. 4).
Nadat de tests tijdenlang werden opgehouden,door diverse redenen,zette de AEC in 1972 een punt achter het project:het riep meer vragen op, dan het beantwoordde.

Mocht bij het uitvallen van het koelsysteem de ECCS weigeren,dan blijft de temperatuur in de brandstofstaven stijgen,ook al is de reaktie gestopt.De warmte blijft nog een tijdje vrijkomen.De brandstofstaven smelten zich dan een weg naar buiten toe,het milieu in.

De AEC heeft in 1957 een studie verricht,waarbij men ervan uitging dat bovenstaand ongeluk in een kleine centrale zou gebeuren.Ze berekenden een totaal van 46.400 ziektegevallen,waaronder 3400 met dodelijke afloop.

De meest bekende recente studie over de risico's van een dergelijk groot ongeluk met een grote kerncentrale is het zogenaamde Rasmussen rapport. In dit rapport zijn de kansen en gevolgen van een groot ongeluk berekend voor één van de eerste honderd kernreactoren.

De gevolgen zijn afhankelijk van het weer, de windrichting, bevolkingsdichtheid en evacuatiemogelijkheden. In het ergste geval, met een kans van een op de 10 miljoen reactorjaren, zouden de gevolgen op korte termijn 3300 doden en 45000 zieken opleveren, op lange termijn 45000 doden en 248.000 zieken (noot 1).

Dankzij het gebruik van gemiddelde bevolkingsdichtheden zijn dit optimistische cijfers. In een dichtbevolkt gebied als Randstad Holland zijn er in het ergste geval op korte termijn 1 miljoen zieken te verwachten, waarvan er 140.000 tot 350.000 direct dood gaan, afhankelijk van de evacuatiemogelijkheden.

Het meest karakteristieke van een groot reactorongeval zijn de lange termijn effecten ten gevolge van de besmetting van het land.

Ongeacht de weersomstandigheden wordt er een twintig km. brede en enkele honderden km. lange strook onbruikbaar voor bewoning, agrarische en industriële doeleinden. (noot 2)

noot 1 - Reactor Safety Study, WASH-1400, Nuclear Regularity Commission (okt, 1975)
Zie: M.Nash, " Rasmussen Rapport is demolished by Union of Concerned Scientist".
-Not Man Apart_ Mid feb. '78 vol. 8 (3), p. 5-20

noot 2 - G. van Dijk en W.Smit, Kleine Kansen, Grote Gevolgen,
- TH Twente Enschede 1977

Ib.3 Voorbeelden van ongelukjes.

De waarschijnlijkheid van kleine ongelukken is veel groter dan die van een ongeluk op de vorige bladzijde genoemd. Kleine ongelukken ontstaan oa. door onachtzaamheid van het personeel, of door materiaalmoeheid.

Voorbeelden:

1. Windscale, UK, 10 okt. 1957. In het reactorvat liep de temperatuur veel te hoog op, waardoor er een aantal brandstofstaven smolten, en er brand ontstond. Grote hoeveelheden radioactief materiaal werd in de omgeving geloosd. Een gebied van 530 km^2 en een kuststrook van 50 km waren ernstig besmet.

   Geloosd was : 20.000 curie I-131
   12.000 curie Te-132
   600 curie Cs-137
   80 curie Sr-89
   2 curie Sr-90 (ref. 2).

   De melk, die de koeien in dat gebied gaven, mocht een maand lang niet gedronken worden.

2. Tijdens de construktie vande derde centrale van het Browns-Ferry-complex van de Tennessee Valley Authorotty, Tenn., USA. Doordat iemand met een kaars een lek in de leidingen ging controleren, ontstond er brand, waardoor 2 van de 3 noodkoelsystemen niet meer werkten.

3. Pleasanton, Calif., USA. Bijna een ongeluk. Men dacht dat de reactor 800 meter van de Verona-breuk afstond, maar dat bleek maar 60 meter te zijn. Na de ontdekking van dit schokkend gegeven werd de reactor gesloten (ref. 6).

4. SL-1, Idaho, USA. Jan. '61. Door een bedieningsfout werden door een lozing van radio-actief materiaal (80 curie I-131, 0,5 curie Cs-137 en 0,1 curie Sr-90) drie man van het personeel gedood. (ref. 2).

5. St. Laurent des Eaux, Fr. 17 okt. '69. In deze CO_2-gekoelde grafietreactor kwam door een serie bedieningsfouten 50 kg uranium met splijtingsprodukten in gesmolten vorm in het primaire koelsysteem. Dit duurde tot oktober '70. (ref.2).

Er wordt van uitgegaan, dat de materialen van de reactor optimaal van kwaliteit zijn, maar het zijn produkten van mensen, die ook wel eens een fout maken.

In de Rochester reactor in New York werd ontdekt, dat een deel van de brandstofstaven gebroken of verbogen waren, en dat ze niet helemaal gevuld waren met brandstof. De AEC had toen de keus tussen de reactor een tijdje sluiten of gewoon doorgaan. Ze hebben het laatste gekozen, met de motivatie dat de kans op een ongeluk erg klein zou zijn. De gevolgen daarentegen zouden erg groot geweest zijn.

Een technicus zei, dat men niet wist wat de invloed van straling en

hitte op deze brandstofstaven zou zijn,en wat ze zouden doen.

Deze gebreken werden ook in vier andere reactoren geconstateerd. Allen werden van brandstof voorzien door de Westinghouse fabriek.

De reactorleiding zegt dat het de fout van de fabriek is ,dat die de staven niet goed gevuld heeft.De fabriek daarentegen zegt dat het aan de staven zelf ligt,dat nog onvoldoende onderzocht is wat het effekt van druk,straling en hitte op die staven is.Het zou dus overal kunnen gebeuren! (ref. 8).

Rocky Flats,Colorado,11 mei '69.Door een brand in de LMFBR (=Liquid Metal cooled Fast Breeder Reactor) werden de technici op het idee gebracht,dat plutoniumlozingen niet tot de onmogelijkheden behoorden. want er was 5 curie op de bodem en in het water terecht gekomen (ref.1). Door misschien een te hoge dunk van zichzelf had men daar zeker nooit aan gedacht.

Er zijn natuurlijk wel voorschriften voor alles wat men moet doen in de kerncentrale,maar de mens heeft wel eens de neiging om hiermee de hand te lichten.Het kan ook zo zijn,dat als er nooit wat gebeurt, de aandacht verslapt.De deskundigen zien dit wel eens over het hoofd.

De bewaking van kerncentrales is ook niet alles.Er zijn voorbeelden bekend,dat mensen zo met een tas de reactor binnen konden gaan,zonder dat hun gevraagd was wat er in die tas zat (zie tabel 1) .
Eén keer zelfs was de poort open,toen een inspecteur van de AEC kwam controleren.

De beveiliging is afhankelijk van degenen die het moeten uitvoeren.De vraag is zijn deze mensen betrouwbaar,hebben ze geen contacten met ondergrondse organisaties en denken ze wel zoals ze moeten denken? In Engeland heeft de MI5 (een afdeling van de geheime dienst) zijn handen vol aan het uitzoeken van die dingen.

I .4 Kalkar-ongeluk

Weer een heel ander geval is de snelle-kweekreactor,zoals die in Kalkar komt.Deze reactor produceert uit ongeveer vijf kg. U-238 drie kg.Pu- 239.

In tegenstelling tot in een gewone reactor,is in een kweekreactor een ontploffing als van een atoombom mogelijk (ref. 9)

Volgens Webb, een kernfysicus * zou bij een dergelijke ramp in de Kalkar-reactor een gebied van zo'n 160.000 km^2 ontruimd moeten worden. Er zou dan oa. Pu vrijkomen,wat extreem giftig is, en een zeer lange halfwaarde tijd heeft ($t_{\frac{1}{2}}$ is 24.000 jaar).

Samengevat: kerncentrales zijn veiliger dan U denkt!

*- Webb is een specialist op het gebied van berekeningen van veiligheidsfactoren bij kerncentrales.

TABEL 1 , ONGELUKKEN.

0 okt. 57 ,Windscale,Engeland.Brand in de reactor,waarby de uranium-houders bezweken.Een groot gebied(530 m^2)werd zo besmet met o.a. jodium-131,telluur-132,cesium-137,strontium-89 en strontium-90.Samen zo'n 32685 curie.
De maximale dosis gemeten in de omgeving was 16 rem in de schildklier van een kind.Het personeel had een gemiddelde dosis van 3-4,7 rem over het hele lichaam.
De melk die de koeien in de buurt gaven,mocht een maand lang niet gedronken worden.(ref. 2)

`57 ,Calder Hall reactor,Cumberland,UK.Een inbraak.(ref.7)

jan. `61 ,SL-1 reactor,Idaho,USA.Door een bedieningsfout werden door vrykomend radioactief materiaal 3 man personeel gedood.
Een deel van het vrygekomen materiaal kwam in het milieu terecht:80 ci jodium-131,0,5 Ci cesium-137 en 0,1 Ci strontium-90,maar omdat de reactor in de woestyn stond bleef de schade beperkt. (ref.2).

okt. `66 , Fermi-reactor,Detroit,USA.In de reactor blyken 2 splytstofelementen gedeeltelyk gesmolten te zyn.(ref.2).

nov. `66 ,Bradwell reactor,Essex,UK.Diefstal van 20 uraniumstaven.(ref.7

jan. `69 ,Lucens,Zwitserland.Door het wegvallen van de gasdruk in het koelsysteem,werd een verhoging aan radioactiviteit geconstatee in de reactorhal.Geen schadelyke gevolgen geconstateerd.(ref.2

mei `69 ,Reactor in Illinois,USA.Tydens de bouw werd een bom gevonden.(

mei `69 ,Snellekweekreactor,Rocky Flats,Colorado,USA.Een brand bracht de techniciop het idee dat op zo'n manier wel eens plutonium vry zou kunnen komen.Er bleek 5 Ci aan radioactief materiaal in de omtrek terecht gekomen te zijn.(ref 1).

okt. `69 ,St. Laurent des Eaux,Frankryk.In deze $CO_2$-gekoelde grafietreactor kwam door een serie bedieningsfouten 50 kg uranium met splytingsprodukten in gesmolten toestand in het primaire koelsysteem.Dit duurde tot oktober `70.(ref.2)

sept.`67 ,Fermi-reactor,Detroit,USA.Door verstopping in het koelsysteem kwam wat radioactief materiaal vry in de reactorruimte.Geen lid van het personeel had een te hoge sralingsdosis gekregen.

`68-`71 ,West Valley,USA.Omdat de opwerkingsfabriek goedkoop gebouwd moest worden,gebeurden een hele serie ongelukken,als ongeplande lozingen,brandjes e.d.Door het kapotgaan van een filter kwam een grote gaswolk met radioactief materiaal vry.De gemiddelde jaarlykse stralingsdosis voor het personeel was in 1968 2,74 rem,en in 1971 7,15 rem.(ref.5).

.`69-71 ,Lawrence Research Lab.,Calif.,USA.Op de reactor werden 7 pogingen tot brandstichting uitgevoerd.(ref.7).

apr. `70 ,Berkeley reactor,Gloucestershire,UK.Door een ontevreden werknemer werden draden doorgeknipt.(ref.7)

apr. `70 ,Wylfa reactor,Anglesey,UK.Delen van het instrumentarium vernield,endraden verplaatst of doorgesneden.Verder veel ander vandalisme van `68 tot `70.(ref.7)

sept. `70 ,Point Beach reactor,Wisc.,Usa.Staaf dynamiet ontdekt by de reaktor.Geen schade gemeld.(ref.7)

`70 ,Windscale,UK.In de opwerkingsfabriek ondstond een kettingreactie door opeenhopen van splytstof.Dit was het twaalfde soortgelyke ongeluk in d wereld.(ref.5)

mrt. `71 ,Springfield brandstoffabriek,UK.Daar werden 5 uraniumstaven vermist.Of ze waren verdwenen tydens transport,of ze waren al gestolen uit de Wylfa reactor in Anglesey.(ref.7).

2 mei `71 , Donner Lab.,Calif.,USA.Poging tot brandstichting.(ref.7).

aug. `71 ,Vermont Yankee reactor,USA.Indringer betrapt.(ref.7)

4 nov. `71 ,Indian Point reactor,N.Y.,USA.Brandstichting door een vroegere werknemer.$5 tot $10 miljoen schade.(ref.7).

7 dec. `71 ,Stanford University versneller,Calif.,USA.Grote schade aangericht door 2 bommen. (ref.7).

5 juni `72 ,New York University reactor,USA.Inbraak.(ref.7)

okt. `72 ,Brandstoffabriek,Calif.,USA.Anonieme melding,dat er 3 trommel met explosieven in de fabriek stonden.Na ontruiming niets gevonden.(ref.7)

2 nov. `72 ,Oak Ridge reactor,Tenn.,USA.Kapers cirkelen met een vliegtuig boven de reactor,en eisen $10 miljoen,anders laten ze het vliegtuig op de reactor storten.Geen effekt gehad.(ref.7)

5 dec. `72 ,Dounreay reactor,Schotl.Melding dat er 2 pakjes waren achtergelaten met een zekere inhoud.Na ontruiming niets gevonden.(

juli `72 ,Rochester reactor,New York,USA.Ontdekking van mankementen aan de brandstofstaven.Sommigen waren verbogen,anderen gebroken.In een aantal staven was het brandstofpeil gedaald. Ook geconstateerd in andere reactoren.(ref.6).

5 mrt. `73 ,Oconee,South Carolina,USA.Inbraak in een opslagplaats voor brandstofstaven.Niets vermist.(ref.7).

5 mrt. `73 ,Atucha-1 reactor,Argent..Door een vryheidsbeweging overvalle Lichte schade gemeld.(ref.7).

2 apr. `73 ,General Electric,N.Y.,USA.Vermoedde brandstichting in hun Atomic Power Lab..Geen schade gemeld.(ref.7)

sept. `73 ,Windscale,UK.Een leeg verondersteld vat werd gevuld metzure organische vloeistof,waarna een reactie ontstond met het hete radioactief materiaal.35 arbeiders werden zo met ruthenium-106 besmet.Na dit ongeluk werd de afdeling gesloten.(5)

2 nov. `73 ,Turkey Point Reactor,Flor.,USA.Tydens een staking werden 100 incidenten met schade gerapporteerd.(ref.7).

22 feb. `74 ,Massachsetts,USA.Man beklom een 400 ft (122 m)hoge wachttoren by een reactor,en vernielde de zaak een beetje.(ref.7).

zomer `74 ,Zion reactor,Illinois,USA.Bomdreiging,waarvan een ontevreden werknemer werd beschuldigd.
Ook stonden vaak kleppen en schakelaars in een verkeerde stand,of faalden een aantal kleppen.Ook door een ontevreden werknemer? (ref.7).

zomer `74 ,Trojan reactor,Oregon,USA.Veel vandalisme tydens de bouw. (7)

22 aug. `74 ,Pilgrim-1 reactor,Mass.,USA.Brandbom,die lichte schade veroorzaakte. (ref.7).

4 sept. `74 ,Oak Ridge,Tenn.,USA.Poging om de omheining te doorbreken. (7)

sept.-okt`74,Bedryven van Bonneville,Wash.+oreg.,USA.14 koeltorens met dynamiet vernield,en 6 gesloopt tydens onderhandelingen over een soort afkoopsom van $1 miljoen.Daders zyn gearresteerd.(7)

30 jan. `75 ,Windscale,UK.Telefonische bomdreigingen. (ref.7).

23 feb. `75 ,Nuclear Fuel Services in Erwin,Tenn.,USA.Een inbraak.(ref.7)

4 apr. `75 ,Point Beach reactor,Wisc.,USA.Telefoondraad kapotgeschoten. (7)

3 mei `75 ,Fessenheim reactor,Straatsburg,Fr..2 bommen veroorzaakten veel schade,ook omdat er brand ontstond. (ref.7).

27 mei `75 ,Zion reactor,Illin.,USA.2 schoten afgevuurd op bewakers. (7)

jun. `75 ,Biblis reactor,W-Dld.Man draagt een Panzer-faust bazooka naar binnen,om het aan de direkteur te geven. (ref.7).

6 jun. `75 ,Framatome,Fr..2 bomaanslagen.De ene vernielde de hoofdcomputer in Courbevoie,de andere vernielde een werkplaats in Argenteuil.Bommen waren goed geplaatst. (ref.7).

23 jul. `75 ,West Valley.N.Y.,USA.Vermoedde brandstichting. (ref.7).

jul. `75 ,Brunswick reactor,North Carol.,USA.Man kon naar binnen met tas zonder veiligheidscontrole. (ref.7).

jul. `75 ,Quad Cities reactor,Illin.,USA.Een inspecteur van de NRC kon zo door een open,onbewaakte poort het reactorterrein opryden. (ref.7).

2 jul. `75 ,Kerr McGee Nuclear Corp.,Oklahom.,USA.Poging tot omheiningdoorbraak.(ref.7).

1 aug. `75 , Pickering reactor,Ontario,Can.Parlementslid draagt een tas mee naar binnen zonder dat die onderzocht werd. (ref,7).

15 aug. `75 ,Monts d'Aree reactor,Brennelis,Fr.2 bommen veroorzaakten zoveel schade dat de reactor gesloten moest worden. (ref.7).

25 sept.`75 ,Mass. inst. of Technics,USA.Poging om de omheining te doorbreken. (ref.7).

27 jan. `76 ,Three Mill Island reactor,Penn.,USA.Indringer klom een hek over,en betrad beschermd gebied.Niet gearresteerd. (ref.7)

10 nov. `77 ,reactor Rainer,Oregon,USA.Aanslag op de reactor,waarby alléen lichte materiële schade,zonder lekken ontstond.
Aanslag één in de ry van vele. (Haagse crt. 11-12-`77)

Ic. De opwerkingsfabriek

Ic.1. Algemeen,

In een opwerkingsfabriek worden de uitgewerkte brandstofstaven behandeld, en gezuiverd van uranium en plutonium, tenminste voor een groot gedeelte.
Ongelukken met gevolg dat er plutonium geloosd wordt zijn mogelijk.
In Windscale kregen 2 weduwen van personeelsleden een vergoeding, omdat hun echtgenoten door Pu-vergiftiging, beenmergkanker en een hersentumor kwamen en eraan stierven (ref. 10).

Het chemisch proces wordt goed bewaakt, en is erg veilig zegt men, en men wijst dan op alle veiligheidsmaatregelen, die genomen worden. Maar net als bij de reactoren, het zijn mensen die op de knoppen drukken en die maken wel eens een fout
Zo werd in Windscale een leeg verondersteld afvalvat gevuld met zure organische vloeistof, waarna een heftige reactie optrad met heet radioactief materiaal, wat er nog in zat. Hierdoor werden 35 werknemers met Ru-106 besmet. Naar aanleiding hiervan werd deze afdeling gesloten (ref. 5
Hanford, Washington, U.S., 30 aug. '76.
Door een ontploffing werden 18 werknemers besmet met een salpeterzure oplossing waarin m. Americium. (ref. 5).

Ic.2. Lozingen,

De opwerkingsfabrieken van Windscale en Cape la Hague mogen hun vloeibaar afval in de Ierse zee resp. het Kanaal loozen. Voor Windscale geldt een maximum van 25.000 curie per maand, voor Cape la Hague een maximum van 45.000 curie per jaar. (ref. 2).
In Windscale wordt [illegible] uitbreiding van het aantal afvoerpijpen.

Naast veiligheidsaspecten spelen ook economische aspecten een rol.

De opwerkingsfabriek van West-Valley, USA, moest zo goedkoop mogelijk gebouwd worden. Het resultaat daarvan was, dat er voortdurend ongelukjes als ongeplande lozingen en brandjes ontstonden. Door het kapotgaan van een filter ontsnapte een grote gaswolk met radio-actief materiaal.
De gemiddelde stralingsbelasting voor het personeel was in '68 2,74 rem/jaar, en in '71 7,15 rem/jaar. Vergelijk dit met de ICRP-normen van bladzijde 3. (ref. 5).

Ic.3. Gevaar,

Bij een opwerkingsfabriek bestaat de kans, dat een terroristische organisatie de fabriek overvalt en een hoeveelheid plutonium meeneemt, om daar een atoombom van te maken, en daar zo een regering mee te chanteren. Een paarstudenten hebben al een ontwerp gemaakt van een atoombom, waarvan de deskundigen zeggen, dat ze misschien wel zouden werken.
De aanwezige hoeveelheid plutonium kun je maar bepalen met een nauwkeurigheid

van 1 à 2%. Amerika zou vanaf '45 al meer dan 4 ton Pu+verrijkt U kwijt zijn (ref. 11). Het is gestolen, of het is er nooit geweest?

De opwerkingsfabriek brengt dus een grote hoeveelheid onveiligheid met zich mee.

II. Ongelukken tijdens transport van radio-actief materiaal.

IIa, Algemeen

Het transport is de zwakste schakel in de hele kernenergiecyclus. Het staat bloot aan diverse gevaren, als botsingen, kapingen en aanslagen. Volgens William Brobst (chef transport van de AEC) is de angst bij het publiek alleen een gevolg van het feit, dat het zo zichtbaar is. De angst leidt volgens hem tot reacties, die niet altijd logisch of redelijk zijn, maar de angst is werkelijkheid (ref, 12).
De heer Brobst zegt ook, dat de kans op een ernstig ongeluk even groot is als de kans, dat een Boeing-747 op een vol baseball-stadion stort (ref. 13).
Een andere schatting maakt Patterson: die zegt, dat er één ongeluk gebeurt op 10.000 ongelukken, dus 30 op de 300.000 .
Deze 30 kun je verdelen in:

17 ongelukken ., waarbij de verpakking nog intact is.
5 ongelukken ., waarbij de verpakking kapot is, maar dat er geen afval vrij komt
8 ongelukken.., waarbij er afval vrij komt.

Van deze 8 ongelukken zijn er 5, waarbij het afval in het voertuig blijft en 3 waarbij het afval in het milieu terecht komt.
De ongeluksfrequentie is 1 op de 100.000 . (ref. 13).
Het aantal vervoeren van vaten brandstof en afval van LMFBR's en LWR's zal stijgen van 30 in '70 tot 9500 in 2000. (ref. 13).
De AEC zegt, dat er sinds de Tweede Wereldoorlog geen geregistreerd ongeluk met dodelijke afloop, door lozing van radio-actief materiaal is geweest. (ref. 13).

II.b, Ongelukken

II.b.1 Schattingen van ongelukken.

Volgens een schatting van de heer Brobst is het effekt van een flinke lekkage bij een transport van uitgewerkte brandstofstaven als volgt: voor een individu op 30 meter afstand, is het na een uur dodelijk, en voor individuen op 50 meter krijgen ernstige ver-

wondingen. Tot op 30 meter in alle richtingen, en tot op 60 meter met de wind mee zou er een hoog stralingsniveau zijn, dat op 100 meter tot een niet-dodelijk niveau zou zijn gedaald.
De fysicus Ross zegt, dat als er bij een transport van 3,2 ton uitgewerkte brandstofstaven 2% van het aanwezige cesium zou vrijkomen, dat is 7500 curie, voor 2/3 deel Cs-134 en voor 1/3 deel Cs-137, de gevolgen op lange termijn zichtbaar worden: ernstig zieken of doden, op een afstand van één kilometer van het ongeluk.

De heer Brobst kijkt alleen naar de korte termijn, de doden die binnen één uur vallen, en de heer Ross betrekt ook de lange termijn in zijn beschouwingen. Dit laatste lijkt mij veel reëler, want invloed van straling op levend weefsel hoeft zich niet direct te manifesteren, dat kan na 1, 10 of 25 jaar.

Als chef transport van de AEC moet hij de mensen natuurlijk geruststellen, en dat kan niet als je zulke verhalen vertelt als de heer Ross doet.
Voorbeeld: Windscale, '74. Doordat tijdens transport 0,001 gram (!) gebruikte brandstof op de weg terecht gekomen was, moest deze weg over een lengte van 30 meter worden opgebroken, omdat men de weg niet zo goed kon schoonmaken als men wel had gehoopt (ref.5).

IIb.2 Veiligheid.

Het zwakke punt van het vervoer is de verpakking. Men stelt bepaalde eisen aan de containers. Ze moeten de volgende proeven kunnen doorstaan, zonder dat de inhoud vrij komt:

1. een val van 9 meter hoogte
2. een half uur lang een temperatuur van 800 °C
3. 24 uur in koud stromend water. (ref 2,5,13)

Je hoeft dus alleen maar te zorgen, dat je deze eisen overtreft, als je een aanslag wilt uitvoeren, zoals een anti-tank raket van 10 meter afstand afgevuurd.
Er wordt gewerkt aan sterkere tanks, die veel strengere eisen kunnen doorstaan.

Door opwerkingsfabrieken moet ook plutonium vervoerd worden. Dit gebeurt in twee vormen, nl. in de vaste vorm (PuO_2), en in de vloeibare vorm(Pu-nitraat).
Volgens de ERDA (=Energy Research and Development Administration) is de kans om gedood te worden door een ongeluk met een plutoniumnitraatvervoer even groot als de kans gedood te worden door een meteoriet, het is dus erg veilig (ref.14).
Tegen een goed voorbereide kaping doe je niets. Terroristische organisaties zullen wel belangstelling hebben voor zulke transporten.
In 1968 is er een schip weggeraakt met 200 ton uraniumerts aan boord, naar Israël ? (ref.11).

Tabel 2:hoeveelheid Pu dat vervoerd wordt, (ref.14),

	PuO_2	Pu-nitraat
hoeveelheid Pu per container	2,55 kg	2,00 kg
aantal containers per vervoer	39	50
afstand afgelegd per vervoer	1500mmijl	1500 mijl
ongelukswaarschijnlijkheid per mijl	$2,5 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-6}$
ongeluksfrequentie per ton Pu	$3,8 \times 10^{-2}$	$3,8 \times 10^{-2}$

IIb.3, Ongelukjes

Ook zonder aanslagen kan het mis gaan.Op een transport per spoor, bij Missoula,Montana,USA,rook de machinist vuur.
Nadat hij op onderzoek was uitgegaan,zag hij dat het bleek te woeden in een truck met het opschrift " Radio-active material".
Nadat de politie,de brandweer en de AEC gewaarschuwd en aanwezig waren, en nadat de AEC de hoeveelheid straling gemeten had (klein),brak de brandweer de auto open,en begon met water te blussen.Er stonden 74 kratten met ruw uranium,afval en staven te branden.
Plotseling trad er een explosieve gasreactie op,maar die werd met 378.000 liter water weer bedwongen.Er werd geen schade aan mensen gemeld. (ref.13).

Er wordt ook niet altijd gebruik gemaakt van speciaalvervoer.
In feb. '68,Calif.,USA,barstte in een vrachtwagen een vat met radioactief materiaal,en besmette de rest van de pakken,die in de truck stonden.De pakken werden door de chauffeur op diverse plaatsen afgeleverd,en het laatst kwam hij het pak brengen bij de fabriek,waar het voor bestemd was.Daar merkte men dat er iets mis was,en men begon meteen metingen uit te voeren bij de chauffeur en op de plaatsen,waar de pakken afgeleverd waren.
De chauffeur was besmet,maar niet ernstig,en hoewel men overal wel radio-activiteit kon opsporen,zag men geen besmetting bij andere mensen.
Deze mensen kregen wel het advies niet te dicht bij het pak te komen.
Een groot warenhuis,die ook zo'n pak gekregen had,gaf het direct weer terug,ze hoefden het niet meer.
Commentaar van de directie van de fabriek:het heeft weinig zin om zo'n chauffeur het gevaar uit te leggen,hij begrijpt er toch niets van.

III.Ongelukken tijdens opslag van radio-actief materiaal.

III.a.Opslag in stalen vaten.

Het opslagprobleem is moeilijk te overzien,omdat het afval eeuwenlang ongestoord ergens verstopt moet zitten,en omdat het gedrag van diverse materialen als metaal en zout onder invloed van hitte en straling in de tijd niet voorspeld kan worden.

In Amerika deed men het afval oa. in grote stalen vaten,die men dan in de grond groef.Deze moesten constant gekoeld en geroerd worden, want zonder koeling zou het vloeibare afval gaan koken,waardoor de wand zou barsten.Zonder roeren zou eventueel vast afval neerslaan,en op de bodem voor plaatselijke oververhitting kunnen zorgen.

Men heeft eens een berekening gemaakt aan de hand van een tussenopslag van uitgewerkte brandstofstaven,voor ze naar een opwerkingsfabriek gaan.Er zit en wel een paar overéénkomsten in met de opslag van afval.

De staven zitten in een gekoeld waterbasin.Op de eerste dag valt de koeling uit.

Na 1½ dag kookt het koelwater.

Na 8½ dag staan de staven droog.

Na 9dagen hebben de staven een temperatuur bereikt van zo'n 1700 tot 1800 °C,waarbij de staven en het beton van het koelbasin gesmolten zijn (ref.5).

Na twintig jaar begint de tank al te corroderen,dus dan zou het afval overgepompt moeten worden in nieuwe tanks,enzovoorts.. .

Maar men blijft oude tanks gewoon gebruiken.

In Hanford,nov. '63,zat er een lek in een tank met een inhoud van 3,78 miljoen liter,maar men bleef de tank gebruiken.De lek dichtte zichzelf na een tijdje.

Maar Hanford deed de tank nu nog voller als in het begin.In jan. '65 was er in die tank een explosie,maar hij bleef heel.In '68 is hij tenslotte uit bedrijf genomen (ref.15) .

Enkele getallen:

Van '62 tot en met '73 is in Amerika ongeveer 257.680 m^3 vast afval begraven op commerciële dumpplaatsen.

Dit is te verdelen in2,3 miljoen curie bijprodukten(radioisotopen uit centrales) , 0,6 miljoen kilo uranium en thorium,en 1200 kg speciaal kernmateriaal,waaronder U-233,U-235 en Pu(80 kg).

Van '62 tot en met juni '74 is ongeveer 1.189.300 m^3 afval begraven op federale dumpplaatsen.Hierbij was 1.027.900 m^3 vast afval,wat 18 miljoen curie bijprodukten,en 740 kg Pu bevatte.

Ook werd 5,3 x 10^8 m^3 vloeibaar afval opgeborgen,met 5 miljoen curie. (ref.16).

Een serieus probleem zijn de lekkages bij Hanford.
Op 9 juni '73 ontdekte men dat er een tank lek was. Na veel gereken kwam men er achter, dat deze al meer dan 1½ maand lek was voor het ontdekt was. Al die tijd had het gelekt met een snelheid van 9460 liter vloeibaar afval per dag, wat een totaal opleverde van 435.310 liter.
Hierbij was 40.000 curie Cs-137
14.000 curie Sr-90
4 curie Pu (ref, 15).

Men hoopte dat het niet in het grondwater of in een nabijgelegen rivier terecht zou komen. Maar ook al zou het in het water terecht komen, zo werd gezegd, het water zou blijven voldoen aan de drinkwaternormen. Men hoopte ook dat het Pu alleen in de bovenste laag van de bodem zou blijven zitten. Eventueel wegwaaien ervan werd niet ingecalculeerd. In één greppel werd ongeveer 100 kg Pu gevonden, wat men probeert terug te winnen. De opbrengst zou dan ongeveer $2.000.000 zijn. In andere greppels werd samen nog een dikke 200 kg Pu gevonden.

De gegevens over het vloeistofpeil in de tank, en de radio-activiteit buiten de tank werden altijd wel opgenomen, maar degenen die dat deden wisten niet wat de gegevens betekenden. Degene die dat wel wist keek er nooit naar, en liet ze op zijn bureau liggen.

Tussen '58 en juni '73 is door verschillende lekken al 1.601.200 liter vloeibaar afval weggelekt.

In aug. '58 ontstond een groot lek in een tank, resultaat was, dat er 132.490 liter afval weg was gelekt.
Op 6 juni '73 weer een lek, maar doordat er strengere veiligheidseisen waren, is er maar 5680 liter weggelekt. (ref. 15)

Tegenwoordig heeft men dubbelwandige tanks, waardoor voorkomen zou moet worden dat bij een lekkage het radio-actief materiaal direct in het milieu zou komen.

IIIb. Opslag in poreuze aardlagen.

Naast tanks worden ook poreuze aardlagen als dumpplaats gebruikt. Dit vloeibare afval wordt echter maar slecht bewaakt en behandeld. De poreuze steenlagen zijn nooit goed onderzocht, en men weet niet wat de eigenschappen van die lagen zijn. (ref. 17).
Mogelijke wegen naar het milieu zijn:

1. transport door het grondwater
2. transport door capillaire werking van het gesteente
3. erosie en aardbevingen (ref. 17).

Men moet eerst ervaring opdoen over hoe verkeerd het kan gaan, voor men het beter onderzoekt.
Maxey Flats.
Opslag begonnen in '63. In '72 werd een verhoging geconstateerd van de radio-activiteit in het milieu, waarna men in nov '73 met een onder-

zoek begon. In dec. '74 was het onderzoek klaar, en men was tot de conclusie gekomen, dat er H-3, Co-60, Sr-89, Sr-90, Cs-134, Cs-137, Pu-238 en Pu-239 geloosd was, maar dat er geen schade aan de menselijke gezondheid was aangericht (ref.16).
Holifield, Oak Ridge, Tenn., USA.
Het radio-actief afval staat verschillende maanden per jaar in contact met water. In de rivieren heeft men concentraties gevonden, die de maximaal toegestane benaderen. Na dit ontdekt te hebben, nam men maatregelen (ref.16).

IIIc. Opslag in zoutkoepels.

De opslag in zoutkoepels is volgens Virginia Brodine niet mogelijk omdat er nog geen koepel gevonden is, die veilig was voor grondwater (ref.1). PNO zegt daarentegen dat het wel kan, want hoe dieper je de grond in gaat, des te langzamer stroomt het water. Tot op een diepte, waar het water stilstaat, en niet meer mee doet aan de waterkringloop. Opslag op zo'n diepte kan dus wel.
Echter, door onzorgvuldige boringen kan dit water toch in contact komen met de waterkringloop, maar in Nederland is dat practisch niet mogelijk (ref. 17).

Conclusie: opslag blijft een probleem.

IV. Konklusie

Zoals te verwachten was vond ik dat de deskundigen elkaar tegenspraken, zie de kwestie van de opslag van afval in zoutkoepels.
De discussie met deskundigen wordt door hen gezien als een persoonlijke belediging, en een aantasting van de wetenschappelijke waardevrijheid.
Maar ze vergeten, dat zodra een wetenschapper zegt, dat kernenergie veilig is, hij geen wetenschappelijke uitspraak doet, maar een bediscusieerbare mening geeft.
De wetenschapper laat zich te veel leiden door de gedachte, dat wetenschappelijke objectiviteit omgezet kan worden in maatschappelijke objectiviteit.

De voorstanders van kernenergie zeggen daarom ook wel eens, dat alleen buitenstaanders, leken, gezondheidsapostelen en mensen die de vooruitgang willen tegenhouden, tegenstanders van kernenergie zijn.
Zelfs de Nobelprijs geeft geen bescherming tegen deze opmerkingen.

Men maakt kernenergie aanvaardbaar, door de risico's eraan verbonden te vergelijken met natuurgrootheden als meteorieten. De mens accepteert het gevaar ervan, en dus kunnen ze het gevaar van kernenergie ook

wel accepteren.

Als voorstanders zeggen,dat er geen schade aan levend weefsel is ontstaan,bij het één of ander ongeluk,dan kijken ze alleen naar de effekten op korte termijn,en niet de gevallen,die zich over 10 jaar zullen manifesteren.

De voorstanders zien bij een ongeluk,wat er fout gegaan is,en zegen dat het niet had mogen gebeuren,en dat de regels niet na nageleefd zijn,maar ondertussen is het toch gebeurd!
Men verschuilt zich achter de regels,alsof dan plotseling alle kansen op ongelukken nul worden,als je maar strenge regels bedenkt.Maar het zijn mensen die de fouten maken,en dat kun je niet zomaar met regels en normen voorkomen.
Algemene conclusie:wat fout kan gaan,gaat fout!

REFERENTIES.

1. "Radio-active contamination",Virginia Brodine,'75.
2. "Kernenergie em milieu",RCN/Kema,nov. '72.
3. "Voorrad op termijn",Ralph Graeub,blz. 91+92.
4. "Nuclear reactor safety:A new dilemma for the AEC",Robbert Gillette Science,9 juli '71.
5. "Opwerking van kernafval",Kl. Nienhuys ea,april '77.
6. "Algemeen Dagblad,7-11-'77.
7. "Nuclear sabotage",Michael Flood,Bull. of the Atom. Scientists,okt.'7
8. "Nuclear safety;damaged fuel ignites a new debate in AEC",Robbert Gillette,Science,28 juli '72.
9. "Ecological consideration and the fast breeder",A.S.Gibson,mei '71.
10. Economisch dagblad,18 nov. '77.
11. Elseviers weekblad,1 okt. '77.
12. "Transportation of nuclear materials:The state of state regulations", William Brobst,Nuclear News,feb. '75.
13. "Reactive cargoes:Record good,but the problems will multiply", Deborah Shapley,Science,25 juni '71.
14. Nuclear News,Science,25 juni '71.
15. "Radiation spill at Hanford",Science,24 aug. '73.
16. "Improvements needed in the land disposal of radio-active wastes... A problem of centuries",NRC/ERDA,12 jan. '76.
17. "Vooruitzichten tot ondergrondse verwijdering van afvalstoffen in Nederland",TNO,juli '73.

BIJLAGE 1, GEVAREN VAN EEN SNELLE-KWEEK REACTOR.

Snelle-kweek reactoren worden gekoeld met vloeibaar natrium. De reactie met water of licht verloopt explosief en produceert zeer veel warmte, het is al op een temperatuur van ongeveer 500 °C in het koelsysteem aanwezig; 4000 ton natrium is equivalent met bijna 9000 ton TNT wat energie-inhoud betreft.

De kans op een catastrofale breuk in het natriumcircuit is klein, maar het risico wordt sterk verhoogd doordat het stelsel niet in zijn geheel beproefd kan worden met een niet-nucleaire warmtebron, omdat het daarvoor te groot is.
Vooral de stoomgenerators, waar het natrium de reactorwarmte afstaat aan water om stoom te maken, vormen een kwetsbaar deel van het circuit.
Bij plaatselijke oververhitting in de reactorkern, bijvoorbeeld door een kleine verstopping, kan het natrium ter plaatse gaan koken. Aangezien de reactiviteit van een snelle reactor (die met snelle neutronen werkt) toeneemt met afnemende natriumdichtheid, zal de warmte-ontwikkeling op die plaats sterk toenemen, waardoor er meer natrium gaat koken enz...
Als dit proces niet zeer snel onderbroken wordt, zal de reactor smelten, hetgeen tot een reusachtige explosie leidt. De gevolgen van een dergelijke explosie, waarbij duizenden tonnen sterk radio-actief materiaal vrijkomt (!) laten zich nauwelijks raden."
Let erlijk overgenomen uit het blad Intermediair, van 7 okt. '77.
uit een artikel van J.W. Storm van Leeuwen:
"Naar een nieuw energiestelsel."

BIJLAGE 2, ONGELUK MET EEN SATELLIET.

Op woensdag 25 jan. '77 kwam het bericht, dat een Russische Kosmos-satelliet met een kernreactor aan boord in de atmosfeer terecht gekomen en verbrand is.
Het laatst was hij op de radar, boven Canada, en 2 minuten later ving een seismisch station een trilling op.
Met meetapparatuur ging men op zoek naar radio-activiteit, en een vliegtuig mat [illegible] een grotere hoeveelheid straling, dan verklaard kon worden. Maar een volgende meting leverde niets meer op, waarna men aannam dat de teller verkeerd stond. Volgens een Amerikaanse theorie is het hete materiaal in de bevroren grond gesmolten, waardoorhet niet meer op te sporen zou zijn.
Maandag 30 jan. kwamen er berichten, dat men in een afgelegen gebied brokstukken gevonden had, die misschien van de satelliet zijn. De stukken waren niet of nauwelijks radio-actief.

VERKLARENDE WOORDENLIJST.

Radioaktieve stoffen.

Als eerste het begrip radioaktiviteit. Een radioaktieve stof is een stof die straling uitzendt. Voor straling zie onder.

De uitgewerkte brandstofstaven van een kerncentrale bevatten behalve een restant brandstof nieuwe radioaktieve stoffen, die voor de verbruikte splijtstof in de plaats gekomen zijn. Dit zijn de zogenaamde splijtingsprodukten en transuranen. Splijtingsprodukten zijn radioaktieve stoffen met kleinere atoomkernen, de brokstukken van de splijtingsreakties. Dit zijn bijv. jodium-129, krypton-85, tritium (dat is een waterstofkern die een atoomgewicht heeft van drie i.p.v. één), strontium-90, cesium-137, ruthenium-106. Door allerlei bijkomende reakties ontstaan ook stoffen met ongeveer even grote of grotere atoomkernen dan uranium, bijv. de diverse soorten plutonium, americium en curium. Deze worden "transuranen" genoemd. Voor uranium en de transuranen samen gebruikt men soms de verzamelnaam "aktiniden". De meeste hiervan behoren tot de zogenaamde alfastralers (zie hieronder).

Isotopen.

Van verscheidene elementen bestaan meerdere isotopen. Deze hebben alle dezelfde chemische eigenschappen, maar het gewicht van hun atoomkern en hun halfwaardetijd (zie onder) verschilt. Elke isotoop wordt aangegeven door een getal achter de naam van het element, dat het gewicht van de atoomkern aangeeft. De atoomkern van jodium 131 is dus zwaarder dan die van jodium 129.

Halfwaardetijd.

De radioaktieve stoffen, die in het kernafval zitten, worden grofweg verdeeld in kort- en langlevende stoffen, afhankelijk van hun "halfwaardetijd". De halfwaardetijd is specifiek voor een bepaalde isotoop Het is de tijd waarin de radioaktiviteit van dat element tot de helft afneemt. Na twee keer de halfwaarde tijd is er nog een kwart, na tien keer de halfwaardetijd is er nog een duizendste en na twintig keer de halfwaardetijd is er nog een miljoenste van de oorspronkelijke hoeveelheid radioaktiviteit over. Afkorting: $t_{\frac{1}{2}}$.

Kortlevende radioaktieve stoffen hebben een halfwaardetijd van seconden tot ongeveer vijf jaar (bijv. ruthenium-106 en cesium-134). Voor deze stoffen duurt het dus tot honderd jaar totdat er een miljoenste van over is.

Onder langlevende splijtingsproducten wordt meestal verstaan stoffen met een halfwaarde tijd van een tiental jaren (bijv. tritium, krypton-85, strontium-90, cesium-137). Er zijn echter een aantal splijtingsprodukten zoals technecium-99 en jodium-129, die evenals de meeste aktiniden een halfwaardetijd hebben, die tussen een paar honderd en een paar miljoen jaar of langer ligt. Voor de meeste langlevende splijtingsprodukten duurt

het ongeveer 600 jaar totdat er nog een miljoenste van over is, maar voor sommige splijtingsprodukten en de meeste transuranen duurt het tienduizenden jaren tot 100 miljoen jaar of langer. Gedurende die tijd vormen ze een gevaar voor levende organismen en dienen ze van de biologische kringloop geïsoleerd te blijven.

Straling.

Radioaktieve stoffen verschillen niet alleen in halfwaarde tijd, maar ze geven ook verschillende soorten straling af. Er zijn drie soorten straling: alfa-, bèta- en gammastraling. De schade , die de straling in de weefselcellen veroorzaakt, is vooral een gevolg van de ionisatie van water. Het "ioniserend vermogen" is daarom een maat voor de schade die de radioaktieve straling kan aanrichten.

Alfa-straling bestaat uit heliumkernen, die een sterk ioniserend vermogen hebben. In lucht kunnen ze enige centimeters, in weefsels ongeveer 0,1 mm. doordringen.

Bèta-straling bestaat uit elektronen, die minder sterk ioniseren. Ze kunnen in lucht enkele decimeters, in weefsels ongeveer 1 centimeter doordringen.

Gamma-straling is een soort röntgenstraling, die vaak vrijkomt nadat een atoomkern alfa- of bètastraling heeft afgegeven. Gammastraling heeft een gering ioniserend vermogen,althans in vergelijking met alfastraling, maar een sterk doordringend vermogen: in lucht honderden meters, in weefsel 10 cm.. Als bescherming tegen de zeer intense gammastraling, die de uitgewerkte brandstofstaven van een kerncentrale afgeven, wordt vooral lood gebruikt, waarin deze straling 8 cm. kan doordringen, of beton

Curie.

Met de "Curie" wordt aangegeven hoeveel deeltjes van een willekeurige hoeveelheid stof per sekonde hun straling uitzenden. Als maat neemt men de aktiviteit van 1 gram radium, waarin per sekonde 37 miljard atoomkernen vervallen; anders gezegd, 1 Curie = 37×10^9 desintegraties/sekonde.

Het verschil tussen hoog-, middel- en laagaktief afval berust meestal op het aantal Curies/m^3. Zonder nadere aanduiding over de soort straling de halfwaarde tijd en het biologisch gedrag van de afvalstoffen zegt dit weinig over het biologisch gevaar van de inhoud. Het volgende voorbeeld illustreerd dat. 1000 Curie jodium-131 weegt 0,008 gram. De halfwaarde tijd van jodium-131 is 8,05 dagen, dat wil zeggen na een half jaar is de aktiviteit tot onder de 0,001 Curie gedaald. 1000 Curie jodium-129 weegt echter 5800 kilo. . De halfwaardetijd van jodium-129 is 16 miljoen jaar, dat wil zeggen na een half jaar is de aktiviteit nog steeds 1000 Curie, en het duurt 320 miljoen jaar tot de radioaktiviteit tot 0,001 Curie gedaald is.

Stralingsbelasting (dosis), rem, mrem en röntgen.

De stralingsbelasting of -dosis is de hoeveelheid straling, die iemand ontvangt. Hij wordt meestal uitgedrukt in "rem" of "mrem", dit is de afkorting voor millirem= 0,001 rem. Rem is de afkorting voor de Engelse uitdrukking "röntgen equivalent man", letterlijkvertaald betekend dat röntgen equivalent voor de mens. De röntgen is een maat voor het ioniserend vermogen van straling, rem is dus een eenheid voor het ioniserend vermogen van straling in menselijk weefsel. Hierbij wordt dan rekening gehouden met de energie van de straling (hoe meer energie straling bezit, des te meer kan hij ioniseren), het biologies effekt van de straling (hoeveel weefsel is aangetast en hoe ernstig is die aantasting), de tijdsduur (hoe langer iemand aan straling blootstaat, des te meer beschadigingen zullen er zijn opgetreden) en de hoeveelheid weefsel waarin straling ontvangen is. Wat is namelijk het geval als menselijk -en ook dierlijk- weefsel wordt bestraald? Als de straling in weefsel doordringt worden atomen in dat weefsel geïoniseerd. Dat wil zeggen dat de atomen in dat weefsel verstoord worden. Nu is het niet zo verwonderlijk dat als een aantal atomen in een cel van het lichaam aangetast worden, die cel ontregeld wordt. Die ontregeling van die cel kan funeste gevolgen hebben. In vrijwel alle weefsel kan die ontregeling leiden tot het ontstaan van kanker. Als het cellen zijn, die de geslachtscellen maken kan het leiden tot aangeboren afwijkingen bij het nageslacht.

Het biologies effekt van alfastraling is tien keer zo groot als van bèta- of gammastraling. Voor kortlevende radioaktieve stoffen kan het voldoende zijn de dosis van een maand of een jaar te berekenen. Voor langlevende radioaktieve stoffen zou men de dosis moeten berekenen, voor de hele periode waarin de stof zich in het lichaam bevindt, bijv. 30 of 70 jaar.

De hoeveelheid weefsel kan het hele lichaam omvatten of alleen een orgaan, zodat men spreekt over "lichaamsdosis" of over "longdosis" of "longbelasting", "huiddosis" en "belasting van de eierstokken" enz..

Men neemt meestal aan , dat er een lineaire dosis-effekt relatie is dat wil zeggen dat een kleine dosis gedurende lange tijd hetzelfde effekt heeft als een grote dosis gedurende korte tijd, en eveneens, dat een gemiddelde lage hoeveelheid stralingsenergie per gram in een groot stuk weefsel dezelfde schade geeft als een grote hoeveelheid per gram in een klein weefselgebiedje. Er zijn echter redenen om aan te nemen dat de kleine dosis gedurende lange tijd, en de grote hoeveelheid stralingsenergie per gram ernstiger effekt hebben, zodat de berekende dosis hoger zou moeten zijn (1). Dat laatste staat bekend onder de naam "hot particle" theorie, de hete deeltje theorie. Deze stelt dat een klein deeltje van een radioaktieve stof op een bepaalde plaats in het liehaam een veel ernstiger effekt heeft dan de zelfde hoeveelheid stralng verspreid over het hele lichaam. Deze theorie is ontwikkelt in de discussie over de gevaren van

plutonium, dat in hele kleine deeltjes in het milieu terecht kan komen, en als hele kleine deeltjes kan worden ingeademd, en dan in de longen grote schade kan aanrichten. Het valt echter moeilijk of niet wetenschappelijk te bewijzen welke van bovengenoemde aannamen al dan niet juist zijn (2).

Normen.

Men neemt aan dat elke hoeveelheid straling, hoe klein ook, schade veroorzaakt. Men kan wetenschappelijk, met een bepaalde mate van onzekerheid, berekenen hoe groot de schade kan zijn en de onzekerheid daarvan aangeven door een minimum en een maximum waarde.

De hoeveelheid schade, die men voor werknemers of voor de bevolking als "acceptabel" beschouwt, wordt aangegeven door de lozingsnormen voor radioaktieve stoffen. Deze wordt bepaald door technische mogelijkheden, om de lozingen te beperken, en economische en politieke overwegingen. Met andere woorden de lozingsnormen worden niet alleen beperkt door gezondheidsoverwegingen, maar ook door maatschappelijke.

De internationale commissie voor stralingsbescherming, de ICRP, hanteert als algemene richtlijn, dat de maximale dosis voor de bevolking 170 mrem per jaar, 5 rem in 30 jaar mag zijn. Hierbij wordt de natuurlijke achtergrond straling niet meegerekend (3). De Nederlandse gezondheidsraad vraagt als minimale waarborg, dat geen enkele omwonende van een kernenergiebedrijf in enig jaar in één ven de organen van zijn lichaam een dosis ontvangt van meer dan 30 mrem (4). Volgens de Commissie Reaktorveiligheid betekent dit dat de lozingsnormen voor gasvormige en vloeibare radioaktieve afvalstoffen zodanig moeten zijn, dat "in geen enkel jaar..... op de meest bedreigde plaats de dosis meer bedraagt dan 5 mrem voor het gehele lichaam, de gonaden (geslachtsklieren) of de bloedvormende organen, en 15 mrem voor de schildklier de overige organen of de huid. (5)

Volgens Amerikaanse richtlijnen van de Atoom Energie Commissie, de AEC, mag de stralingsdosis ten gevolge van gaslozingen van een kernenergiebedrijf voor omwonendentot op 80 km afstand niet meer dan 5 mrem in een enkel orgaan of in het hele lichaam bedragen. Voor grotere bevolkingsgroepen is de maximaal toelaatbare stralingsdosis 1 mrem.(6)

Op 1 april 1977 worden in de Bondsrepubliek nieuwe normen voor stralingsbescherming van kracht. Hierdoor wordt de maximaal toelaatbare stralingsdosisvoor de bevolking ten gevolge van gaslozingen van een kernenergiebedrijf 30 mrem.(7,8) Voor de lozing van radioaktief water is de maximaal toelaatbare dosis eveneens 30 mrem. In een "Ausserbetriebliche Uberwachungsbereich" mag de maximale stralingsbelasting 150 mrem/jaar bedragen. Het "bereich" is onbegrensd: een ruimtelijke definitie zoals de AEC hanteert ontbreekt. Tenslotte kan voor de tijd van één jaar de toelaat-

bare lichaamsdosis in bepaalde gevallen (ongelukken ?) tot 500 mrem per jaar verhoogd worden.

Splijtstofcyclus.

Onder splijtstofcyclus wordt verstaan het geheel van bewerkingen dat nodig is om , uitgaande van uraniumerts, energie te winnen en het afval weer veilig op te bergen.

De splijtstofcyclus valt uiteen in de volgende stappen:

1 Winning van uraniumerts in een mijn.

2 Verrijking van het uranium.

3 Brandstofstavenfabricage.

4 Verbranding in kerncentrales.

5 Tijdelijke opslag van het afval.

6 Permanente opslag van het afval.

Er is nog een tweede mogelijkheid om met het uranium om te gaan, dat is de opwerking van de verbruikte kernbrandstof. In de verbruikte brandstof staven zit nog ongeveer 30 % bruikbaar uranium. Dit kan "opgewerkt" worden en vervolgens weer in een kerncentrale verbrand worden. Van 4 in bovenstaand schema gaat het dan via een opwerkingsfabriek naar 2.

In een cyclus waarin ook het in de centrale gevormde plutonium teruggewonnen en weer gebruikt wordt liggen de zaken nog wat ingewikkelder. Nadat het uranium verbrand is in een centrale worden zowel het nog niet verbruikte uranium als het nieuw gevormde plutonium uit de brandstofstaven gehaald. Het uranium gaat naar de verrijkingsfabriek 2 waar het opnieuw verrijkt wordt. Vervolgens wordt het samen met het plutonium verwerkt tot het zogenaamde "mixed oxide fuel", de gemengde oxide brandstof. Deze naam dankt het aan het feit dat de brandstof nu bestaat uit een mengsel van plutonium- en uraniumoxide (UO_2 + PuO_2).

Aktiveringsprodukten.

Aktiveringsprodukten zijn voorwerpen, die van zichzelf niet radioaktiéf zijn, maar doordat ze een tijd lang aan straling hebben blootgestaan, dat wel zijn geworden. Alle dingen, die een tijd aan radioaktiviteit blootstaan worden zelf ook radioaktief. Dat komt doordat de atoomkernen straling invangen. Als zo'n atoomkern straling invangt verandert hij van een natuurlijk isotoop (zie boven) in een ander. Dat andere kan een natuurlijk isotoop zijn, en dan is het meestal wel in orde daar in de natuur radioaktieve isotopen in de loop van de miljoenen jaren wel tot een stabiel isotoop zijn vervallen. Maar het kan ook een niet stabiel isotoop zijn en dan is het voorwerp waarin dat atoom zit een beetje radioaktief geworden. Er zijn een heleboel voorwerpen, die in de loop van de splijtstofcyclus in aanraking komen met straling. Al die voorwerpen moeten ook ergens opgeslagen worden tot ze niet meer radioaktief zijn. De meeste dingen zijn zoiets als handschoenen die gebruikt zijn om een vat met radioaktief materiaal te pakken, of werkkleding van mensen die in een centrale werken.

Deze voorwerpen zijn over het algemeen maar licht besmet, en horen bij het laag aktief afval.

Maar, het zal geen verwondering wekken, dat onderdelen van een kerncentrale zelf niet tot het laag, en ook niet tot het middel, maar tot het hoogaktieve afval behoren. Als een kerncentrale een twintig tot dertig jaar in gebruik is geweest dan is hij op. Hij moet dan vervangen worden. Maar het hele gebouw waarin het reaktorvat stond is zelf zeer radioaktief geworden.

Referenties.

1 P. Boskma e.a., Kernenergie in diskussie, Boerderijcahier 7502, TH Twente, Enschede, december 1975, pag. III-1 en III-23.

2 A.M.Weinberg, Science and Trans-Science, Boerderijcahier 7602, TH Twente, Enschede, oktober 1976 pag 45-65.

3 Gezondheidsraad, Kerncentrales en Volksgezondheid, september 1975, pag 4.30.

4 Ref.7.,pag 4.47.

5Commissie Reaktorveiligheid, Advies over de veiligheidsaspekten van de splijtstofcyclus in Nederland, september 1975, pag 3 en III-66.

6 K.Bätjer e.a.,Arbeitsgruppe des Projektes SAIU an der Universität Bremen, Zum richtigen Verstandnis der Kernindustrie, Oberbaumverlag, 1975 pag 100.

7 Atomwirtschaft 21, 9/10, september/aktober 1976, pag 450.

8 Atomwirtschaft 21, 11 november 1976, pag 513.

9 Bundesverband Bürgerinitiativen Umweltschutz e.V. informiert: Strahlenschutzverordnung, april 1976.

Anhydriet: witachtig, vezelig mineraal dat uit watervrij calciumsulfaat bestaat.

Barrière: grondige, moeilijk doordringbare scheiding.

Bitumina: verzamelnaam voor brandbare minerale stoffen als asfalt, teer en aardolie

Bitumina prospects: bitumina, die men in de bodem verwacht aan te treffen.

Biosfeer: deel van de aarde waar leven (mens, dier, plant) voorkomt

Caprock: afschermende laag.

Concessie: vergunning, bewilliging, bv. tot het ontginnen van een mijn.

Corrosie: aantasting van metalen: verwering door wind en stromend water.

Dubbelfunktie: bekleden van een funktie bij twee ondernemingen of instellingen.

Extrapolatie: een reeks uitbreiden of voortzetten buiten het oorspronkelijke gebied, het verleden naar de toekomst bijv..

Faalkans: de kans op een mislukking.

Fysies-Chemiese interacties: wisselwerkingen tussen natuurkundige en scheikundige processen.

Geïsoleerd: afgezonderd.

Geofysika: wetenschap die zich bezig houdt met de natuurkundige eigenschappen van de aarde en haar atmosfeer.

Geologie: wetenschap die probeert na te gaan hoe de aardkorst is en hoe ze is ontstaan.

Hydrologie: bestudeert de waterhuishouding van de aarde, de watervorming en de waterbeheersing.

Inclusie: insluiting.

Irreversibiliteit: onomkeerbaarheid.

Inspraakprocedure: regeling voor belanghebbenden om hun stem of mening te laten horen.

Integraal: alles omvattend, met alles rekening houdend.

Matrix: schema, bv. voor getallen.

Migratie: verplaatsing.

Kriteria: hoedanigheden waaraan iets moet voldoen, maw. vereisten.

Parameter: een grootheid die verschillende waarden aan kan nemen.

Plasticiteit: de eigenschap hebbend een andere vorm aan te kunnen nemen.

Redoxreaktie: een chemiese reaktie, waarbij elektronen van de ene stof op de andere stof worden overgedragen.

Risiko-analyse: onderzoek naar de kans dat er gevaarlijke situaties op kunnen treden.

Seismies onderzoek: onderzoek dat gedaan wordt met behulp van trillingen.

Tektonies: verband houdend met bewegingen van aardlagen (bv. aardbevingen).

Verval warmte: warmte die vrij komt, als radioaktieve stoffen straling uitzenden, hetgeen ook wel vervallen wordt genoemd.

Stabiliteit: onveranderlijkheid.

Zoutkruip: bewegingen in het zout.

LAVA: laag aktief vast afval

MAVA: middel aktief vast afval

HAVA: hoog aktief vast afval

KSA: kernsplijtingsafval.

HLW: high level waste

AEC: Atomic Energy Commission

ERDA: Energy Research and Develpoment Administration

IAEA: International Atomic Energy Agency

ICK: Interdepartementale Commissie voor de Kernenergie (een interdepartementale commissie bestaat uit ambtenaren van verschillende ministeries)

RCN: Reactor Centrum Nederland, nu omgezet in ECN: Energie-onderzoeks Centrum Nederland

nEE

Collectie Stichting Laka
www.laka.org
Gedigitaliseerd 2021

omslag berto r.