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

WETENSCHAP & SAMENLEVING

78 7

RADIOAKTIEF AFVAL IN ZOUTKOEPELS?

Problemen met de opslag
Een groot ongeluk met afval
kernafval en kernwapens
Hoe breed wordt de energiediskussie

Gedigitaliseerd door LUKA
www.luka.org
Gedigitaliseerd 2021

bond voor wetenschappelijke arbeiders
verbond van wetenschappelijke onderzoekers

wetenschap en samenleving

Bond voor Wetenschappelijke Arbeiders
Verbond van Wetenschappelijke Onderzoekers

78/7, oktober 1978

INHOUD

prijs f 5,00
verzendkosten f 1,70

PROBLEMEN VAN KERNAFVAL

4 – **Herman Damveld**
Waarom radioaktief afval in zoutkoepels?

10 – **Klarisse Nienhuys**
Aspekten van de opslag van radioaktief afval

22 – **Herman Damveld**
Kerncentrales: De nationale monumenten van de toekomst?

28 – **Klarisse Nienhuys**
Een ramp met kernafval

36 – **Gerard Aupers**
Proliferatie van afval, opties, en kernwapens

42 – **Dirk Stemerding:**
Plutonium – Ook een milieuprobleem?

50 – **Jaap Jelsma**
Hoe breed wordt de maatschappelijke diskussie over (kern)energie?

57 – **Boeken en zo**
Wim Turkenberg over "Kernenergie in Nederland."

61 – **Klaas Schutter** Niet gedigitaliseerd
Duiven houden door Unilever.

64 – **Berichten.** Niet gedigitaliseerd

Losse nummers te bestellen door storten van f 6,70 op giro 22321 van VWO, Utrecht o.v.v. Afvalnummer W&S.

Problemen van kernafval

Begin 1976 ging de "oude" kernenergiegroep van het VWO uiteen. Kort daarna hebben wij, eveneens vanuit de VWO afdeling Groningen, een nieuwe werkgroep opgezet, aanvankelijk versterkt met leden van de "Werkgroep Kernenergie Noord Nederland". Het leek immers niet waarschijnlijk dat de kernenergiediskussie in Nederland zijn einde zou vinden in het regeringsbesluit (januari 1976) om de bouw van drie kerncentrales uit te stellen. Dit gold zeker niet wat betreft de opslag van radioaktief afval. De regering Den Uyl besloot o.a. tot een onderzoek naar de mogelijkheid dit afval op te slaan in zoutkoepels in het noorden van het land. Om deze reden, en ook gezien de thuisplaats van de werkgroep, werd het thema "kernafval" gekozen als onderwerp van studie. Sinds kort is de groep gefuseerd met een BWA-lid.
Aanvankelijk was de bedoeling in een rapport een overzicht te geven van de problemen rondom kernafval. Dit bleek echter een te grote kluif voor een groep waarvan voor praktisch alle leden geldt dat het werk voor de groep niet rechtstreeks kan worden gedaan in het kader van beroep of studie. Weer eens een aanwijzing hoe weinig dit soort aktiviteiten nog geïnstitutionaliseerd is. Daarom is gekozen voor een beperktere opzet: *het uitwerken van een aantal aspekten van de afvalproblematiek.* Wij zijn de W&S redaktie erkentelijk voor het beschikbaar stellen voor een nummer hiervoor, er voor de grote vrijheid die zij ons gegeven heeft voor de invulling van dit nogal "zwaar" uitgevallen W&S nummer. Maar het is nu eenmaal niet goed mogelijk precies aan te geven waar de problemen op dit terrein liggen zonder af en toe in te gaan op technische zaken. De artikelen vallen onder de uiteindelijke verantwoordelijkheid van de ondertekenaars, al zijn ze, het een meer dan het ander, mede neerslag van diskussies in de groep.
Damveld licht toe waarom de overheid voor de opslag van radioaktief afval aan zoutkoepels denkt: veronderstelde langdurige stabiliteit in het verleden. Maar het gaat uiteindelijk om stabiliteit voor de zeer verre toekomst. In de opzet van het voorgenomen onderzoek naar de geschiktheid van de koepels lijkt de uitslag al voorgebakken. De konklusie is dan ook dat dit onderzoek vooral een *politieke* funktie heeft. In een tweede artikel vestigt hij de aandacht op een tot nu toe verwaarloosd afvalprobleem: wat gaan we doen met afgeschreven kerncentrales? Laten we de oplossing hiervan maar over aan volgende generaties?
Nienhuys analyseert nader de faktoren die de stabiliteit van de koepels in de toekomst zouden kunnen bedreigen. De resultaten hiervan worden gelegd naast de Veiligheidsanalyse van het ECN (Petten). De konklusie is dat deze analyse op essentiële punten grote mankementen vertoont. Bovendien komt Nienhuys op aanzienlijk meer op te bergen afval uit dan officiële schattingen te zien geven. Haar tweede artikel beschrijft de gevolgen van een groot ongeluk met kernafval in Rusland. Dit ongeluk kwam onlangs in de belangstelling via de uitgeweken dissident Medvedev. De geloofwaardigheid en relevantie voor onze situatie van dit ongeluk worden met nieuwe feiten en argumenten onderbouwd.
Aupers ontzenuwt de nog steeds opduikende mythe dat het plutonium uit afval van reaktoren voor vreedzaam gebruik ongeschikt zou zijn voor de aanmaak van kernbommen. Het wel voorgestelde verdunnen ("denatureren") van plutonium met andere materialen biedt volgens hem ook geen waarborg tegen bomproduktie. Gevaarlijk omdat, zo laat hij zien, de belangstelling voor kernwapens in de wereld nog steeds levendig is.
Stemerding schrijft over het gedrag van plutonium in het (water)milieu, waarin het terecht kan komen via lozingen, lekkages uit afvalopslagen, ongelukken e.d. Hij stuit op zeer veel onzekerheden en konkludeert dat de stap naar een plutonium-ekonomie alleen al hierom een sprong in het duister is.

Jelsma tenslotte zet, in het licht van recente voorstellen voor een brede energiediskussie, een aantal (sombere) ervaringen nog eens op een rijtje en doet suggesties voor het vervolg van de diskussie. Wij hadden u graag, in het kader van de diskussie, in dit nummer ook kritisch komentaar willen voorleggen op onze artikelen. Opponenten ter zaken waren daartoe echter niet bereid, verwijzend naar ons gebrek aan originaliteit (Hamstra, ECN), of naar de opvatting dat met eigen studies het laatste woord is gezegd (Dietz, Subkommissie Radioaktieve Afvalstoffen). Het lijkt ons dat in de houding van sommigen nog wel eerst een en ander zal moeten veranderen voordat in Nederland ook maar van enige diskussie sprake kan zijn.

Werkgroep kernenergie

Kontaktadres voor de werkgroep is Herman Damveld, , Groningen.
Telefoon

Adressen

Enkele kontaktadrssen van aktiegroepen tegen de opslag van radioaktief afval:
Koos Levenga, , Borger
Wout Willemsen, , Gasselte
Gritinus Harms, , Eext
Mien Tulp, , Pieterburen
Allard ten Dam, , Groningen.

Waarom radio-aktief afval in zoutkoepels

In dit artikel zullen we de plannen om radioaktief afval op te slaan in zoutkoepels bespreken. Maar eerst stippen we de voorgeschiedenis aan, te beginnen bij de Energienota 1974 (1). In deze nota kondigt de minister van Ekonomische Zaken aan dat door de regering in beginsel is besloten om drie kerncentrales van elk 1000 MWe te bouwen. Het beginselbesluit is gebonden aan een aantal voorwaarden. De minister vraagt om drie studies over de veiligheid van kernenergie, daarbij inbegrepen de behandeling en opslag van radioaktief afval. De studies zijn in 1975 uitgebracht. Het rapport van de Gezondheidsraad bevat als bijlage een veiligheidsanalyse van de opslag van radioaktief afval in zoutkoepels. Eind 1975 vergadert de ministerraad over de vraag of de drie kerncentrales nu wel of niet gebouwd zullen worden. De beslissing wordt uitgesteld. Over het probleem van het radioaktief afval komt men wel tot overeenstemming. De ministerraad besluit "een integraal onderzoek in te doen stellen naar alle fasen van de verwerking van radioaktief afval. Daarbij zal ook het onderzoek naar de mogelijkheden tot definitieve verwijdering van het radioaktief afval met kracht worden voortgezet. Een in te stellen interdepartementale werkgroep zal tesamen 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 zoutformaties. Daartoe zal terzake nauw kontakt worden onderhouden met de betrokken provinciale en gemeentelijke autoriteiten". (2) Met het onderzoek werd de Sub-Kommissie Radioaktieve Afvalstoffen belast, een sub-kommissie van de Interdepartementale Kommissie voor de Kernenergie.

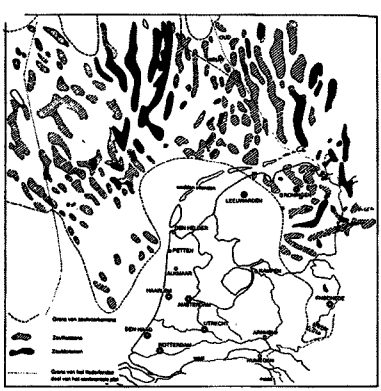
De keuze van 5 zoutkoepels

Het is niet zo, dat de ministerraad in een kreatief moment op het idee kwam dat steenzout in aanmerking komt voor de opslag van kernafval. Al eerder waren rapporten verschenen waarin steenzout als mogelijkheid werd genoemd. Zo heeft in 1973 de Rijksgeologische Dienst (RGD) op het verzoek van het Reaktorcentrum Nederland – het huidige Energieonderzoekscentrum Nederland ECN – een studie verricht naar steenzoutformaties die mogelijk in aanmerking zouden kunnen komen voor de opslag van laag- en

middelaktief vast afval. Aan de hand van seismische gegevens koos de RGD 11 zoutvoorkomens uit, die nog niet voor de winning van delfstoffen in gebruik waren. De gegevens over deze zoutvoorkomens zijn nader bestudeerd door de Sub-Kommissie Radioaktieve Afvalstoffen. Volgens deze Sub-Kommissie mag het afval niet op grotere diepten dan 1000 meter opgeborgen worden: bij opslag dieper dan 1000 meter zou het zout als gevolg van de gekombineerde effekten van temperatuurstijging en druk plastisch kunnen vervormen. Ook moet volgens de Veiligheidsvoorschriften van het Staatstoezicht op de Mijnen tenminste een veiligheidsdak van 200 meter maagdelijk steenzout boven en beneden de opbergruimte zijn.
Door deze eisen vallen er van de 11 zoutvoorkomens 5 af. Eén zoutkoepel bevindt zich in een gebied waarvoor een konsessie of boorvergunning is verleend. Derhalve blijven er 5 zoutkoepels over:
a. Gasselte-Drouwen, gelegen in de gemeenten Borger en Gasselte
b. Schoonlo, gelegen in de gemeente Schoonlo
c. Pieterburen, gelegen in de gemeente Eenrum
d. Onstwedde, gelegen in de gemeente Stadskanaal
e. Anlo, gelegen in de gemeente Anlo.
De zoutformaties Gasselte-Drouwen en Schoonlo lijken wat beter geschikt dan de overige drie, die onderling gelijkwaardig zijn (5).
Misschien vindt de lezer bovenstaande informatie wel erg summier. Dat ligt echter niet aan de luiheid van de schrijver, maar aan de beperkte informatie die beschikbaar is. Het rapport van de Rijksgeologische Dienst van 1973 is geheim. Het moet ook geheim blijven, want – zo formuleerde de minister van Ekonomische Zaken – "Het belang van een dergelijke publikatie weegt niet op tègen het belang onevenredige benadeling van natuurlijke personen of rechtspersonen, die de publikatie tot gevolg zou kunnen hebben, te voorkomen". (3) Met andere woorden: we hebben geen toegang tot de informatie en we mogen ook niet over alle informatie beschikken, omdat daarmee belangen van bepaalde bedrijven geschaad zouden kunnen worden. Deze partikuliere ondernemingsbelangen tellen voor de minister zwaarder dan het algemene belang van een open en demokratische besluitvorming over de opslag van radioaktief afval.

Over welk afval gaat het?

De studie van de RGD van 1973 gaat over de opslag van laag en middelaktief vast afval. Dit afval is afkomstig uit ziekenhuizen, industrie en onderzoekslaboratoria waar men met radioaktieve stoffen werkt, en afval uit de kernenergiecyklus, dwz. uit kerncentrales, uraniumverrijking en de fabrikage van splijtstofelementen. Dit soort afval wordt door het ECN te Petten in de oceaan gedumpt. Echter, uit de kernenergiecyklus komt veel meer afval: tijdens het bedrijf van een kerncentrale ontstaat hoogaktief afval, terwijl de splijtstoffen zelf ook zeer radioaktief worden. Als men de gebruikte splijtstofstaven naar een opwerkingsfabriek stuurt, hetgeen niet absoluut noodzakelijk is, ontstaat daar laag, middel en hoogaktief afval. Een deel van dit hoogaktieve afval noemt men ook wel kernsplijtingsafval (KSA). Bovendien moet men na het buiten gebruik stellen van kernbedrijven ook met grote hoeveelheden rekening houden. (Zie verder



Zoutvoorkomens in Nederland en het Nederlandse deel van het Continentale Plat.

Nienhuys; dit nummer).
Het is uiterst merkwaardig dat de studie van de RGD alleen tot het eerstgenoemde laag en middelaktief afval beperkt bleef. In 1973 maakt men zich blijkbaar alleen druk over deze soorten afval: wellicht zou het bij een toenemend aantal kerncentrales erg duur worden dit afval naar de oceaan te brengen en/of voorzag men op betrekkelijk korte tijd een verbod de oceaan nog langer als internationale vuilnisbelt te gebruiken.
In 1975 is men tot de ontdekking gekomen dat ook het KSA in Nederland opgeborgen zal moeten worden: "Er moet rekening gehouden worden met de mogelijkheid dat na 1985 de buitenlandse opwerkingsfabrieken ... niet langer bereid zullen zijn de zorg voor het KSA op zich te nemen en dit terug zullen zenden naar het land van herkomst van de splijtstofelementen". (7)
Wat betreft het overige afval van een opwerkingsfabriek gaat men er rustig van uit dat het niet naar Nederland teruggestuurd zal worden. Dat verlicht de problemen: om een voorbeeld te geven, in het middelaktieve afval van een opwerkingsfabriek zit ongeveer evenveel plutonium als in het KSA. Doordat het KSA teruggestuurd wordt naar Nederland is het opslagprobleem groter geworden. Het KSA bevat actiniden met een zeer lange halveringstijd en "is daarom bepalen voor het risico op zeer lange termijn." (8)

Waarom is de keuze: zoutkoepels?

In het rapport uit 1975 kwam de Sub-Kommissie Radioaktieve Afvalstoffen tot de konklusie, dat van de theoretische mogelijkheden om het afval op te bergen (zoals wegschieten in de ruimte, opslag op oceaanbodem, bovengrondse opslag) in Nederland enkel de mogelijkheid van opslag op grote diepte in daarvoor geschikte gesteenten overblijft.
Een dergelijk gesteente moet voldoen aan twee eisen: ten eerst moet het gesteente redelijk stabiel zijn en ten tweede moeten er natuurlijke barrières bestaan tussen het radioaktief afval en de biosfeer.
In Nederland komt steenzout in aanmerking, want – zo kunnen we lezen in dit rapport uit 1975 – "Van de in de Nederlandse bodem voorkomende zoutafzettingen zijn vele ontstaan in de als Zechstein aangeduide periode, 200-220 miljoen jaar geleden. Sinds deze periode heeft het deel van de aardkorst dat thans Nederland heet, zeer grote veranderingen meegemaakt. Grote stijgingen en dalingen hebben zich voorgedaan. Gebergten hebben zich gevormd en zijn weer verdwenen. (...) In de gehele periode, die zeer veel langer is dan het bestaan van de mensheid en ondanks alle hierboven aangegeven veranderingen, zijn de zoutafzettingen blijven bestaan, zodat ze aan de eis van redelijke stabiliteit voldoen. Wat betreft de tweede eis, het geïsoleerd zijn van de biosfeer, kan uit het feit dat de steenzoutafzettingen reeds zo lang bestaan, worden gekonkludeerd, dat zij gedurende die periode niet of nauwelijks door water zijn aangetast." (7).
De argumentatie van de Sub-kommissie is dus, dat het steenzout *tot nu toe* voldaan heeft aan de twee genoemde eisen. Waar het echter om gaat is het bewijs, dat het steenzout tot in de verre toekomst redelijk stabiel en onaangetast zal blijven. Dat kunnen we niet zeker weten om de volgende redenen: Als men er radioaktief afval opbergt, verandert de situatie in de zoutkoepel: er wordt een mijn aangelegd en het afval produceert warmte. Daarom kan volgens De Marsily (9) niet zonder meer gesteld worden dat een zoutkoepel redelijk stabiel zal blijven. Daar komt dan nog bij, dat een zoutkoepel langzaam omhoog komt en volgens de Sub-Kommissie Radioaktieve Afvalstoffen "oplossen van de steenzoutformaties door ondergrondse waterstromingen niet geheel uit te sluiten is". (8)
De radioaktieve stoffen waar het hier om gaat moeten tienduizenden tot miljoenen jaren opgeborgen worden. Een uitspraak over de toekomstige stabiliteit van een zoutkoepel is gebaseerd op onze huidige kennis. Men gaat er daarbij stilzwijgend van uit, dat de huidige kennis eeuwigheidswaarde heeft en dat dus geen nieuwe kennis toegevoegd zal wor-

den aan de huidige kennis, waardoor onze inzichten ingrijpend zouden kunnen veranderen. Argumenten waarin de veronderstelde stabiliteit van zoutkoepels ter diskussie wordt gesteld, zijn door de overheid nooit in de beschouwing betrokken. Of, zoals de minister van Ekonomische Zaken zei in 1977: "Een groot aantal gegevens (...) duiden erop, dat de opslag van radioaktief afval in steenzoutformaties de beste garanties kan bieden met betrekking tot de bescherming van de volksgezondheid en het milieu." (4) De vraag is echter of de beste garanties goed genoeg zijn, gezien het probleem waar het hier om gaat.

Opzet en uitvoering van het onderzoek

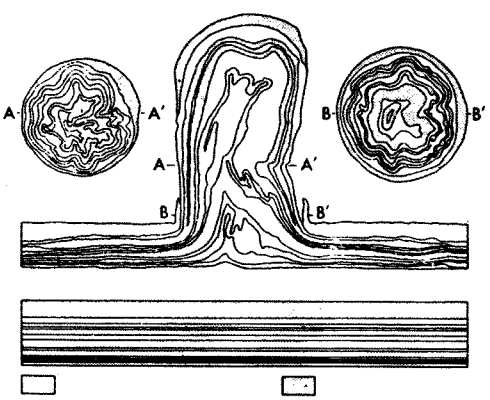
Bovengenoemde Sub-Kommissie heeft in 1976 werkgroepen ingesteld, die elk een bepaald deel van het onderzoek bestrijken. Deze werkgroepen zijn samengesteld uit ambtenaren uit departementen en rijksdiensten en als adviseurs deskundigen van buiten het ambtelijk apparaat, bv. ECN, RGD en Technische Hogeschool Delft. In deze werkgroepen zitten dus geen deskundigen die zich kritisch tegen kernenergie of de opslag van kernafval hebben opgesteld. Dit leidt tot een eenzijdige stellingname, getuige bv. het feit, dat in de rapporten tot nu toe men er kollektief van uitgaat, dat de Nederlandse brandstofstaven dienen te worden opgewerkt.
Voor de uitvoering van het onderzoek zullen gespecialiseerde ondernemingen moeten worden ingeschakeld. Dit zal gedaan worden door het ECN, dat optreedt als direktievoerder. Een andere instantie, de RGD, zal het onderzoek begeleiden. Het ECN en de RGD geven dus niet slechts advies, maar krijgen zelfs een belangrijke taak bij de uitvoering van het onderzoek. Hierdoor treedt een vermenging van advisering en uitvoering op. Wanneer de instantie die het onderzoeksprogramma ontwerpt niet onafhankelijk is van de instantie die het onderzoek uitvoert en evalueert, wordt een demokratische kontrole onmogelijk gemaakt.
Het onderzoek zelf bestaat uit een aantal fasen. De eerste fase bestaat uit 'geologisch en hydrologisch onderzoek van de matig diepe ondergrond ter plaatse van de 5 zoutformaties'. (5) In de omgeving van de zoutkoepels zullen een aantal ondiepe boringen verricht worden (minder dan 300 meter diep) om vast te stellen of de zoutkoepel geen kontakt heeft met het grondwater. Per zoutkoepel zijn hiervoor – volgens de plannen – ten hoogste zes boringen nodig.
De volgende fase zal bestaan uit proefboringen in het zout zelf. De uitvoering hiervan hoeft niet noodzakelijk te wachten op de eerste fase (5). De proefboringen zullen zoveel mogelijk gebeuren boven de top van de zoutkoepel. De boorgaten moeten op een afstand van ongeveer 250 meter liggen. Aanvankelijk waren, volgens antwoorden van de regeing op Kamervragen (6) in elke zoutkoepel 3 proefboringen nodig; later bleken 2 diepe boringen voldoende om inzicht te krijgen in de samenstelling van de zoutkoepel. Waarom eerst drie en later twee? Waarom geen 23 diepe boringen? Ten ene male ontbreekt alle informatie op grond waarvan de regering 2 diepe boringen voldoende vindt. Ter vergelijking: volgens de geoloog Richter–Bernburg (11) kan de geschiktheid van een zoutkoepel slechts bewezen worden na de aanleg van een schacht van waaruit horizontale proefboringen zouden moeten worden gedaan (zie figuur).
Met behulp van deze proefboringen is het volgens de Sub-Kommissie Radioaktieve Afvalstoffen mogelijk vast te stellen in hoeverre de zoutkoepels voldoen aan de kriteria, die als volgt luiden(7):
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 meter te bedragen;
c. de zoutkoepel dient bij voorkeur afgedekt te zijn door een laag z.g. caprock, bestaande uit anhydriet-gips of ander ondoorlatend materiaal;
d. boven de caprock dient zich een kleilaag te bevinden;
e. bij voorkeur dient een afsluitende

kleilaag of zandige laag aanwezig te zijn beneden het watervoerende pakket, dat aan de hydrologische kringloop deelneemt;
f. de voorkeur verdient een tektonisch 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 stortholte geen kalium/magnesium of lagen van klei, kalksteen of anhydriet aanwezig zijn;
i. de aanwezigheid in het zout van gas- of zoutwater insluitingen noopt tot grote voorzichtigheid;
j. in of rondom de zoutkoepel dienen geen bitumina pospects aanwezig te zijn;
k. tektonische werking in of rondom de zoutkoepel dient afwezig te zijn;
l. er dient geen koncessie 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 gehouden te worden met andere faktoren van planologische aard.

Volgens de eerder geformuleerde eisen moet een zoutkoepel redelijk stabiel zijn en moeten er natuurlijke barrières bestaan tussen het radioaktief afval en de biosfeer. Wat betreft de redelijke stabiliteit levert het onderzoek zeer minimale informatie. Volgens kriterium f. verdient een tektonisch zoutkoepel de voorkeur, terwijl volgens kriterium k. tektonische werking in of rondom de zoutkoepel afwezig dient te zijn. Zoals we in het voorgaande al hebben aangetoond, gaat het erom dat tektonische werking afwezig dient te blijven; daar kan het onderzoek ons geen uitsluitsel over geven.

Natuurlijke barrières tussen het radioaktief afval en de biosfeer worden gevormd door het zout zelf en door een ondoordringbare laag om de zoutkoepel, de zgn. caprock. Blijkens kriterium c. wordt enkel 'de voorkeur' uitgesproken voor een ondoordringbare laag om het zout. Dit kriterium is derhalve een afzwakking van de eis van natuurlijke barrières.

Vele andere kriteria zijn erg vaag en onduidelijk geformuleerd. In de kriteria c., e. en f. is sprake van 'bij voorkeur'; kriterium g. geeft aan dat het zout 'zo zuiver mogelijk' moet zijn. In kriteria n., o. en p. staat: 'rekening moet worden gehouden met' en 'grote aandacht moet worden geschonken aan'. Het is ons niet duidelijk wat men precies met deze termen bedoelt; wat is 'zo zuiver mogelijk', hoe zwaar telt 'grote aandacht'? Kortom, de kriteria zijn dermate vaag en onduidelijk geformuleerd, dat de resultaten van het onderzoek gemakkelijk zo geïnterpreteerd kunnen worden, dat een zoutkoepel geschikt is voor de opslag van kernafval.



meer plastisch **minder plastisch**

Deze figuur is het resultaat van een laboratoriumexperiment waarin de vorming van een "zoutkoepel" (boven) uit een dikke "zoutlaag" (onder) die uit meer (wit) en minder (grijs) plastische lagen was opgebouwd. Het inwendige van de koepel wordt chaotisch (12). Volgens de geologen Richter-Bernburg is het dan ook niet mogelijk met enkele proefboringen het inwendige van een zoutkoepel in kaart te brengen.

Risiko-analyse

Met behulp van de resultaten van het onderzoek zullen risiko-analyses worden opgesteld (5). Een risiko-analyse wordt ook al genoemd in het rapport Geologic Waste Disposal Program van de Rijksgeologische Dienst (10). In dit rapport staat dat één van de taken die in verband met de opslag van het afval moet worden verricht is *"Geschiktheidsstudie en algemene risico-analyse met het doel de aanvaarding door het publiek en het bestuur te verkrijgen"*.
De risiko-analyse heeft dus als doel de bevolking er van te overtuigen dat het afval in het zout opgeborgen kan worden. We bespeuren hier een verschuiving van de betekenis van het onderzoek: het onderzoek gaat niet om de beantwoording van de vraag óf opslag in zout mogelijk is, zoals de opdracht luidde, maar om de selektie van de beste – oftewel de minst slechte – zoutkoepel. Met behulp van wetenschappelijke rapporten moet de bevolking er van worden overtuigd, dat deze zoutkoepel voldoet aan de gestelde eisen. De uitslag van het onderzoek staat kennelijk al van te voren vast; ook de flexibele formulering van de kriteria wijst hierop. De proefboringen hebben dus als doel het geheel een schijn van wetenschappelijke objektiviteit te geven, opdat de bevolking – vertrouwend op de wetenschap en de deskundigen – rustig gaat slapen.

Herman Damveld

Noten:

1. Energienota 1974, nr. 13.122, Staatsuitgeverij, Den Haag.
2. Energienota 1974, nr. 13.122, nr. 12.
3. Tweede Kamer, zitting 1977, Aanhangsel nr. 475.
4. Brief van de minister van Ekonomische Zaken aan o.a. de gemeente Stadskanaal, d.d. 3 februari 1977. Opvallend is de grote overeenkomst met een citaat van blz. 21 van referentie 5: "Hoewel het onderzoek nog niet is afgesloten (...) hebben noch tot op heden verrichte 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."
5. Sub-Kommissie Radioaktieve Afvalstoffen: Eerste interim-rapport betreffende de mogelijkheden van opslag van radioaktieve afvalstoffen in zoutvoorkomens in Nederland, mei 1977.
6. Tweede Kamer, zitting 1977, Aanhangsel nr. 228.
7. Sub-Kommissie Radioaktieve Afvalstoffen in Nederland bij een vermogen aan kernenergiecentrales van 3500 MWe. No. 41 in de serie Verslagen, Adviezen, Rapporten 1975 van het ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne.
8. Sub-Kommissie Radioaktieve Afvalstoffen: Eerste interim-rapport betreffende de mogelijkheden van opslag van radioaktieve afvalstoffen in zoutvoorkomens in Nederland, oktober 1977.
9. G. de Marsily e.a.: Nuclear Disposal: Can the Geologist Guarantee Isolation, Science, 5 augustus, 1977, vol. 197, nr. 4303, p. 519-527.
10. Rijksgeologische Dienst, Geologic Waste Disposal Program, 21 december, 1976.
11. G. Richter-Bernburg: Sicher im Salz. In: Bild der Wissenschaft, 12 - 1977, p. 81-100.
12. G.E. Murray, Salt structures of Gulf of Mexico basin, a review in: Diapirisn and diapirs, a symposium.
J. Brownstein and G.B. O'Brien, American Ass. of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma, 1968 p. 99-121.

Aspekten van de opslag van radio-aktief afval

De uitbreiding van het aantal kerncentrales in Nederland is o.a. afhankelijk van een aanvaardbare oplossing voor de opslag van het afval van die centrales. Daarbij wordt vooral gedacht aan opslag in een zoutkoepel. De Sub-Commissie Radioaktieve Afvalstoffen van de Interdepartementale Commissie voor de Kernenergie heeft derhalve opdracht gekregen een nader onderzoek in te stellen (1,2). Voor haar risiko-analyse over de definitieve opslag van kernafval gaat de Sub-Commissie uit van een rapport van april 1975, getiteld "Veiligheidsanalyse voor ondergronds in een zoutkoepel opbergen van radioaktief vast afval" (3,4). In het navolgende hebben wij verschillende aspekten van de opslag van radioaktief afval nader bekeken en getoetst aan het genoemde rapport, dat we hierna "de Veiligheidsanalyse" zullen noemen.
De betreffende analyse vertoont op essentiële punten mankementen. Deze maken vooral duidelijk dat uitspraken over de gevolgen van de definitieve opslag van kernafval in zoutkoepels slechts met een grote mate van onzekerheid gedaan kunnen worden. Het is niet te garanderen dat kernafval dat deze generatie opbergt, nimmer naar de biosfeer zal terugkeren. De snelheid waarmee het kernafval zal terugkeren wordt bepaald door een kombinatie van gebeurtenissen, die veelal niet te berekenen of onderzoekbaar zijn. De lange termijn-gevolgen van een onomkeerbare radioaktieve besmetting van de biosfeer zijn niet in aanmerking genomen. Dit is onvoldoende om de opslag van radioaktief afval in zoutkoepels als aanvaardbaar te kunnen beschouwen.

1. Kernafval in soorten en maten

In alle fasen van de kernenergiecyklus ontstaat radioaktief afval: vaste materialen, waterige of organische oplossingen en gassen. We beperken ons hier echter tot vast of vast gemaakt afval, dat direkt door of na het gebruik van kerncentrales ontstaat. Er zijn verschillende soorten afval te onderscheiden.

1.1 Reaktorafval ontstaat doorlopend tijdens het bedrijf van een kerncentrale. Het omvat onder meer besmette kleding, glaswerk, filters, schroot, harsen van ionenwisselaars, splijtstofhouders en regelstaven van een reaktor. Het wordt aangeduid met LAVA, MAVA en HAVA, afkortingen voor *l*aag, *m*iddel en *h*oog *a*ktief *v*ast *a*fval.

1.2 Bestraalde splijtstofstaven komen eenmaal per jaar uit de reaktor, als de uitgewerkte uraniumstaven vervangen worden door verse. Deze moeten eerst een half jaar afkoelen en kunnen dan vervoerd worden naar een tussen-opslagplaats. Als ze daar voldoende afgekoeld zijn, kan men er twee dingen mee doen: wegwerpen of opwerken.
In het eerste geval worden de staven in hun geheel verpakt en als afval beschouwd, de zogenaamde wegwerpstaven. Sinds oktober 1977 is dit voorlopig de officiele politiek in de VS, waarmee men de verspreiding van kernwapens probeert tegen te gaan (5). De Zweedse kernindustrie heeft recentelijk eveneens voorgesteld de staven "weg te werpen" (6).
In Nederland is deze mogelijkheid door de Interdepartementale Commissie voor de Kernenergie tot nu toe expliciet buiten beschouwing gelaten (7). Dit lijkt ons onjuist, gezien de nadelen van opwerking met betrekking tot de produktie van plutonium en de daarmee samenhangende problemen van kernwapens, bewaking en politieke vrijheid en andere eveneens met opwerking samenhangende problemen, zoals de verspreiding van radionucliden in het milieu en de vermeerdering van het afvalvolume (8-10).
Het alternatief van wegwerpen is opwerken. Hierbij wordt in een opwerkingsfabriek zoveel mogelijk plutonium en uranium uit de bestraalde splijtstofstaven

	RCN (ECN)* Per 1000 MWjr* in m³	Ref.	Andere bronnen Per 1000 MWjr in m³	
LAVA, MAVA, HAVA	85	18	200-500	11/19
Tussenopslag (10 jaar)	–		2	11
Wegwerpstaven, verpakt (ahb)*	–		35	11
OPWERKINGSAFVAL:				
KSA (ahb)	2,5	4	3-8	20-22,11
hulzen en middelaktief (ahb)	–		44-100	23/19
laag en middel	–		60	12
I-129, H-3, C-14, Kr-85	–		0,4 (?)	21
PLUTONIUM-AFVAL:				
Weggooiplutonium (ahb)	–		6	11
Fabrikage-afval (ahb)	–		8	11
ONTMANTELINGSAFVAL:	per reaktor		per reaktor	
kerncentrale alleen	200-350	15/24	6000-15.000	25,19
hele cyclus	–		10.800	25

* MWjr (Mega Watt jaar); ahb (als hoogaktief te behandelen)

Het volume van vast radioaktief afval uit kerncentrales, volgens het Reactor (Energie onderzoek) Centrum Nederland en anderen.

gehaald. Het overblijvende afval bestaat uit diverse soorten:

- *Kernsplijtingsafval*, afgekort KSA is het meest bekend. Het bevat 90% van de splijtingsprodukten, dat wil zeggen de radio-isotopen die na splijting van uranium of plutonium overblijven. Daarnaast bevat KSA ongeveer de helft van de transuranen uit het afval, dat wil zeggen de isotopen gevormd door neutronen-invangst in niet-gespleten uranium of plutonium.
- *Transuranenafval*, afgekort TRU-afval, is een verzamelnaam voor de na de opwerking overblijvende hulzen van splijtstofstaven en het middelaktieve opwerkingsafval dat tot 50% van de transuranen bevat. Met het onder 2.3 genoemde plutoniumafval moet het als hoogaktief afval behandeld worden (11, 12).
- *Laag en middel aktief afval*, waarin weinig transuranen voorkomen.
- *De rest*: tritium, koolstof-14, krypton-85 en jodium-129, die tijdens het opwerkingsproces verdampen. Over de wijze van opslag is weinig bekend (13).
- *Plutoniumafval* ontstaat uit het opgewerkte plutonium. Als dit (bij nader inzien) niet gebruikt wordt, is het als afval te beschouwen. Het wordt dan als speciaal hoogaktief afval behandeld. Gebruikt men het plutonium wel dan worden er splijtstofstaven van gemaakt en bij de fabrikage hiervan ontstaat eveneens afval dat als hoogaktief behandeld moet worden (11).

1.3. Ontmantelingsafval ontstaat bij de afbraak van kernbedrijven. Het omvat o.m. het radioaktieve deel van de centrale, de opwerkingsfabriek en de fabriek voor plutoniumstaven (14).
Vanaf 1971 zijn er rapporten en artikelen over de opslag van radioaktief afval uit Nederlandse kerncentrales geschreven door medewerkers van het Reactor (later Energie-onderzoek) Centrum Nederland en de Interdepartementale Commissie voor de Kernenergie (15-18, 4, 1). Het uitgangspunt in al deze geschriften is dat het kern-

afval bestaat uit LAVA, MAVA en HAVA en KSA. De beperking tot deze kategorieën afval is historisch gezien wellicht begrijpelijk, maar leidt tot een forse onderschatting van de uiteindelijke hoeveelheid kernafval (zie tabel). Het heeft ook geleid tot de mythe dat door opwerking het volume van kernafval zou verminderen. Bedoeld wordt dan dat KSA een kleiner volume heeft, nl. ± 6 m^3, dan de wegwerpstaven die men anders overhoudt. Wegwerpstaven hebben een volume van 35 m^3 per reaktorjaar, maar bij opwerking ontstaat daaruit een totaal van zo'n 120 m^3 afval (zie 1.2, i t/m v), waarvan 60 m^3 als hoogaktief te behandelen.

2. Tussenopslag

Na een minimumperiode van een half jaar bij de centrale en eventueel nog een half jaar bij een opwerkingsfabriek, is kernafval nog te heet om direkt definitief te worden opgeslagen. Door het verval van de kortlevende isotopen in het kernafval komt er warmte vrij, die een destabiliserende invloed op de omgeving in de opslagmijn zou hebben.
Berekeningen voor kernsplijtingsafval, gemaakt door Hamstra, gaan uit van een tussenopslag van 10 jaar (26, 27). In Amerikaanse studies over de opslag van wegwerpstaven, waarin men de mogelijkheid openhoudt om ze later toch op te werken, gaat men eveneens uit van 10 jaar tussenopslag (28). In de recente Zweedse voorstellen voor een wegwerpschema gaat men uit van 40 jaar tussenopslag (6).
Gezien het tekort aan opwerkingskapaciteit en de zeer wel denkbare mogelijkheid van langdurige storingen of stakingen in opwerkingsfabrieken lijkt het ons, dat men ook in Nederland met een tussen-opslag voor bestraalde splijtstof gedurende 10-50 jaar ernstig rekening zou dienen te houden. Met langdurige tussenopslag onder water, de gebruikelijke methode, is volgens een recent artikel van een medewerker van het International Atomic Energy Agency vrijwel geen ervaring. Bij opslag gedurende meerdere decennia dient men te rekenen op toenemende lekkage en korrosie (29). Een groot ongeluk met zo'n tussenopslag zou desastreuze gevolgen hebben (30). Bovendien betekent zo'n langdurige opslag dat een volgende generatie niet alleen op radioaktieve ruïnes en een open mijn moeten kunnen letten, maar ook op de kwetsbare tussenopslag van kernafval. Deze problemen zijn tot nu toe in Nederland buiten beschouwing gelaten. De Interdepartementale Commissie voor de Kernenergie heeft alleen maar een kommissie ingesteld om de tussenopslag van LAVA en MAVA te bestuderen (31). Ons inziens dient de aanvaardbaarheid van de tussenopslag van alle soorten kernafval nader

Tijdelijke opslag van afval.

onderzocht en bediskussieerd te worden, alvorens men dit afval op grote schaal gaat produceren.

3. Definitieve opslag

Het idee van definitieve opslag in een geologische formatie is dat verschillende barrières het kernafval verhinderen om de biosfeer te bereiken:
a. het verpakkingsmateriaal en
b. de omhulling door de zoutkoepel en de bodemlagen daar omheen dienen te voorkomen dat er water het kernafval bereikt
c. de bodemlagen rond de zoutkoepel dienen het transport van de radionucliden in

water zozeer te vertragen dat ze vervallen zijn voordat ze de biosfeer bereiken.
In paragraaf 4 bespreken we de kwaliteit van het verpakkingsmateriaal als barrière. In paragraaf 5 komt aan de orde in hoeverre de bodemlagen rond de zoutkoepel kunnen voorkomen dat water de zoutkoepel bereikt en in paragraaf 6 hoe lang het kan duren voordat het water zoveel zout oplost dat het kernafval bereikt wordt. In paragraaf 7 bespreken we tenslotte in welke mate de bodemlagen rond de zoutkoepel het transport van kernafval kunnen vertragen. In paragraaf 8 worden tenslotte de konsekwenties besproken als het kernafval toch de biosfeer bereikt.

4. Verpakking als barrière

De verpakking van kernafval is op langere termijn niet als serieuze barrière te beschouwen. Het meeste afval wordt in beton gestort of met bitumen (asfalt) gemengd. Deze verpakking heeft onder gunstige kondities een levensduur van een paar honderd jaar (32).
KSA wordt meestal tot een glasblok met een stalen omhulling verwerkt. Deze verpakking wordt in de Veiligheidsanalyse niet meegerekend als barrière voor de terugkeer van radionucliden op lange termijn "omdat de tijdsvertraging die hierdoor optreedt op grond van fysische en chemische overwegingen zekerheidshalve niet in meer dan honderden jaren is uit te drukken" (33). Hoe het glas zich zal gedragen in de uiterst komplexe omstandigheden van de opslagplaats is dan ook vrijwel niet te voorspellen.
Het meeste onderzoek naar de snelheid waarmee kernafval uit glas weglekt, wordt uitgevoerd op laboratoriumschaal, onder standaardkondities van het International Atomic Energy Agency; schoon water van 25°C en atmosferische druk. Dit is echter van weinig belang voor de situatie van glas met KSA in een ondergrondse opslagplaats waar de druk, de temperatuur en de chemische kondities sterk van de experimentele kondities verschillen.
Weinig of niet-kristallijne materialen zoals glas, reageren snel met water onder hoge temperatuur en druk. Door uitwisseling met de omgeving kunnen zich nieuwe en onbekende mineralen vormen. Na afloop van de warmste periode kan het kernafval zich dus in een geheel andere vorm bevinden.
Een sterke aanwijzing hiervoor is een experiment met glasbolletjes van standaard borosilicaat met 13% van een niet-radioaktief namaak mengsel van splijtingsprodukten, die Amerikaanse onderzoekers een of twee weken bij een temperatuur van ongeveer 300°C en 300 atmosfeer bewaarden. Nadien waren de glasbolletjes verkleurd en in verschillende stukken gebroken. Er hadden zich allerlei nieuwe kristallen gevormd en ongeveer 12% van de oorspronkelijk in het glas aanwezige cesium was er uit gelekt (34). Onder de gebruikelijke omstandigheden zou dit ongeveer 0,001% zijn geweest.
Onderzoek op realistische schaal en onder realistische omstandigheden ontbreekt en men lijkt in Nederland ook niet van plan de resultaten daarvan af te wachten.

5. De geologische formatie als barrière

Gebeurtenissen die ertoe kunnen bijdragen dat een geologische formatie faalt als barrière voor de terugkeer van radioaktieve stoffen uit het kernafval kunnen een gevolg zijn van:
a. geologische veranderingen
– seismische aktiviteiten, d.w.z. aardbevingen en vulkanisme (par. 5.1),
– tektonische bewegingen, d.w.z. het omhoogkomen of dalen van de bodem waarbij breukvlakken kunnen ontstaan (par. 5.2),
– klimaatsveranderingen en erosie (par. 5.3).
b. menselijk ingrijpen, met direkte of indirekte invloed op de geologische formatie (par. 5.4).
Door één van deze of door een kombinatie van de genoemde gebeurtenissen kunnen de lagen rondom een zoutkoepel zo verstoord worden, dat ze water doorlaten. Watertransport naar de zoutkoepel en terug betekent dat het mogelijk wordt, dat zout oplost. Als er voldoende zout oplost, kan het water ook het kernafval naar de aardoppervlakte terugbrengen (par. 6).

5.1 Seismische aktiviteit
In de provincies waarin de zoutkoepels liggen is seismische aktiviteit altijd zeer gering tot afwezig geweest. Op basis daarvan kan men echter geen zekere uitspraken doen over de kans dat dit in de toekomst ook zo zal blijven. Zowel Allen als De Marsily, beiden geologen, hebben er op gewezen dat de huidige kennis over geologische wetmatigheden ontoereikend is om de waarschijnlijkheid van breukvorming te bepalen. Volgens Allen is het bijvoorbeeld niet duidelijk waarom breuken dieper dan de diepste boringen kunnen ontstaan in tot dan toe geologisch zeer stabiele gebieden (35, 36).

5.2 Tektonische bewegingen
In de omgeving van de zoutkoepels is breukvorming tengevolge van tektonische bewegingen in het verleden vaak voorgekomen, niet alleen vanwege onregelmatige bodemdaling of -stijging, maar ook door het omhoogkomen van de zoutkoepels zelf.
Na de vorming van de zoutlagen, zo'n 200 miljoen jaar geleden werden daarop weer nieuwe aardlagen afgezet. Nu is steenzout lichter dan ander gesteente zodat er een instabiele situatie ontstond. Door de druk van de bovenliggende lagen wordt zout plastisch. Dat wil zeggen, het kan zich als een zeer trage, stroperige massa gaan gedragen en onder invloed van drukverschillen in de boven- of naastliggende bodemlagen gaan "kruipen". Tektonische bewegingen maakten het op zo'n manier reeds 190 tot 140 miljoen jaar geleden mogelijk dat het lichtere zout naar boven kon kruipen. De uitstulpingen van de zoutlaag die daarbij ontstonden zijn tot de huidige zoutkoepels uitgegroeid (37).
Om een stabiel evenwicht te bereiken zou een zoutkoepel van 2000 meter dikte ongeveer 275 meter boven het aardoppervlak moeten uitsteken. In het huidige klimaat gebeurt dit niet, omdat de top van het zout voor die tijd al door het aanwezige grondwater wordt opgelost (38). Door dit zeer langzame proces bleef boven de koepels een laag onoplosbaar anhydriet ($CaSO_4$) achter. Deze zogenaamde gipslaag of "caprock" heeft een water-afschermende funktie, zolang hij ongebroken en onaangetast blijft.
Door het omhoog komen van een zoutkoepel ontstaan zowel breuken in de lagen waar de zoutkoepel doorheen breekt, alsook in de andere lagen die bij het stijgen naar boven gedrukt of gesleept worden. Volgens de Veiligheidsanalyse is er "op zeer lange termijn beschouwd ... dan ook alle aanleiding om te veronderstellen dat breukvorming zal optreden in aanliggende en bovenliggende sedimenten van een zoutkoepel" (39).
Voor de opstuwing van de zoutkoepel gaat de Veiligheidsanalyse uit van een zoutkruip van gemiddeld 2 mm per jaar, d.w.z. 1 meter in 500 jaar (40). In een interimverslag van september 1977 schrijft de werkgroep "Risiko-analyse" van de Sub-Commissie van de ICK dat opstuwingswaarden zijn waargenomen van 0.3 tot 3 mm per jaar (41).
In de diskussie over kernafval wordt vaak gezegd dat de zoutkoepels al 200 miljoen jaar bestaan of niet veranderd zijn en dús zo'n veilige opbergplaats vormen. Dit argument is o.a. te vinden in de voorlichtingsbrochure van het Ministerie van Ekonomische Zaken over de werking en risiko's van kerncentrales in Nederland (42). Uit het voorafgaande zal duidelijk zijn dat "bestaan" in dit verband hoogstens betekent "niet helemaal opgelost". Gezien het feit dat na het ontstaan van de thans op ongeveer 3000 meter diepte liggende zoutlagen de zoutkoepels tot een paar honderd meter van het aardoppervlak zijn gekropen, kan men moeilijk volhouden dat er in de afgelopen 200 miljoen jaar van hun bestaan niets met de koepels gebeurd is.

5.3 Klimaatsveranderingen en erosie
Onder deze noemer vallen de gevolgen van de ontwikkeling van een zeer droog of zeer regenachtig klimaat, de ontwikkeling van een (tussen-)ijstijd, de wijziging van de zeespiegel en wijziging van de loop van het grondwater of de afwatering daarvan. Hoewel het klimaat in een mensenleven niet veel lijkt te veranderen, laat de geschiedenis zien dat er zich op de tijdschaal van het langlevende radioaktieve afval drastische veranderingen kunnen voordoen. Om een

voorbeeld te noemen: 90.000 jaar geleden was het klimaat in West Europa iets warmer dan thans, maar veranderde ongeveer binnen een eeuw tijd in een ijstijd op volle sterkte die slechts 1000 jaar duurde. Intussen waren de weelderige eikebossen die Nederland bedekten volledig verdwenen. Wat er in die tijd met onze voorouders, vertegenwoordigers van de Homo Sapiens, gebeurde, is niet bekend (43).
Over "ingrijpende klimaatsveranderingen" wordt in de Veiligheidsanalyse verondersteld, dat ze alleen van belang kunnen zijn als ze zoutkruip bevorderen of weer in gang zetten, door bv. de druk van de bovenliggende bodemlagen te veranderen (gletschers, 44). Aangezien de Veiligheidsanalyse voor de verdere berekeningen van één gemiddelde zoutkruip uitgaat, die binnen de grenzen van waargenomen kruipsnelheden ligt, wordt het klimaat in wezen buiten beschouwing gelaten (vgl. par. 5.2).
Ook wanneer de omstandigheden niet tot de extremen behoren lijken ons vooral twee aspekten van klimatologische veranderingen van belang:

a. Ze kunnen van grote invloed zijn op de sociale en ekonomische omstandigheden, de leefgewoontes en het migratiegedrag van de bevolking van het land. Ook zonder dat de hele bevolking wordt weggevaagd kunnen relatief barre omstandigheden gedurende enige generaties een oorzaak vormen voor het vergeten van de kennis over de opslag van kernafval.
b. Ze kunnen mede-oorzaak zijn van de aantasting van de geologische formatie waarin het kernafval is opgeslagen. Door erosie of door wijziging van de waterlopen kunnen ontstane scheuren (of gaten) in de bodem verwijd worden zodat er een sneller watertransport van de zoutkoepel naar de oppervlakte mogelijk wordt dan men onder de huidige omstandigheden zou verwachten.

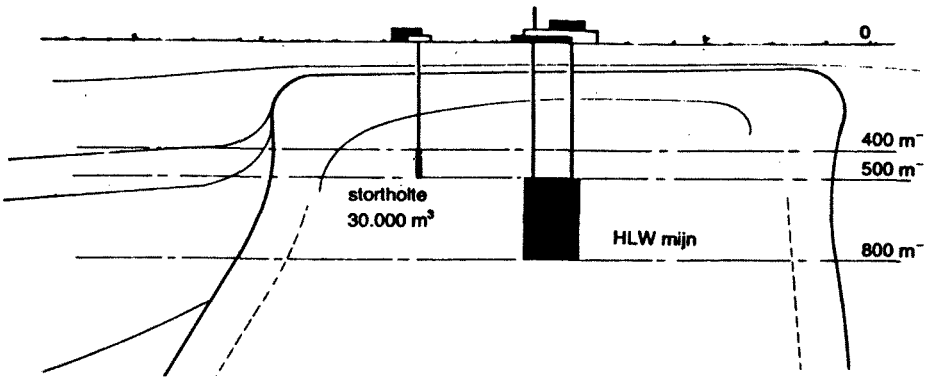
5.4 Menselijk ingrijpen
De aanleg, het gebruik en het weer afsluiten van een zoutmijn voor kernafval vormen de eerste direkte invloed op de geologische formatie. De mijn dient 50-150 jaar open te blijven, afhankelijk van de duur van de tussenopslag van het kernafval en de ontmanteling van de kerncentrales (14). Bedrijfsongevallen, aanslagen of sabotage kunnen in die periode een inbreuk van water in de mijn bewerkstelligen.
Wanneer de kennis over de mijn verloren gaat kunnen op langere termijn boringen of andere aktiviteiten plaatsvinden, zowel voor ertswinning (zout!) of uit nieuwsgie-

"U bedoelt dat we het maar duizend jaar hoeven te bewaken. Goed dat is dan in orde".

righeid (een oud boorgat!).
De afsluiting van de mijn kan ook indirekt van invloed zijn op de geologische formatie. Zelfs al zouden tektonische bewegingen, klimaatsveranderingen en erosie zonder méér weinig effekt op een geologische formatie hebben, dan kunnen ze nog wel een belangrijke invloed hebben op het materiaal waarmee de mijn opgevuld en verzegeld is, zodat daardoor vanuit of dichtbij het oppervlak een waterinbreuk ontstaat (45).
Tenslotte kan menselijk ingrijpen elders ook indirekte invloed op de geologische formatie uitoefenen. Te denken valt aan veranderingen in de grondwaterstand of in erosie-patronen, maar ook aan tektonische bewegingen door de winning van gas of het oppompen van fossiele watervoorraden voor drinkwatervoorziening.
Problemen van direkt ingrijpen worden in de Veiligheidsanalyse afgedaan met te verwijzen naar de centrale overheid, die niet zal toestaan dat mijnbouwaktiviteiten ter plaatse de afvalopberging in gevaar brengen (46). Het lijkt ons echter weinig realistisch te veronderstellen dat enige centrale overheid het zelfs maar een duizendste van de levensduur van het kernafval uithoudt. Ook de huidige regeringsvoorschriften waarnaar Dietz verwijst in verband met de afsluiting van de mijn, lijken ons geen garantie dat er over 50-150 jaar voldoende beschikbare en terzake kundige experts en overheidskontrole zullen zijn om de voorschriften volgens de huidige regels uit te voeren (47).
Zowel sabotage als ingrepen na het verlies van kennis over de mijn met kernafval worden in de Veiligheidsanalyse van weinig belang geacht. Het zou toeval zijn dat dergelijke menselijke ingrepen ook de geologische barrière aantasten of doorbreken (46, 48). Sabotage noch nieuwsgierigheid lijken ons echter zaken die door het toeval worden geregeerd.
Wanneer door direkt menselijk ingrijpen werkelijk water in de mijn zou lopen, zou dit volgens de Veiligheidsanalyse hoogstens incidenteel een beperkte spreiding van radioaktiviteit in de omgeving tot gevolg hebben en geen of slechts een beperkt aantal mensen treffen (46). Indirekte gevolgen van menselijk ingrijpen worden in het geheel niet besproken. Uiteindelijk konkludeert de Veiligheidsanalyse, dat de kans op en gevolgen van menselijke ingrepen zo gering zijn, dat menselijk ingrijpen als geheel niet in de analyse betrokken hoeft te worden (48).
Het is kenmerkend voor de Veiligheidsanalyse dat elke mogelijkheid van menselijk ingrijpen als een volledig op zichzelf staande zaak met verwaarloosbare gevolgen wordt bekeken. Door te stellen "dat geen steeds voortdurende terugkeer van radionucliden uit het opgeborgen afval terug naar de biosfeer zal kunnen optreden als gevolg van enig menselijk ingrijpen" sluit de Veiligheidsanalyse uit dat menselijk ingrijpen een schakel kan zijn in een reeks bv. sociale, klimatologische, tektonische gebeurtenissen die juist in kombinatie tot het vrijkomen van kernafval leiden.
Zo beschrijft de geoloog Richter-Bernburg dat een inbreuk van water in mijnen extra gevaarlijk is, omdat het zijn toegangsweg door oplossing van het zout verbreedt en daardoor de hoeveelheid water die kan toestromen steeds vergroot. Via tussenliggende lagen in het zout zoals klei of anhydrietlagen met schilferige stukken of spleten kan watertransport ontstaan tussen de oppervlakte van de zoutlaag en de mijngangen. Het is niet altijd mogelijk dit te vermijden en ook de bestrijding van inkomend water verloopt niet altijd even suksesvol (37).
In kombinatie met afgenomen zorg voor de mijn door veranderde maatschappelijke omstandigheden, verlies van kennis over de opslag van het kernafval of een wijziging in de loop van het grondwater kan een dergelijke waterinbreuk heel anders aflopen dan de Veiligheidsanalyse voorspelt met "een afdichting" en "leegpompen" (49). Daarnaast ziet de Veiligheidsanalyse alleen incidentele, beperkte gevolgen van menselijk ingrijpen en gaat daarmee voorbij aan het feit dat de verspreiding van kernafval niet alleen de mensen treft die op dat moment leven, maar ook vele generaties na hen (zie verder par. 8).

6. Aantasting van de zoutkoepel door het water

Na breukvorming in de bovenlagen door



een kombinatie van de in par. 5 behandelde gebeurtenissen zou de zoutkoepel door water kunnen worden aangetast. Hoewel dit wel nader wordt uitgewerkt, wordt de mogelijkheid dat dit enig effekt op het kernafval zou kunnen hebben in de Veiligheidsanalyse als "nauwelijks reëel" beschouwd. Immers, bij het oplossen van het steenzout blijven onoplosbare verontreinigingen over, die een nieuwe, waterdichte afscherming van anhydriet gaan vormen (50). Bovendien zullen de kleilagen boven de zoutkoepel zich in aanwezigheid van water plastisch gedragen en dichtslibben. De watertoevoer kan dus onderbroken worden. Tenslotte is pekelwater, dwz. de verzadigde zoutoplossing die zich bij de koepel vormt, zwaarder dan zoet of brak water, zodat het transport van zout beperkt wordt tot een zeer langzaam diffusieproces (51).
Deze argumenten lijken weinig steekhoudend voor een situatie waarbij het water zich relatief snel beweegt, zodat het de bezinking van onoplosbare deeltjes of het ontstaan van een zoutgradient telkens verstoort. De aanname dat breuken of scheuren in bovenliggende lagen dichttrekken gaat ervan uit dat geen menselijke of geologische invloeden leiden tot het verwijden van breuken (vgl. par. 3.5 en 5.4).

Via de flank
Uit berekeningen voor de aantasting van de zoutkoepel door het water blijkt dat de koepel het meest "gevoelig" is voor wateraantasting via de flank. Het kost volgens de Veiligheidsanalyse 64.000 jaar om op 1000 meter diepte 150 meter, dwz. tot aan de mijn met kernafval, in het zout door te dringen. "Hoewel de bewijsvoering daarvoor (nog) niet te geven is", veronderstelt de Veiligheidsanalyse dat er zoutkruip naar het gevormde gat toe zal ontstaan (52). Vervolgens neemt men voor aantasting 100.000 jaar aan, alvorens het water het kernafval bereikt. Dit ligt intussen op 800 meter onder het maaiveld, dankzij de veronderstelde zoutkruip à 2 mm per jaar (vgl. par 5.2).
Voor de cijfers die op dit punt zijn gebruikt, verwijst de Veiligheidsanalyse naar een studie van Smith, die ruim een jaar later werd gepubliceerd (53). In de studie van Smith wordt voor verschillende aannames en een model zoutkoepel berekend, hoe lang het duurt voordat het water 150 meter door het zout is gedrongen. Voor aantasting op 1000 meter diepte variëren de cijfers tussen 15.000 en 2000 miljoen jaar. Voor de berekeningen neemt Smith als snelheid van het water 20 meter per jaar op 2000 meter diepte, een snelheid van 2 meter per jaar op 1000 meter diepte en een porositeit van 10%. Nu kan er ten hoogste 300 kg zout (NaCl) in 1 m^3 water oplossen. Derhalve is de aangevoerde hoeveelheid water van doorslaggevend belang voor de aantasting van de zoutkoepel. Zowel de snelheid als de totaal aangevoerde hoeveelheid water, waar Smith van uitgaat, zijn aan de lage kant.

Snelheid van het water
Volgens een publikatie van de American Association of Petroleum Geologists,

geciteerd door Cohen, is de normale snelheid van water niet meer dan 100m/jr, ongeveer op de diepte waarbij Smith uitgaat 20 m/jr. Meer dan 350 m/jr is vrij uitzonderlijk en een snelheid zo laag als 10 m/jr is niet ongebruikelijk.
Even later noemt Cohen echter twee gevallen, een in Canada, de andere bij een Amerikaanse opwerkingsfabriek, waarbij het grondwater op 150 m diepte, per dag 3 resp. 3,5 meter aflegde, dus ruim 1 km/jr (54).

Doorlaatbaarheid van de bodemlagen
Niet alleen de snelheid van het water is belangrijk voor de totaal aangevoerde hoeveelheid, maar ook de permeabiliteit van de laag, een maat voor de hoeveelheid water die bij een standaard snelheid door de laag heen kan stromen. Hoe groter de permeabiliteit, des te meer water kan er door de laag passeren. We rekenden de cijfers die Smith gebruikt voor watersnelheid en porositeit om, zodat ze te vergelijken zijn met de gegevens over permeabiliteit van bodemlagen van De Marsily. Daaruit blijkt dat Smith uitgaat van een permeabiliteit van ongeveer 10^{-7} m/sec (36).
Dit is een permeabiliteit die voor massief mergel, leisteen of graniet kan gelden en 10 keer zo groot is als de hoogste waarden voor massieve klei of leemlagen. Echter, voor inhomogene lagen, met onregelmatigheden en scheuren kan de permeabiliteit 10-100 keer groter zijn dan die van massieve lagen. Voor diverse soorten zandsteen gemengd met andere lagen zijn waarden tussen 2 en 10^{-4} m/sec gevonden.
Voor de berekeningen van de Veiligheidsanalyse is het uitgangspunt dat er breuken zijn ontstaan in de bovenliggende lagen en het water door weinig homogene lagen, die gedeeltelijk ook zand bevatten, tot de zoutkoepel doordringt. In dat geval lijkt ons een permeabiliteit van 10^{-5} of 10^{-6} m/sec eerder voor de hand te liggen.
Een voorbeeld uit de studie van Smith illustreert het probleem waar het hier om gaat. Het kost volgens Smith 51.000 jaar alvorens het water via de flank van de zoutkoepel op 1000 meter diepte het kernafval bereikt. Is de doorlaatbaarheid voor water echter 10 à 100 keer groter, dan daalt de tijd waarin het water het kernafval bereikt tot 5000 à 500 jaar.

7. De bodemlagen rond de zoutkoepel als barrière

Als het water het kernafval bereikt en de radioaktieve stoffen lossen erin op is het mogelijk dat de radioaktiviteit naar de oppervlakte getransporteerd wordt. De voornaamste mechanismen die bepalen hoeveel van de opgeloste aktiviteit uiteindelijk de oppervlakte bereikt, zijn:

a. de snelheid waarmee de isotopen zich bewegen onder invloed van de watersnelheid (konvektie), molekulaire diffusie of mengprocessen (dispersie),
b. sorptie, waaronder processen zoals ionenuitwisseling, filtratie en neerslagvorming vallen, die de verplaatsing van de isotopen zeer kunnen vertragen,
c. radioaktief verval, waardoor de isotopen meer zullen vervallen naarmate het transport een veelvoud van hun halfwaardetijd bedraagt.

Modelstudie
De Marsily en medewerkers hebben voor drie belangrijke langlevende isotopen met een modelstudie berekend hoe lang het duurt voordat een geologische formatie een radioaktiefe stof doorlaat (36). Door verschillende aannames voor permeabiliteit, hydraulische gradiënt en poroziteit definieerden zij vijf formaties.
Als het water het kernafval heeft bereikt, door zout op te lossen, zijn het de bodemlagen rond de koepel die het transport van de isotopen zouden moeten vertragen. De aannames die Smith maakte voor de bodemlaag bij de koepel op 1000 m komen ongeveer overeen met formatie drie in de modelstudie van De Marsily. Als het water het zout heeft kunnen bereiken komt de kwaliteit van de lagen rond de koepel onzes inziens echter eerder overeen met formatie nummer een, de slechtste formatie in de modelstudie (vgl. par. 6).
De isotopen waarvoor De Marsily e.a. de berekeningen uitvoerden waren jodium-129, neptunium-237 en plutonium-239. Deze isotopen hebben een halfwaardetijd van resp. 16 miljoen, 21,1 miljoen en

24,4 duizend jaar.
Jodium-129 wordt vrijwel niet of niet geadsorbeerd. Het beweegt zich daardoor met dezelfde snelheid als water (36a).
Het lijkt erop dat De Marsily geen rekening gehouden heeft met de mogelijkheid dat jodium-129 met niet-aktief jodium uit de bodem uitwisselt. Dit zou voor jodium sterk vertragend werken. Voor andere niet-adsorberende isotopen echter niet.
Neptunium-237 wordt middelmatig sterk geadsorbeerd (36a).
Voor de adsorptie van plutonium-239 zijn twee mogelijkheden nader onderzocht. In het eerste geval gaan de onderzoekers uit van een waarde gebaseerd op de literatuur over de adsorptie van plutonium, waaruit blijkt dat plutonium zeer sterk geadsorbeerd wordt. Het chemisch gedrag van plutonium is echter nogal ingewikkeld. Men neemt aan dat in sommige gevallen plutonium met andere stoffen in het water reageert en komplexe, maar neutrale molekulen vormt, die niet geadsorbeerd worden. In verband met deze theorie namen de onderzoekers aan dat er ook een type niet-geadsorbeerd plutonium is, dat zich evenals jodium-129 met de watersnelheid beweegt (36a).

Terug naar de oppervlakte
Voor de resultaten beperken we ons tot de formaties een en drie. De koncentratie van een isotoop in het water dat de oppervlakte bereikt, is telkens berekend en uitgedrukt als percentage van zijn begin-koncentratie in het water bij kernafval. Er wordt van uitgegaan dat het kernafval zich op 500 meter diepte bevindt. Voor een diepte van 1000 meter dient men de uitkomsten ongeveer te verdubbelen. Van jodium-129 komt in alle gevallen uiteindelijk 100% naar boven. Voor het tweede type, dwz. het niet-geadsorbeerde plutonium-239 geldt hetzelfde. De eerste sporen van deze isotopen komen na twee jaar uit formatie één aan de oppervlakte. Na zes jaar is de koncentratie maximaal. Boven formatie drie begint de besmetting na 200 jaar en bereikt zijn maximum in 725 jaar.
Voor neptunium-237 liggen korrespondeerende waarden tussen 4000 en 505.000 jaar. De maximum koncentratie is 97 of 91% van de oorspronkelijke.
Alleen plutonium-239 dat sterk en efficiënt over de gehele weglengte geadsorbeerd wordt. krijgt zo'n vertraging dat het uit de formaties een en drie niet of vrijwel niet meer aan de oppervlakte kan verschijnen (36).

Komplexen
Het zal duidelijk zijn dat de kombinatie van sorptie en watersnelheid van groot belang zijn voor de snelheid waarmee de isotopen uit het kernafval in de biosfeer terugkeren. De bevindingen op dit gebied lopen nogal uiteen. De mogelijke snelheden van grondwater werden al eerder genoemd (par. 6).
De Marsily en zijn medewerkers hadden in hun studie op theoretische gronden met niet-geadsorbeerd plutonium rekening gehouden. Hun theorie werd daarna door de praktijk sterk ondersteund. Uit een Amerikaans opslagplaats bij Maxey Flats voor *laag* radioaktief afval bleek plutonium in minder dan 10 jaar tijd door een gebroken rotsformatie, bestaande uit leisteen, tientallen tot honderden meters te hebben afgelegd. Deze snelheid korrespondeert met de snelheid van niet-geadsorbeerd plutonium in de modelstudie tussen die van formaties twee en drie in.
Bij nog vijf andere Amerikaanse en Canadeze opslagplaatsen heeft men dergelijke snelle transporten van radioisotopen gekonstateerd. Nader onderzoek bevestigt de theorie dat de aanwezigheid van komplexerende stoffen een van de hoofdoorzaken is van een sterk gewijzigd adsorptiepatroon. De literatuurwaarde voor de adsorptie van cobalt-60 is nog vijf maal zo groot als die van het geadsorbeerde plutonium (55a). In aanwezigheid van zeer geringe hoeveelheden van een komplexerende stof als EDTA wordt de adsorptie van cobalt-60 echter 3000 tot 10.000 maal kleiner. Een aantal verwante synthetische stoffen, maar ook natuurlijk voorkomende organische zuren hebben dit effekt. EDTA en aanverwante stoffen worden over de gehele wereld gebruikt voor het schoonmaken van radioaktief

besmette zaken. Ze komen in grote hoeveelheden voor in het middel- en laagaktief afval. Waarschijnlijk zijn deze komplexerende stoffen ook verantwoordelijk voor de gekonstateerde migratie van plutonium, americium en curium, de belangrijkste langlevende isotopen in het kernafval, en thorium, uranium en radium. Dezelfde stoffen vergemakkelijken de opname van plutonium en americium in planten en zo in de rest van de voedselketen (55).
Over plutonium en het wat migratiegedrag betreft ongeveer vergelijkbare americium zegt de Veiligheidsanalyse, dat deze isotopen eigenlijk niet kunnen oplossen omdat ze zich in oxidevorm bevinden (56). Deze uitspraak slaat op kernsplijtingsafval, waarvan de chemische vorm op langere termijn echter moeilijk te voorspellen is (vgl. par 4). Bovendien bevat het middel- en laagaktieve opwerkingsafval ongeveer vijf keer zoveel plutonium als kernsplijtingsafval (12, 57-59). Op basis van het voorafgaande lijkt de veronderstelling gerechtvaardigd dat juist in deze kategorie afval zich niet-geadsorbeerde transuranen bevinden. De Veiligheidsanalyse heeft het juist niet over dit afval en berekent op basis van waarnemingen tussen 1944 en 1967 in een van de hierboven genoemde Amerikaanse opslagplaatsen, dat eventueel opgelost plutonium er 250.000 jaar over doet om 500 meter door de bodem af te leggen. Met de migratiesnelheid, gekonstateerd in Maxey Flats zou niet-geadsorbeerd plutonium, eenmaal buiten de zoutkoepel, echter binnen enkele decennia tot hoogstens een paar eeuwen weer naar de biosfeer terugkeren.

8. Verspreiding van het kernafval
Als isotopen uit het kernafval naar de biosfeer terugkeren, heeft dat verschillende konsekwenties. Er zijn direkte gevolgen voor de mens en het milieu op de plaats waar de radioaktiviteit de oppervlakte bereikt. Op langere termijn kunnen de isotopen zich verder verspreiden en wegens hun lange halfwaardetijden uiteindelijk grote groepen mensen, gedurende vele generaties bereiken.
In de Veiligheidsanalyse wordt alleen plutonium besproken (vgl. par 7). Dit zou niet accumuleren in de voedselketen of alleen in voor het huidige dieet onbelangrijke organismen. Tenslotte wordt gekonstateerd, dat de koncentratie van de isotopen in het – tot drinkwater – 1000 maal verdunde pekelwater ver beneden de huidige maximaal toelaatbare koncentratie zal blijven en dus geen probleem vormt. Voor het inademingsrisiko wordt hetzelfde kriterium gehanteerd (60).
De mogelijke gevolgen voor het milieu worden niet besproken. Deze zouden vooral geëvalueerd dienen te worden als onderdeel van een grootschalige toepassing van kernenergie en opslag van radioaktief afval, niet alleen in Nederland, maar over de hele wereld. De mogelijkheid en de omvang van de gevolgen zijn in wezen niet vast te stellen (10).
Het valt te betwijfelen of plutonium niet in de voedselketen accumuleert. De resultaten van onderzoek zijn soms tegenstrijdig; bovendien kunnen de voedselgewoonten van de mensen veranderen (10). De eerder genoemde komplexerende stoffen kunnen de opname van transuranen in planten vergemakkelijken (vgl. par 7).

Lange termijn
Door het hanteren van de huidige, maximaal toelaatbare koncentraties als kriterium voor de beoordeling van de gevolgen, laat men buiten beschouwing dat het hier om isotopen met zeer lange halfwaardetijden gaat.
Indien er een kontinu transport van kernafval uit de opslagplaats naar de oppervlakte ontstaat, zal de momentane koncentratie van isotopen inderdaad laag zijn, maar wegens hun lange levensduur kan zich een steeds accumulerende hoeveelheid radioisotopen in de biosfeer verspreiden. Aldus ondervinden gedurende vele generaties, veel meer mensen dan diegenen die dicht bij de zoutkoepel wonen de gevolgen van een steeds toenemende stralingsbelasting. Er bestaat geen onschadelijke hoeveelheid straling; men neemt tegenwoordig aan dat er een lineaire dosis-effekt relatie bestaat. Dat wil zeggen: de gevolgen van een kleine dosis straling voor veel mensen heeft dezelfde effekt als een grote dosis voor wei-

nig mensen. Om deze reden heeft de US Environmental Protection Agency recentelijk geadviseerd om de gevolgen van de verspreiding van kernafval voor een periode van tenminste 1000 jaar te berekenen. De EPA maakt daarbij echter nog uitzondering voor sommige transuranen, jodium-129 en koolstof-14, waarvoor de gevolgen over veel langere perioden dan 1000 jaar dienen te worden berekend. Ze adviseren over een dergelijke lange termijn ook een algemene schatting te maken van effekten voor de menselijke gezondheid op basis van een aangenomen bevolking en een totale hoeveelheid vrijgekomen isotopen (61). Dit lijkt ons een goed uitgangspunt voor een verbeterde risiko-analyse over de opslag van radioaktief afval. De minimum voorwaarde voor een goede besluitvorming over de aanvaardbaarheid van een technologie die nadelige konsekwenties kan hebben voor vele generaties na de onze, lijkt ons een zo goed mogelijk overzicht van die konsekwenties en de onzekerheidsmarges daarvan. De hier besproken Veiligheidsanalyse voldoet niet aan deze voorwaarde.

Klarisse Nienhuys

Noten:

1. ICK, Sub-Commissie Radioaktieve Afvalstoffen. Eerste interim-rapport betreffende de mogelijkheden van opslag van radioaktieve afvalstoffen in zoutvoorkomens in Nederland, oktober 1977, p. 1. Hierna genoemd: "ICK".
2. H. Damveld, Waarom radioaktief afval in zoutkoepels?, dit nummer.
3. ICK, p. 11.
4. J. Hamstra, Veiligheidsanalyse voor ondergronds in een zoutkoepel opbergen van radioaktief vast afval. RCN-75-040. Petten, april 1975. Tevens bijlage bij het rapport van de Gezondheidsraad "Kerncentrales en Volksgezondheid", 1975. Hierna genoemd: "Veiligheidsanalyse".
5. Science *198*, p. 591 (11 november 1977).
6. W. Barnaby, Nature *274*, p. 6 (6 juli 1978).
7. ICK, p. 2.
8. K. Nienhuys, Opwerking van kernafval, Vereniging Milieudefensie, Amsterdam 1977.
9. G. Aupers, dit nummer.
10. D. Stemerding, dit nummer.
11. W.P. Bishop, F.J. Miraglia, Environmental Survey of the Reprocessing and Waste Management Portions of the LWR Fuel Cycle, U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREC-0116, October 1976, pp. 3 en 8 t/m 11. Hierna genoemd: "NUREG-0116".
12. H. Krause, Atomwirtschaft *21* (7), pp. 343-346 (juli 1976).
13. Ref. 12, pp. 23-29.
14. H. Damveld, Kerncentrales: de nationale monumenten van de toekomst?, dit nummer.
15. J. Hamstra, L. Smeets, B. Verkerk, H.J. Wervers, Atoomenergie *14* (9), pp. 235-248 (september 1972).
16. J. Hamstra, Atoomenergie *15* (12), pp. 290-301 (december 1973).
17. J. Hamstra, Atoomenergie *16* (7/8), pp. 175-180 (juli/augustus 1974).
18. H.J. Wervers, Atoomenergie *16* (7/8), pp. 166-174 (juli/augustus 1974).
19. F. Marcus, Nuclear waste. The issue that won't stay buried. Nordic Liaison Committee for Atomic Energy. Stand April 1976.
20. Projekt Gesellschaft Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen mbH, Das Projekt Entsorgung. Stand April 1976.
21. F. Culler, Nuclear Engineering International, January 1978, p. 37-40.
22. Kärn Bränsle Säkerhet. Handling of Spent Nuclear Fuel and Final Storage of Vitrified High Level Reprecessing Waste, Stockholm, 1977/1978, dl. IV, p. 15. Hierna genoemd: "KBS".
23. NUREG-0116, pp. 13-15.
24. C. Koning, Verwerking van radioaktief afval, ECN, Petten, januari 1977.
25. NUREG-0116, pp. 4 en 132 t/m 136.
26. Veiligheidsanalyse, pp. 7, 13.
27. B. Verkerk, Energiespectrum *1* (12), pp. 348-352 (december 1977).
28. NUREG-0116, pp. 4-107.
29. J.P. Colton, IAEA Bulletin *20* (1), pp. 35-41 (1978).
30. K. Nienhuys, Een ramp met kernafval, elders in dit nummer.
31. ICK, p. 4.
32 Groupe Interministériel d'Evaluation de l'Environnement. Groupe de Travail d'Evaluation des Options Techniques sur les Dechets Radioactifs et Autres Sous-Produits Genant de l'Energie Nucleaire, février 1974-décembre 1975.
33. Veiligheidsanalyse, p. 49.
34. G.J. McCarthy e.a., Nature *273*, pp. 216-217 (18 mei 1978).
35. P. Allen, Times, 26 oktober 1976.
36. G. de Marsily e.a., Science *197*, pp. 519-527 (5 augustus 1977).
36a. De dispersiekoëfficiënt Kd voor de verschillende isotopen is: jodium-129, Kd = 0; neptunium-237, Kd = 15 ml/gr; plutonium-239, Kd = 2000 ml/gr en Kd = 0.
37. G. Richter-Bernburg, Bild der Wissenschaft, December 1977, pp. 80-100.
38. H. Veenstra, Noorderbreedte *2* (1), pp. 9-14 (januari 1978).
39. Veiligheidsanalyse, p. 31.
40. Veiligheidsanalyse, p. 39.
41. ICK, Bijlage. Statusbericht van werkgroep D: risikoanalyse in zoutvoorkomens.
42. Ministerie van Ekonomische Zaken, 3500 MWe. Kerncentrales in Nederland, mei 1977, p. 17.
43. N. Calder, De weermachinerie en de dreiging van het ijs. Sesam-special. Bosch & Keunig,

Baarn, 1974, pp. 101, 121.
44. Veiligheidsanalyse, p. 35.
45. M. Hill, P. Grimwood, New Scientist, *78*, pp. 375-377 (11 mei 1978).
46. Veiligheidsanalyse, p. 20.
47. D.N. Dietz, De berging ondergronds van radioaktief afval, AO-1680, 16 september 1977.
48. Veiligheidsanalyse, p. 21.
49. Veiligheidsanalyse, p. 18.
50. Veiligheidsanalyse, p. 37.
51. Veiligheidsanalyse, p. 40.
52. Veiligheidsanalyse, p. 41.
53. J.M. Smith, Estimations of the rate of penetration of rock-salt by fresh water. TH Projekt "Ondergrondse berging van radioaktief afval in steenzout", TH Delft, januari 1977.
54. B.L. Cohen, Review of Modern Physics *49* (1), pp. 1-20 (januari 1977).
55. J.L. Means e.a., Science, *200*, pp. 1477-1480 (30 juni 1978).
55a. De dispersiekoëfficiënt Kd van cobalt-60 is normaliter 10.000. In aanwezigheid van zeer lage koncentraties EDTA is Kd echter 0,8-2,9.
56. Veiligheidsanalyse, p. 42.
57. G.I. Rochlin, Testimony on GESMO Ch. IV. H. Radioactive Waste Management, California Energy Resources Conservation and Development Commission, California, 1977.
58. N.E. Abrams, Paper presented tot the Critical Experts Conference, Stockholm, 1-3 June 1978.
59. KBS, dl. I, p. 105.
60. Veiligheidsanalyse, pp. 45-49.
61. U.S. Environmental Protection Agency, Considerations of Environmental Protection Criteria for Radioactive Waste, Washington, February 1978, pp. 19-21.

Kerncentrales: de nationale monumenten van de toekomst

Een kerncentrale heeft een ekonomische levensduur van ongeveer 20 jaar (1). Een kerncentrale wordt dan buiten bedrijf gesteld. Om technische redenen kan het nodig zijn dat een kerncentrale eerder gesloten wordt, bv. als na een ongeluk of een technisch mankement herstel van een kerncentrale te kostbaar blijkt of onmogelijk is vanwege de radioaktieve straling. Wanneer een kerncentrale buiten bedrijf gesteld wordt, is de kerncentrale zelf radioaktief geworden. Wat is er nl. gebeurd? In een kerncentrale wordt uranium gespleten, waarbij naast warmte ook neutronen vrijkomen, die op hun beurt uraniumkernen splijten. Maar sommige neutronen komen terecht in de stalen strukturen die de brandstofstaven vasthouden, in het koelwater, in het reaktorvat en in de omhulling om het reaktorvat; van binnen naar buiten is er eerst een stalen omhulling waaromheen een gebouw van gewapend beton is opgetrokken.
De neutronen worden ingevangen door de atoomkernen van ijzer, nikkel en allerlei andere elementen in staal, beton en water, zodat deze stoffen radioaktief worden.
De nieuw gevormde radioaktieve stoffen noemt men "geinduceerde radioaktieve stoffen" of "aktiveringsprodukten". De meeste van deze stoffen hebben een vrij korte halveringstijd, maar bv. nikkel-59 heeft een halveringstijd van 80.000 jaar. Daarom kan een kerncentrale niet zomaar afgebroken worden: de radioactieve straling kan mens en milieu schade toebrengen. Dit maakt het afbreken van een kerncentrale, ook wel *ontmanteling* geheten, een moeilijke en kostbare aangelegenheid. Maar niet alleen kerncentrales moeten ontmanteld worden. Alle fabrieken waar met radioaktief materiaal gewerkt wordt, worden radioaktief besmet omdat er radioaktief materiaal blijft kleven aan pijpen e.d. Derhalve zullen ook brandstofelementenfabrieken en opwerkingsfabrieken ontmanteld moeten worden.
Er zijn maar een paar theoretische studies verricht over de ontmanteling van grote nukleaire installaties. Bij het ontwerp en de konstruktie van deze installaties heeft men over het algemeen geen rekening gehouden met ontmanteling. Integendeel, aldus mr. Lennemann, werkzaam bij de afdeling Nuclear Safety and Environmental Protection van het IAEA (2): "Hoewel de bestaande grote kerninstallaties niet ontworpen zijn om ontmanteling gemakkelijk te maken, geven de studies en de huidige ervaring met ontmanteling aan, dat veel van de ontwerpen die attraktief zijn vanuit het gezichtspunt van konstruktie,

bedrijfsvoering en kostenbesparing, de ontmanteling veel moeilijker zullen maken."

Ontmantelingsmethoden

In de literatuur worden verschillende mogelijkheden onderscheiden om een kerncentrale buiten bedrijf te stellen (3).
a. Maken van 'graftombes'. De kerncentrale wordt afgesloten met beton en staal, nadat alle vloeibare afval en de brandstofstaven verwijderd zijn.
Op gezette tijden moet nagegaan worden of er straling vrijkomt en of de verzegeling nog wel intakt is.
b. In de mottenballen zetten. De centrale blijft intakt. Alle mechanische openingen in het koel-circuit worden geblokkeerd en verzegeld. De kerncentrale moet voortdurend bewaakt en gecontroleerd worden.
c. Totale ontmanteling. De kerncentrale wordt direkt na sluiting totaal afgebroken. Het terrein wordt in de oorspronkelijke staat teruggebracht en kan voor andere doeleinden gebruikt worden. Alle radioaktieve materialen moeten worden ingepakt en opgeslagen. Zoals elders in dit nummer aangetoond wordt, is het vinden van een veilige opbergplaats voor het radioaktieve afval een probleem. Afgezien daarvan levert de direkte ontmanteling een groot probleem: stalingsgevaren vanwege de grote hoeveelheden geïnduceerde radioaktiviteit. Om te voorkomen dat de werknemers een te grote hoeveelheid straling ontvangen tijdens het ontmantelen, moet de reaktor onder water en met afstandsbediening in stukken gezaagd worden. Ook dan zijn er nog veel werknemers nodig, opdat de maximaal toelaatbare straling per werknemer niet overschreden wordt.
d. Een kombinatie van hetzij de mottenballen, hetzij de graftombe, met in een later stadium ontmanteling. Volgens het Atomic Industrial Forum (3) is na 100 jaar de geïnduceerde radioaktiviteit zover teruggelopen dat een kerncentrale geheel ontmanteld kan worden zonder dat allerlei beschermende maatregelen nodig zijn; 0,3 rem/uur wordt beschouwd als een aanvaardbare dosis voor 'manual' ontmanteling, hoewel de maximaal toelaatbare kwartaaldosis voor een werknemer bereikt wordt in iets meer dan 4 uur.
Het Atomic Industrial Forum geeft om ekonomische redenen (waarover later meer) de voorkeur aan methode d.
In een rapport van 1972 van de Wetenschappelijke Raad voor Kernenergie gaat men ervan uit dat totale afbraak van een kerncentrale waarschijnlijk te duur is om ekonomisch aanvaardbaar te zijn. Men kiest voor één van de volgende maatregelen: de kerncentrale zonder meer laten staan; afbreken van de niet-radioaktieve delen om het terreinverlies te beperken; een procedure om het verzegelen van het radioaktieve areaal vooraf te laten gaan door een zo volledig mogelijke opvulling met radioaktief afval; de kerncentrale is tevens afvalopslagplaats. De Commissie Reactorveiligheid stelt in haar rapport van 1975 (4): "Voor relatief sterk radioactief besmette onderdelen zal er de voorkeur aan gegeven worden enige jaren te wachten alvorens tot verdere ontmanteling over te gaan." Men moet zeker meer dan 10 jaar wachten, maar hoe lang precies vermeldt het rapport niet. Hier dus ook de keuze voor ontmantelingsmethode d. Optimistisch wordt meegedeeld: "Hoewel er nog geen ervaring is met de ontmanteling van 1000MWe kernenergiecentrales, kan uit de ervaringen bij de ontmanteling van kleinere kerninstallaties afgeleid worden dat een volledige afbraak van de installatie na verloop van tijd mogelijk is."
Dit is echter geenszins probleemloos. We komen hier straks op terug. Over de ekonomische kant van de zaak vinden we niets in het rapport. Ook wordt niet aangegeven of de kerncentrale tijdens de wachttijd bewaakt moet worden.
Een paragraaf van het rapport "Risico-analyse van de splijtstofcyclus in Nederland" van de SEP gaat over ontmanteling. Hierin wordt gekozen voor definitieve afbraak na een afkoelperiode van 20 à 50 jaar, waarin kontinue bewaking en periodieke kontrole op de integriteit van de konstruktie en de werking van de bewakingsapparatuur nodig zijn. Ook in dit rapport komt niet aan de orde hoeveel de ontmanteling gaat kosten en hoe de bewaking georganiseerd moet worden (5).

Afkoelperiode

We zullen nu ingaan op de vraag hoe het komt dat in de verschillende rapporten een verschillende afkoelperiode wordt genoemd.
De duur van de afkoelperiode kan worden bepaald uit berekeningen van de hoeveelheid radioaktiviteit. Deze hoeveelheid wordt bepaald door het aantal jaren dat een kerncentrale in bedrijf is geweest, het type en de konstruktie van de desbetreffende centrale. In het SEP-rapport vinden we een tabel met de hoeveelheid radioaktiviteit van een centrale als funktie van de tijd.
De belangrijkste readioaktieve stoffen zijn (meteen na sluiting van de kerncentrale van 1000MWe):

Isotoop	*Aktiviteit in Curie*	*Halfwaardetijd in jaren*
IJzer-55	$7{,}93.10^5$	2,6
Cobalt-60	$2{,}92.10^5$	5,26
Nikkel-63	$0{,}15.10^5$	92

In het SEP-rapport gaat men er van uit dat na 10 jaar IJzer-55 en na 50 jaar Cobalt-60 volledig vervallen zijn.
Wanneer we deze cijfers vergelijken met de cijfers die in een Amerikaanse studie door Harwoord e.a. worden gegeven, zijn de verschillen erg groot; bovendien blijken er meer stoffen in het spel te zijn: (cijfers meteen na sluiting):

Isotoop	*Aktiviteit in Curie*	*Halfwaardetijd in jaren*
IJzer-55	346.10^5	2,6
Cobalt-60	$7{,}3.10^5$	5,26
Nikkel-63	2680	92
Nikkel-59	171	156.000
Niobium-94	spore-	20.000
Koolstof-14	elementen in reaktor-straal	5700

Een studie van de OECD geeft aan, dat de radioaktiviteit 1 jaar na sluiting van een kerncentrale van 1000MWe 20.10^5 Curie bedraagt. Dit is meer dan volgens de studie van de SEP en minder dan volgens de studie van Harwood e.a. Ondanks naspeuringen en telefoongesprekken beschikken we niet over alle informatie die nodig is om na te gaan waar de verschillen precies door veroorzaakt worden. Maar hoe meer radioaktiviteit, hoe langer de afkoelperiode moet zijn. Hier moeten we de verklaring zoeken voor de verschillende afkoelperiodes die genoemd worden.
De lengte van de afkoelperiode is afhankelijk van de hoeveelheid radioaktiviteit, het verloop daarvan in de tijd en de hoeveelheid straling waar werknemers tijdens de ontmanteling aan blootgesteld mogen worden. Ondanks intensief speurwerk en telefoongesprekken hebben we niet voldoende informatie om na te gaan waar de verschillen in hoeveelheid radioaktiviteit en derhalve ook in de lengte van de afkoelperiode op gebaseerd zijn. Derhalve kunnen we niet precies bepalen hoeveel generaties na ons de nationale kerncentrale-monumenten kunnen bezichtigen.
Als echter de berekeningen van Stephens en Pohl (13) kloppen, dan is de straling van Niobium-94 na stilleggen van de centrale 0,46 rem per uur. Gegeven de halfwaardetijd van Niobium-94 duurt het een paar duizend jaar voordat de dosis bereikt wordt, waarbij volgens het Atomic Industrial Forum zonder beschermende maatregelen ontmanteld kan worden. Dit duidt op een afkoelingsperiode van duizenden jaren.
Tot slot van deze paragraaf vermelden we de hoeveelheid radioaktief afval bij ontmanteling van een 1000MWe kerncentrale (10): het totaal is meer dan 2500 ton; daarnaast ontstaat er $10.000m^3$ middel-aktief vloeibaar afval. Tijdens de ontmanteling worden werktuigen e.d. besmet, een paar honderd ton. Om het afval en de werktuigen in de pakken, heeft men weer werktuigen nodig, die besmet worden en dus moeten worden ingepakt ... enzovoort.

Ontmantelingsproblemen

De vier genoemde mogelijkheden om een kerncentrale te ontmantelen, zijn op dit moment meer theoretisch dan praktisch. Er zijn nl. enkele onopgeloste problemen:

1. Er is nog nooit een kerncentrale van 1000MWe ontmanteld. De ervaring tot nu toe heeft betrekking op onderzoeksreaktoren, en kleine prototypes. In deze reaktoren hebben de splijtstofstaven een versplijtingsgraad van 5000 tot 10.000 MWd/t (megawattdagen per ton, een maat voor de hoeveelheid energie die de brandstofstaven geleverd hebben). Bij de huidige centrales maken de splijtstofstaven 30.000 tot 35.000 MWd/t. Deze kerncentrales worden een stuk radioaktiever. Tevens hadden deze kleine ontmantelde reaktoren maar een paar jaar gewerkt, terwijl de huidige kerncentrales 20 jaar moeten werken. Wanneer we met Harwood uitgaan van de veronderstellingen dat de hoeveelheid aktiveringsprodukten evenredig is aan de energie die de centrale produceert, dan zal de 1000MWe kerncentrale na 20 jaar ongeveer 80 keer zo radioaktief zijn als een kerncentrale van 50MWe.
2. Werktuigen om radioaktieve onderdelen van een 1000MWe centrale te snijden, te breken, te behandelen en te vervoeren, zijn er niet. Er zal dus apparatuur ontwikkeld moeten worden van de relevante afmetingen, liefst met afstandsbediening.
Als deze problemen opgelost zijn en een mogelijkheid om een kerncentrale te ontmantelen reëel is, zijn we er nog niet:
1. Er bestaan geen theoretische studies over de ontmanteling van een brandstofelementenfabriek. Er is ook geen ervaring met ontmanteling van zo'n fabriek.
2. Er zijn grote problemen met de ontmanteling van een plutoniumbrandstofelementenfabriek en een opwerkingsfabriek. Om mr. Lenneman weer te citeren: "Is er iemand die echt de problemen kan beoordelen die te verwachten zijn bij de volledige ontmanteling van een plutonium-brandstofelementenfabriek of een opwerkingsfabriek?" (2) Hiermee suggereert Lenneman dat het niet mogelijk is alle problemen te overzien. Als men derhalve besluit een opwerkingsfabriek te bouwen, neemt men een risiko, om een probleem te scheppen dat men misschien niet op kan lossen. Niet alleen lopen toekomstige generaties gevaar vanwege de radioaktieve opwerkingsfabriek, maar de generaties na ons zullen de gesloten opwerkingsfabriek ook moeten bewaken en onderhouden. Hoe kan men garanderen dat generaties na ons bereid zullen zijn deze last op zich te nemen?

Kosten

Naast deze technische en sociale pro-

"Vermoedelijk een altaar voor een van hun religieuze praktijken".

blemen is er nog een derde aspekt aan de ontmanteling: wat zijn de kosten en wie zal dat betalen? De kosten van de ontmanteling van een kerncentrale worden door het Atomic Industrial Forum op 40 miljoen dollar geschat, in dollars van 1975 (3). De gebruikte ontmantelingsmethode is: totale ontmanteling na 100 jaar. De kosten lijken ons aan de lage kant: de bewaking van de 1000MWe kerncentrale Niederaichenbach in W-Duitsland (buiten gebruik gesteld in 1975) kost 1 miljoen DM per jaar (7); de kerncentrale bij Oyster Creek, USA, 640MWe, kan ontmanteld worden voor 100 miljoen dollar, terwijl de oorspronkelijke konstruktiekosten 65 miljoen dollar waren (9). Als men de kerncentrale niet volledig ontmanteld, maar de methode van de graftombe of de mottenballen toepast, zal volgens een publikatie van Glauberman of Manion van US ERDA (8) gedurende vele duizenden jaren bewaking en kontrole nodig zijn. Indien dit 1 miljoen gulden per jaar kost, zonder inflatie, reële loonstijgingen en prijskompensatie, zullen de totale kosten vele miljarden guldens bedragen. Ramingen die de ontmantelingskosten minstens even hoog veronderstellen als de konstruktiekosten van een kerncentrale of een opwerkingsfabriek lijken ons derhalve realistisch (9).
Men schat dat de ontmanteling van de opwerkingsfabriek te West Valley, New York, USA, ongeveer 540 miljoen dollar gaat kosten (11); de kosten voor de verwerking en opslag van het afval dat bij deze opwerkingsfabriek is opgeslagen zitten hier niet bij in. De opwerkingsfabriek had een kapaciteit van 300 ton per jaar. De fabriek werd in 1966 in gebruik genomen en in 1972 gesloten. In totaal werd 630 ton brandstof opgewerkt, het equivalent van de kapaciteit van 2 jaar! De geplande opwerkingsfabriek krijgt een kapaciteit van 1400 ton per jaar. Hoeveel zal de ontmanteling na 20 jaar dan wel kosten? Wie zal de ontmanteling betalen? Het lijkt me redelijk dat de gebruikers van kernenergie ervoor moeten betalen. Dit betekent dat de kosten van ontmanteling doorberekend moeten worden in de prijs van elektriciteit uit kerncentrales. Gelden die op deze manier opgebracht worden, moeten opzij worden gezet, er moet een speciaal fonds worden opgericht. Slechts dan bestaat er een kans dat er gelden beschikbaar zijn op het moment dat een kerncentrale ontmanteld moet worden.

Regeling voor de toekomst

We betwijfelen het of er goede regelingen getroffen kunnen worden voor de financiering van de ontmanteling van kerncentrales, opwerkingsfabrieken en andere nukleare installaties. Eventuele regelingen kunnen slechts dan effektief zijn als voldaan wordt aan een aantal voorwaarden. Er mag bv. geen overgang plaats vinden naar een ekonomische orde, waar geen rente over het kapitaal meer bestaat. Zonder rente zou men nl. bedrogen uitkomen in het bedrag dat uiteindelijk beschikbaar komt voor ontmanteling.
Een tweede voorwaarde: indien de gelden voor het ontmantelingsfonds in handen zijn van de eigenaren van elektriciteitsbedrijven, moet ervoor gezorgd worden dat deze bedrijven nooit failliet gaan; gaan ze wel failliet, dan kunnen ze noch de kosten van de bewaking tot het tijdstip van ontmanteling noch de ontmanteling zelf betalen.
Ten derde zullen de generaties na ons bereid moeten zijn onze radioaktieve monumenten te bewaken en te onderhouden.
Regelingen om de ontmanteling te bekostigen hebben daarom slechts zin, als voldaan wordt aan de voorwaarden dat er geen veranderingen op zullen treden is de ekonomische, sociale en politieke omstandigheden; maar wie kan dat garanderen?
Als er een fonds wordt opgericht, moeten de regelingen wel beter zijn dan in het geval van het zgn. Perpetual Care Fund voor de zorg voor het hoogaktief afval van de West Valley opwerkingsfabriek. Dit fonds moest dienen als een zekerstelling: men hoopte dat het inkomen uit dit fonds voldoende zou zijn om het afval "eeuwig" te bewaken. In

1977 bevatte het fonds 2,5 miljoen dollar; het jaarinkomen dat hiermee wordt verkregen is ongeveer 0,1% van de kosten van verwerking en opslag van het afval (11).

Probleem genegeerd

Op dit moment worden in Nederland de genoemde voorzieningen niet getroffen. Bij de berekening van de kosten van elektriciteit uit kerncentrales wordt in de Energienota van 1974 geen rekening gehouden met ontmantelingskosten. In een recente studie van het KIVI (12) worden de ontmantelingskosten onderschat. Ontmanteling van kerncentrales, opwerkingsfabrieken e.d. is, zo kunnen we afsluitend zeggen, een groot probleem met sociale, technische en ekonomische aspekten. In de nota's van de overheid wordt dit probleem meestal nauwelijks besproken. De eerste keer dat dit probleem aangestipt werd in een nota van de Nederlandse overheid was in een rapport van de Wetenschappelijke Raad voor de Kernenergie van juli 1972. In dit rapport worden maatregelen opgesomd die men in beschouwing kan nemen; totale afbraak zou waarschijnlijk te duur worden. Oftewel, in 1972 verwachtte men met de kerncentrales te blijven zitten.
Volgens de Kommissie Reaktorveiligheid is volledige ontmanteling wel mogelijk, maar de benodigde afkoelperiode wordt waarschijnlijk onderschat. Over de ekonomische, sociale en technische aspekten van ontmanteling vinden we echter geen woord. Door deze problemen te veronachtzamen wordt op een onverantwoordelijke manier: a. een last wat betreft bewaking, ontmanteling en kosten gelegd op de generaties na ons; 2. de hoeveelheid radioaktief afval onderschat en 3. de kosten van elektriciteit uit een kerncentrale onderschat. Omdat niet besproken wordt hoe de ontmantelingsproblemen opgelost zouden kunnen worden, is de kans groot dat kerncentrales de nationale monumenten van de toekomst worden.

Herman Damveld

Noten:

1. Guck, Ekonomische aspekten van de huidige kernenergieprogramma's; EEG-konferentie, 31 nov. 1977, Brussel.
2. Lennemans, Management of radioactive wastes, IAEA-Bulletin vol 17, nr. 4, 1976, p. 6.
3. W. Manion en T. LaGuardia, An Engineering Evaluation of Nuclear Power Reactor Decommissioning Activities, Atomic Industrial Forum, november 1976.
4. Kommissie Reaktorveiligheid, Advies over de veiligheidsaspekten van de splijtstofcyklus in Nederland, Voorburg, september 1975.
5. Samenwerkende Elektriciteitsproduktiebedrijven, Risiko-analyse van de splijtstofcyklus in Nederland, Arnhem, juni 1975.
6. S. Harwood e.a. The Cost of turning it of. In: Environment, vol 18, no. 10, december 1976.
7. New Scientist, 8 juni 1978, p. 645.
8. Glaubermann en Manion, Parer 16, IAEA Conference, Salzburg 1977.
9. NRDC World Environmental Alert, vol 1, nr. 18, nov/dec. 1977. Proceedings of Quantitative Environmental Comparisons of Coal and Nuclear Electrical Generation at their Associated Fuel Cycle Workshop, Volume II, Publication MTR-7010, MITRE Corporation, Virginia, August 1975, p. 18-19. Referentie 2.
10. Objectives, Concepts and Strategies for the Management of Radioactive Waste Arising from Nuclear Power Programmes, Report by an NEA Group of Experts of the OECD, september 1977.
11. P. Hudson, Radioactive Ransom, A NYPIRG Report, New York 1976.
12. De kosten van kernenergie in Nederland, KIVI Afd. Kerntechniek, Den Haag, mei 1978.
13. J. Stephens and L. Pohl, Trace Elements in Reactor Steels. Implications for Decommissioning. In: Nuclear Engineering and Design 47 (1978), p. 125-134.

Een groot ongeluk met kernafval

Twee jaar geleden waren er onduidelijke berichten over een Russische kernramp die zich in 1957/58 zou hebben voorgedaan. Uit recent beschikbaar gekomen informatie blijkt dat het om een ramp met kernafval ging, waarvan de gevolgen zich in grote lijnen laten rekonstrueren. Deze illustreren de risiko's, o.m. verbonden aan tussenopslag van kernafval, en benadrukken het belang van een diskussie over de aanvaardbaarheid van een technologie die het risiko van dergelijke kernramp met zich meebrengt.

Eind 1957 of begin 1958 heeft zich in de Sovjet Unie een ramp met kernafval voorgedaan. De gevolgen van deze ramp geven een indikatie van wat te verwachten is van een grote ramp met een tussenopslagplaats voor bestraalde splijtstofstaven of een tank met hoogradioaktief afval. Ze laten tevens zien, dat cijfers over de aantallen akute dodelijke slachtoffers van een kernramp ontoereikend zijn om de maatschappelijke betekenis van zo'n ramp weer te geven. Ze ondersteunen eerder gedane voorspellingen over de gevolgen van een grote ramp met een kerncentrale in Nederland.

Informatie

De Russische kernramp werd in november 1976 algemeen bekend door een artikel van Zhores Medvedev in het blad New Scientist (1). Medvedev, een belangrijke Sovjet dissident die thans in Engeland woont, beschreef in het artikel de ontwikkeling van de dissidente beweging in Rusland. Hij noemde daarbij de betreffende kernramp als een van de redenen dat vooraanstaande kernfysici die voor de ramp gewaarschuwd hadden, een kritische houding tegenover het overheidsbeleid gingen aannemen.
Medvedev, zelf biochemicus, heeft door zijn persoonlijke loopbaan veel informatie over de gevolgen van de ramp kunnen krijgen. Hij werkte vanaf 1951 in het eerste laboratorium in Rusland dat isotopen in de landbouw toepaste. Het wetenschappelijk hoofd van het instituut, prof. Vsevolod Klechkovsky, was een toonaangevend expert op dit gebied en kreeg na de ramp de taak om in het besmette gebied een station voor onderzoek naar de biologische gevolgen van straling op te richten. Medvedev kreeg een baan bij het station aangeboden, maar weigerde deze omdat het werk onder geheimhouding zou vallen. Een kollega van hem werd er echter direkteur en ook een aantal jongere onderzoekers ging erheen en werken er thans nog (2, 3).
Niet wetend dat de ramp in het Westen vrijwel onbekend was, gaf Medvedev er in zijn artikel een korte beschrijving van. De ramp zou volgens hem veroorzaakt zijn door een explosie van kernafval.
Het artikel kreëerde onverwachte sensatie. Volgens de persberichten die er op volgden betitelde de voorzitter van de United Kingdom Atomic Energy Authority het verhaal van Medvedev als "pure science fiction", "nonsens" en "een hersenspinsel". Hij achtte de ramp "hoogst onwaarschijnlijk", "een explosie (van hoogaktief afval)... onmogelijk, zowel nucleair als thermisch" (4, 5).
Uiteenlopende mensen in verschillende landen bevestigden echter dat een dergelijke ramp in 1958 had plaats gevonden: prof. J. Erickson, Ruslandkenner en hoogleraar in de politieke wetenschappen te Edinburgh (5, 6), ir. S.A. Weinhold, de voorlichtingsman van het kernonderzoekcentrum Jülich in West-Duitsland (6), twee onafhankelijke bronnen van de Amerikaanse inlichtingendienst (7) en tenslotte diverse mensen die kort na de ramp in het gebied waren geweest en intussen naar Israël of de V.S. waren geemigreerd (8, 10). Alleen verschilden de meningen omtrent de bron van de ellende. Genoemd werden een reaktor, een opwerkingsfabriek (waar men plutonium uit bestraalde uraniumstaven haalt), een plutonium-opslagplaats en de ondergrondse opslag van kernafval.
In juni en november 1977 publiceerde

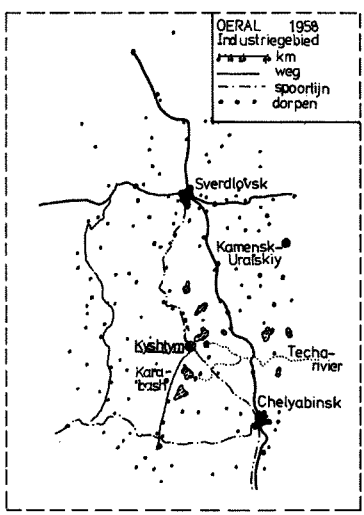
Medvedev twee artikelen met aanvullende informatie, gebaseerd op artikelen in Russische vaktijdschriften voor biologie (3, 11). In oktober 1977 gaf de CIA een officiële bevestiging van de ramp, toen ze, gedwongen door de Wet op de Vrijheid van Informatie, 14 gedeeltelijk gecensureerde artikelen over de zaak vrijgaf (12-26). Tien hiervan bevatten nog niet eerder gepubliceerde informatie (13-20, 22, 24).
Tenslotte bleek dat Bradley, een van de weinige Russisch-Engelse vertalers die er in de '50-er en '60-er jaren waren op het gebied van natuurwetenschappelijke literatuur, vanaf september 1958 van de ramp op de hoogte was geweest. In de loop van de '60-er jaren heeft hij voor, ook voor hem geheim gehouden Engelse en Amerikaanse opdrachtgevers de Russische artikelen, waaraan Medvedev refereert, vertaald en bovendien vele andere over onderzoek in het rampgebied (27, 28).

Plaats en tijdstip

De plaats waar de ramp zich voordeed, ligt in de buurt van een omvangrijk kernkomplex voor de produktie van plutonium voor atoombommen. Het komplex lag op ongeveer 15 km afstand van Kyshtym en omvatte o.m. de eerste Russische kernreaktor die omstreeks 1946 kritisch werd (3, 20, 23, 27). Kyshtym ligt in de provincie Chelyabinsky, midden in het Oeral gebied dat na de tweede wereldoorlog een centrum voor zware industrie werd. Op ongeveer 100 km afstand liggen de steden Sverdlovsk en Chelyabinsk, die in 1958 elk zo'n 800.000 inwoners hadden (29, 30) (zie kaart (31).)
Een gebied van 2700 km^2 rond Kyshtym werd in 1954 voor het publiek, inklusief de toenmalige bewoners, afgesloten, deels vanwege de aanwezigheid van het komplex, maar ook omdat er werkkampen gevestigd werden. Volgens een ongedateerd CIA-rapport waren er 40.000 mensen aan dwangarbeiders en militair personeel in het gebied (20).
Het tijdstip van de ramp ligt tussen november 1957 en februari 1958. Dit volgt uit de duur van de "experimentele" omstandigheden, genoemd in artikelen over onderzoek in het gebied (3). Volgens Bradley zijn fall-out gegevens voor Tomsk en Novosibirsk konsistent met deze periode, met november 1957 als meest waarschijnlijke datum (28).
In maart 1958 zijn velen in de grote steden in de buurt van Kyshtym van de eerste gevolgen op de hoogte (16). In mei van dat jaar ontvangt de CIA een rapport waarin wordt gemeld dat "verschillende Sovjet-employees en bezoekers van de wereldtentoonstelling te Brussel onafhankelijk maar konsistent verklaard (hebben), dat het per ongeluk optreden van een kernexplosie gedurende de lente van 1958 algemeen bekend was in de USSR" (13).

Oorzaak

De oorzaak van de ramp is vrijwel zeker een explosie van kernafval. De andere mogelijkheden vallen af op basis van de volgende overwegingen. Bij een nukleaire



Een overzicht van de omgeving van het ongeluk in 1958. De provincie Chelyabinsky is een centrum van zware industrie midden in de Oeral.

explosie van een plutoniumopslagplaats zouden er berichten moeten zijn geweest over een grote schok en brand in de dichtbevolkte gebieden rond Kyshtym. Die zijn er niet. Door de hitte van een dergelijke explosie zouden de splijtingsprodukten hoog in de atmosfeer terecht gekomen zijn, terwijl volgens Bradley uit de eerder genoemde fall-out gegevens blijkt dat vrijwel geen materiaal de hogere luchtlagen heeft bereikt. Ook in de filters van de UKAEA zijn geen sporen te vinden van een bovengrondse kernexplosie in de periode tussen november 1957 en februari 1958 (32).
Volgens Medvedev zijn er meer dan 100 artikelen in Russische vaktijdschriften verschenen over de gevolgen van strontium-90 en cesium-137 voor planten- en dierenpopulaties. De auteurs van deze artikelen, de specifieke kombinatie van planten en dieren, het klimaat, het bodemtype en de "experimentele" omstandigheden bewijzen dat deze artikelen over het gebied van de Kyshtymramp gaan (3, 11).
Uit in de artikelen genoemde isotopenkoncentraties in de bovenste bodemlagen en de geschatte grootte van de besmette gebieden weet Medvedev uiterst aannemelijk te beredeneren hoeveel strontium er in het gebied werd verspreid (3). We hebben hieruit de in 1958 verspreide hoeveelheid berekend door te korrigeren voor biologisch en fysisch verval na dat tijdstip. Deze komt overeen met de hoeveelheid strontium die zich bevindt in tenminste 50 ton uitgewerkte splijtstof uit een moderne 1000MWe kerncentrale, d.i. ongeveer het dubbele van de jaarproduktie. (*33). Een kernexplosie die zoveel strontium produceert is tuim 1000 maal zo sterk als de bom die Nagasaki in augustus 1945 verwoestte. Zelfs al zou Medvedev een faktor 100 te hoog zitten, dan zou zoiets niet onopgemerkt gepasseerd zijn.
De door ons berekende, verspreide hoeveelheid strontium (of zelfs een honderdste daarvan) maakt het eveneens onwaarschijnlijk dat een ongeval met een reaktor de oorzaak van de ramp zou zijn geweest, omdat reaktoren in die tijd erg groot waren. Op heel andere gronden, namelijk het migratiegedrag van eenden uit het rampgebied en de hoeveelheid strontium-90 in hun botten, komt Medvedev tot dezelfde konklusie. Ook de strontium koncentratie in andere dieren zoals snoeken, die aan het eind van de voedselketen staan, zou hierop wijzen. Deze overwegingen en de betrekkelijk geringe schade bij de meest stralingsgevoelige onder de planten, de pijnbomen, maken het waarschijnlijk dat er door de explosie "oud" kernafval is verspreid, waarvan het totale stralingsniveau in verhouding tot de hoeveelheid strontium-90 was afgenomen doordat de kortstlevende isotopen reeds vervallen waren (11).

In opwerkingsfabrieken in de V.S. en Engeland hebben zich zowel ongevallen t.g.v. kortstondige kettingreakties als chemische explosies voorgedaan, waarvan men zich zou kunnen voorstellen dat ze tot een forse explosie en brand aanleiding hadden kunnen geven (34, 35). Gezien echter de schaal en de aard van de opwerkingsmethoden in de '50-er jaren lijkt het ons bijzonder onwaarschijnlijk dat er in die tijd een hoeveelheid kernafval in een opwerkingsbedrijf aanwezig zou zijn geweest, die tot de effektieve verspreiding van het equivalent van 50 ton modern kernafval zou hebben kunnen leiden. Zelfs een honderdste daarvan lijkt ons al moeilijk voorstelbaar.
De konklusie is derhalve dat de ramp veroorzaakt werd door een explosie van een opslagplaats van kernafval. Volgens Medvedev was er vanaf het begin van de (kern)bewapeningswedloop bij Kysthym kernafval opgehoopt, hetgeen de verspreide hoeveelheid strontium kan verlaten (1).
Er zijn drie, elkaar wellicht aanvullende verklaringen voor een explosie van een opslagplaats van kernafval:
1. Medvedev beschrijft de explosie als lijkend op een geweldige vulkaan, die radioaktieve stof en materialen hoog de lucht in spoot. Volgens hem was de oorzaak een opeenhoping en oververhitting van gassen rond het zeer slordig op-

geslagen kernafval (1, 2). De voorwaarden daartoe waren ongetwijfeld aanwezig. Door de intense straling van het radioaktieve afval kan door radiolyse van het aanwezige water, d.w.z. vocht of chemisch gebonden water, knalgas ontstaan en uit organisch materiaal wellicht makkelijk ontvlambare stoffen.

2. De andere mogelijkheid is dat het afval zo was opgeslagen dat er een bijna kritische hoeveelheid plutonium bij elkaar was. Plotseling binnenlopend water zou dan als moderator werken. De daardoor ontstane kortstondige kettingreakties zouden op zichzelf wel niet voldoende explosiepotentieel hebben, maar de plotselinge hitte zou een stoomexplosie tot gevolg hebben, die uiterlijk veel op een vulkanische eruptie lijkt (28, 32, 35). Gegeven de opwerkingstechnieken van de jaren '40 en '50 bevatte het afval vermoedelijk vrij veel plutonium, hetgeen deze verklaring extra waarschijnlijk maakt.
Volgens Bradley werden oplossingen met opwerkingsafval opgeslagen in boorgaten die in het gebied ten westen van Kyshtym, b.v. bij Karabash, veelvuldig voorkwamen, dankzij het zoeken naar daar aanwezige mineralen. Zulke boorgaten moeten daarvoor echter eerst chemisch behandeld worden, omdat de klei-achtige bodem zonder zo'n behandeling gunstige voorwaarden vormt om een kritische situatie te doen ontstaan (28, *36).

3. Een derde verklaring, afkomstig van Bradley die echter de tweede verklaring waarschijnlijker vindt, is dat de opeenhoping van de hitte van het kernafval in de rotslagen, die de boorgaten omringden, tot een kunstmatige vulkanische eruptie geleid zou kunnen hebben (28).

Gevolgen van verspreiding van kernafval

Als een grote hoeveelheid kernafval door een explosie vrijkomt en zich met de wind verspreidt, laten de gevolgen zich op verschillende manieren voelen. De omvang en de verscheidenheid van de gevolgen zijn voor Nederland uitvoerig beschreven in de rapporten "Kernenergie in diskussie" en "Kleine kansen, grote gevolgen". Hierbij ging het om de gevolgen van een groot ongeluk met een kerncentrale (37, 38).
Bij een ramp met de opslag van "oud" kernafval uit meerdere kerncentrales kunnen de gevolgen in dezelfde orde van grootte liggen (39). Omdat de kortstlevende isotopen zijn vervallen ontstaat er echter wel een aksentverschuiving van korte naar lange-termijn effekten. Een dergelijke ramp zou zich kunnen voordoen met een tank van hoogradioaktief, vloeibaar afval bij een opwerkingsfabriek of met een tussen-opslagplaats van bestraalde splijtstofstaven. Een dergelijke tussenopslag wordt in Ahaus, dicht bij de Duits-Nederlandse grens voorzien en is op langere termijn eventueel ook in Nederland te verwachten (40).
De gevolgen van zo'n ramp zijn:
(a.) Direkte slachtoffers ten gevolge van de explosie en door de straling. In ernstige gevallen gaan de laatsten binnen enkele dagen of weken dood, anders herstellen ze over een periode van vele maanden of weken van meer of minder ernstige brandwonden, ingewandsstoornissen, bloedaandoeningen en infekties.
(b.) Lange-termijn slachtoffers door somatische schade: pas jaren na de ramp kunnen mensen stralingsziekten krijgen, zoals kanker en leukemie. Dit betreft niet alleen diegenen die tijdens de ramp in de buurt zijn, maar ook mensen die na de ramp naar het gebied moeten verhuizen of kinderen die pas later in het gebied geboren worden en er opgroeien.
(c.) Lange-termijn slachtoffers door erfelijke schade: door de straling uit de radioaktieve wolk die bij de explosie ontstaat, later door het konsumeren van besmet voedsel en kontinue bestraling vanaf de besmette bodem, kunnen generaties nadien kinderen geboren worden met erfelijke afwijkingen, die zij op hun beurt uiteraard doorgeven aan volgende generaties.
(d.) Bij ernstige besmetting van het land en de huizen moeten deze ontruimd worden om te voorkomen dat de bewoners een te grote stralingsdosis krijgen.

De omvang en de duur van de evakuatie hangt af van wat de norm voor "akseptabele" stralingsdosis is.
(e.) Voedsel en landbouwprodukten die direkt na de ramp uitwendig besmet zijn moeten vernietigd worden. Na de ramp opkomende gewassen besmet door opname van radioaktieve stoffen uit de bodem en door ronddwarrelend stof. Afhankelijk van de gehanteerde normen zijn ze niet meer "geschikt" voor konsumptie of een bron van toenemende besmetting van de konsument. Analoge problemen doen zich voor in verband met water, vee, gevogelte, konijnen en ander eetbaar wild en met de visvangst. De beschrijving van Medvedev is hiermee in overeenstemming en de verslagen van ooggetuigen en het biologisch onderzoek wijzen er op dat alle genoemde gevolgen zich hebben voorgedaan.
Ad a.) en b.): In een Amerikaans tv-programma naar aanleiding van de publikatie van Medvedev vertelde een anonieme Sowjet-Israëlische immigrant, dat hij kort na de explosie in het ziekenhuis van Sverdlovsk van een van zijn vrienden, een arts, hoorde dat het hele ziekenhuis volgepropt lag met slachtoffers van de Kyshtymexplosie (10). Volgens een bron van de CIA was het voornaamste bewijs van de explosie het geweldige aantal gewonden in de ziekenhuizen van Chelyabinsk. Vele gewonden leden aan de gevolgen van straling.
Een CIA rapport van 1959 meldt dat de mensen in Kamensk-Uralsky hysterisch van angst werden bij het uitbreken van onbekende "mysterieuze" ziektes. Een paar vooraanstaande burgers wekten de publieke woede door kleine stralingsmeters te dragen die niet voor iedereen beschikbaar waren (14).
Tzumerman, voormalig hoofd van het biofysisch laboratorium van het Instituut voor Molekulaire Biologie te Moskou, hoorde tijdens een bezoek aan Sverdlovsk in 1961, dat er vele honderden mensen dood waren gegaan of ziek geworden (19, 25). Een ongedateerd CIA rapport geeft hetzelfde cijfer (20). Volgens Medvedev werden tienduizenden mensen getroffen en stierven er honderden; men maakte de echte cijfers echter nooit bekend (1).
Volgens een informant van de CIA was het begin van 1961 algemeen bekend dat de Chelyabinsky provincie een abnormaal hoog aantal kankergevallen had (16).
Ad c.): In de kontekst van het eerder genoemde Amerikaanse tv-programma vertelde een vrouw die 10 jaar na de ramp in het gebied kwam wonen dat ze in 1968 zwanger werd en het advies kreeg een abortus te laten plegen, hetgeen ze deed (11).
Ad d.): Uit twee CIA rapporten blijkt dat als gevolg van het ongeluk de autoriteiten gedwongen waren de bewoners van verscheidene dorpen in het Kyshtym gebied elders in nieuw gebouwde dorpen te huisvesten. De bewoners mochten alleen de kleren die ze aanhadden meenemen. Hun huizen werden afgebroken (15, 16). Tzumerman kwam drie jaar na de ramp door het gebied. De auto waarin hij reed moest vanwege de straling over een afstand van 30 km met de ramen dicht, zonder stoppen op maximum snelheid rijden. Tzumerman beschrijft het gebied als volgt: "Aan beide kanten van de weg was helemaal niets, een leeg land. Geen dorpen, geen steden, alleen de schoorstenen van verwoeste huizen, geen bewerkte velden, geen weilanden, geen kudden, geen mensen ... niets". (8, 9). De omvang van het geëvakueerde gebied wordt geschat op een paar honderd tot duizend vierkante kilometers (8, 3).
Ad e.): Na de ramp werden alle winkels in Kamensk-Uralski die melk, vlees en ander voedsel verkochten gesloten als voorzorg tegen straling. Nieuwe voorraden werden twee dagen later per trein en vrachtauto aangevoerd. Het voedsel werd direkt van de wagens verkocht. De rijen mensen die daarbij ontstonden deden denken aan de rijen tijdens de ergste voedseltekorten tijdens WO II, aldus een CIA rapport uit 1959 (14).
Begin 1961 vertelt een informant van de CIA dat voedsel dat door boeren naar de markt in Chelyabinsk werd gebracht door de autoriteiten van de gemeentelijke gezondheidsdienst gekontroleerd en (te) radioaktief voedsel vernietigd werd

(16). De eerder genoemde vrouw vertelde dat ze, 10 jaar later, bij het boodschappen doen haar eigen Geigerteller meenam om de radioaktiviteit van vers voedsel te meten (10). De verkoop van vlees en vis op de open markt werd verboden. Alle jacht en visserij werd verboden; volgens Medvedev geldt het jachtverbod nog steeds in 1977 (23, 11).

Beperking van de gevolgen

Het karakteristieke van een grote kernramp is de onvermijdelijke, onomkeerbare en langdurige besmetting van honderden of duizenden km^2 land met woongebieden, industrieterreinen en bouwland.
De aantallen slachtoffers ten gevolge van akute, uitgestelde en erfelijke aandoeningen (zie gevolgen a.-c.) kunnen in theorie sterk beperkt worden door een snelle en definitieve evakuatie van mensen, liefst voordat de radioaktieve wolk hun verblijfplaats bereikt en anders later om de lange-termijn gevolgen zoveel mogelijk te beperken (zie gevolgen b.-c.). Er zijn echter gegronde redenen om aan te nemen dat deze beperking van de gevolgen in praktijk niet realiseerbaar is. Volgens Medvedev ontstond de Kyshtym-explosie terwijl er een sterke wind stond die de radioaktieve wolken honderden kilometers meenam: "Het was moeilijk de omvang van de ramp onmiddellijk te peilen en er werd niet direkt een evakuatieplan in werking gesteld. De order tot evakuatie werd voor veel dorpen en steden pas gegeven toen de symptomen van stralingsziekte al vrij duidelijk werden... Vele steden waar het radioaktieve niveau middelmatig of hoog maar niet dodelijk was werden niet geëvakueerd". Aldus Medvedev over de reaktie van de Russische autoriteiten (1).
Men is geneigd om deze wijze van reageren toe te schrijven aan de door de dissidenten zo bekritiseerde slordigheid en laksheid die ook mede oorzaak van de ramp waren. Men verwacht dat zoiets tegenwoordig in het Westen niet meer zal voorkomen gezien het feit dat de veiligheid van kerncentrales onderwerp van uitvoerige studie is geweest, zoals bv. in het Amerikaanse Rasmussen-rapport, en ook de kennis van de gevolgen van straling sterk is toegenomen (41). Dit lijkt evenwel een illusie.
In Nederland, Engeland en Duitsland zijn zogenaamde Noodreferentieniveau's voor de toelaatbare doses ingeval van kernrampen (Notfall-Dosisrichtwerte) opgesteld. Beneden een dergelijke stralingsdosis zullen ingeval van een ramp geen buitengewone maatregelen worden genomen, zoals evakuatie, afsluiten van gebieden en kontrole van levensmiddelen. De betreffende noodnormen bedragen 5-15 rem voor de totale lichaamsdosis van leden van de bevolking, terwijl de overeenkomstige (ICRP)norm voor normale omstandigheden 0,17 rem per jaar bedraagt (42, 43).
Uit publikaties in de afgelopen jaren is gebleken dat de huidige Amerikaanse rampenplannen voor kerncentrales volstrekt ontoereikend zijn, o.m. omdat de stedelijke gebieden niet geëvakueerd zouden worden. Dit is des te opmerkelijke omdat de lage aantallen slachtoffers die in het Rasmussen-rapport berekend worden voor een ramp met een kerncentrale, gedeeltelijk gebaseerd zijn op effektieve evakuatie van meer dan 90% van de bevolking van dichtbij gelegen gebieden.
In 1974 voldeed geen enkele staat of rampenplan in de V.S. aan een lijst met 154 "wenselijke elementen", opgesteld door de Nuclear Regulatory Commission. In 1975 voldeden slechts 4 staten aan een dergelijke lijst, nu ingekort tot 70 "essentiële elementen". Bij twee oefeningen in 1977 konstateerde de NRC grote gebreken, zodat in één geval "het op enig tijdstip moeilijk was de preciese windrichting en snelheid, het stralingsniveau, de evakuatie van het personeel (van de centrale!), wegafzettingen en de plaats van teams in het besmette gebied te bepalen".
Vrijwel alle plannen houden slechts rekening met de evakuatie van een zone met geringe bevolkingsdichtheid tot op 5 à 10 km afstand, zodanig dat stedelijke gebieden er precies buiten vallen. Volgens L.R. Solon, direkteur van het

Bureau voor Stralingskontrole in New York, vormen de nabij gelegen kerncentrales een gevaar voor het stedelijk gebied dat niet te evakueren is. "Als er een grote hoeveelheid radioaktief materiaal zou vrijkomen, zou ik waarachtig niet weten wat we daartegen zouden moeten doen en ik ben er zeker van dat ook niemand anders het weet", aldus Solon (44). De schrijvers van de rapporten "Kernenergie in Diskussie" en "Kleine kansen, grote gevolgen" hebben vrij uitvoerig aandacht besteed aan de moeilijkheid om een adekwaat rampenplan voor een grotebramp met een kerncentrale te ontwerpen, laat staan uit te voeren als deze stedelijke gebieden treffen. Volgens de auteurs zullen in de chaos bureaukratische regels tekort schieten, misverstanden, kommunikatieproblemen en toeval de boventoon voeren en onverwachte of begrijpelijke maar irrationele menselijke reakties de planning in de war sturen (45). Ze voorspellen dat het evakueren van honderdduizenden tot miljoenen mensen als een niet realiseerbare opgave zal worden beschouwd. Het resultaat zal waarschijnlijk zijn dat men zich niet zoveel meer van de huidige stralingsnormen zal aantrekken en de mensen aan veel hogere stralingsdoses blootgesteld zullen worden, zodat de lange-termijn gevolgen toenemen (46). Zowel de beschrijving van Medvedev van de reakties van de Russische autoriteiten op de Kyshtymramp, als de recente publikaties over Amerikaanse rampenplannen, de ontwikkeling van noodreferentieniveau's ondersteunen de genoemde voorspellingen.

Evaluatie

Hoewel de kwaliteit van de eenduidigheid van de informatie soms wat twijfels oproepen, bevestigen uiteenlopende en onafhankelijke bronnen als geheel, dat zich eind 1957 of begin 1958 in de Oeral een ramp met kernafval heeft voorgedaan. De beschikbare gegevens over de gevolgen van deze ramp ondersteunen de verwachtingen, dat een grote kernramp in een geindustrialiseerde samenleving wellicht een onherstelbare en niet te voorkomen ontwrichting teweeg zou brengen.
In tal van publikaties over de risiko's van kernenergie worden de gevolgen van een grote kernramp slechts uitgedrukt in aantallen direkte doden, zulks in onwetende of onkritische navolging van (samenvattingen van) het Rasmussenrapport over de gevolgen van een ramp met een kerncentrale (41). Een voorbeeld daarvan is de voorlichtingsbrochure van de overheid "Plaatsen voor kerncentrales" over de inspraak in het Aanvullend Struktuurschema Elektriciteits Voorziening. Daarin wordt een zeer ernstige ramp door een reaktorongeval gedefinieerd als "meer dan 1000 doden binnen enkele dagen" (47).
Deze versimpelde weergave van een kernramp berust op een bepaalde risikofilosofie, waarin men probeert uiteenlopende zaken als een natuurramp, een beroepsziekte en een auto-ongeluk met een ramp in een kerncentrale te vergelijken (48). Het karakter van een kernramp wordt echter niet alleen bepaald door de direkte doden, maar door de kombinatie van medische, sociale, psychologische en ekonomische gevolgen op korte en lange termijn. Deze kunnen zo diep ingrijpen dat ze de samenleving in een gebied ter grootte van een provincie of zelfs Nederland onherstelbaar ontwrichten. De direkte doden vormen "slechts" een onderdeel van de maatschappelijke chaos, die kort na de ramp ontstaat door de niet te overziene aantallen stralingszieken, besmetting van voedsel, rantsoenering en evakuatie en ontheemding van de bevolking van hele dorpen en steden. Typerend voor de gevolgen op lange termijn zijn de toenemende aantallen slachtoffers van stralingsziekten die zich jaren of decennia later pas uiten, zoals kanker en erfelijke afwijkingen bij nieuwgeborenen. Grote groepen mensen moeten verder leven met de wetenschap dat ze besmet zijn en op elk moment alsnog met de gevolgen daarvan gekonfronteerd kunnen worden. Door bodembesmetting wordt een gebied van honderden vierkante kilometers tientallen jaren onleef-

baar en onbruikbaar.
Door het hanteren van de genoemde risikofilosofie ontstaat een ontoereikend beeld van de gevolgen van een grote kernramp, hetgeen een sterk versluierende werking heeft in de maatschappelijke diskussie over de aanvaardbaarheid van een technologie die zo'n ramp met zich mee kan brengen en de aanvaardbaarheid van zo'n kernramp in het bijzonder.
Recentelijk is de ontoereikendheid van onze kennis over de lange termijn gevolgen van een kernramp duidelijk geillustreerd toen men de bewoners van Bikini-eiland, die er 7 jaar geleden hadden mogen terugkeren, vanwege het stralingsniveau weer heeft moeten evakueren (49).
Gegeven de weinige praktijkkennis die er is over de erfelijke en biologische gevolgen van een kernramp, zijn de meer dan 100 artikelen van Russische wetenschappers over planten en dieren in het gebied van de Kyshtymramp een unieke bron. Het zou aanbeveling verdienen dat deze in het kader van de diskussie over de wenselijkheid en de maatschappelijke aanvaardbaarheid van kernenergie ter beschikking komen en opnieuw vertaald worden.
De beschikbare kennis benadrukt een van de centrale vragen in de maatschappelijke diskussie over kernenergie: is het voor een samenleving aanvaardbaar kernenergie te introduceren als deze het risiko in zich draagt bij een ongeluk diezelfde maatschappij onherstelbaar te ontwrichten?

Klarisse Nienhuys

Referenties en (*) noten:

1. Z. Medvedev, New Scientist, *72*, p. 264-267 (1976).
2. S. White, New Scientist, *72*, p. 315 (1976).
3. Z. Medvedev, New Scientist, *74*, p. 761-764 (1977).
4. International Herald Tribune, 8.11.1976.
5. Volkskrant, 9.11.1976.
6. Het Vaderland, 9.11.1976.
7. International Herald Tribune, 12.11.1976.
8. Volkskrant, 8.12.1976.
9. The Times, 8.12.1976.
10. P. Stubbs, New Scientist, *76*, p. 368 (1977).
11. Z. Medvedev, New Scientist, *76*, p. 352-353 (1977).
12. CIA discloses details of secret nuclear accidents, Critical Mass Energy Project, 25.11.1977.
13. Central Intelligence Agency, Teletyped Information Report, TDCS-3/356, 555, 23.5.1958.
14. CIA, Report no. CS-3/389, 785, 4.3.1959.
15. CIA, Report no. CS-3/407, 678 5.8.1959.
16. CIA, Report no. CSK-3/465, 141, 11.1.1961 (16.2.1961).
17. CIA, Report no. OOB-3/202,034, 5.12.1961.
18. CIA, Report no. OOB-3/204,092, 21.2.1961.
19. CIA, Report no. OOK-323/20537-76, 20.9.1976.
20. Plant Summary, IR Firm no. 801 4401, (491,3), ongedateerd.
21. Foreign Broadcast Information Service item, 11.11.1976 (2 dln.).
22. CIA, Memorandum OIA/TSD 282/76, 27.12.1976.
23. The Christian Science Monitor, 12.1.1977.
24. CIA, Report no. OOE-324/01015-77, 24.1.1977.
25. CIA, Report no. OOB-321/06645-77, 25.3.1977.
26. S. White, New Scientist, *76*, p. 547 (1977).
27. J.E.S. Bradley, New Scientist, *75*, p. 114 (1977).
28. J.E.S. Bradley, pers. komm. – gedeeltelijk gepubliceerd in The Yorkshire Post.
29. Encyclopedia Britannica, dl. II (1974): Chelyabinsk in 1970: 874.000 inw.
30. Grand Larousse Encyclopédique, dl. X (1964): Sverdlovsk: 853.000 inw., Chelyabinsk: 835.000 inw.
31. Times Atlas of the World, 1959.
32. New Scientist, *72*, p. 692 (1976).
*33. Op basis van de besmetting van meren komt Medvedev (omgerekend) zelfs op een veelvoud van deze hoeveelheid kernafval uit, maar dit kan het gevolg zijn van direkte migratie van kernafval uit de opslagplaatsen met het grondwater.
34. K. Nienhuys, Opwerking van Kernafval, Amsterdam, Vereniging Milieudefensie, (1977), p. 67-69.
35. E. Merz, Kernforschungsanlage Jülich, pers. komm.
*36. De mogelijkheid dat zo'n kritikaliteitsongeval zich kan herhalen zou kunnen verklaren waarom uit CIA stukken uit 1961 blijkt dat in 1960 nog een ongeluk is gebeurd, waarbij stralingsslachtoffers vielen, maar de informanten tevens een vrij gedrailleerde beschrijving geven over snel in betekenis afnemende fallout verschijnselen (17, 18).
37. P. Boskma e.a., Kernenergie in Diskussie, Boerderijcahier 7502, Enschede, TH Twente, 1975, hfdst. V en VI.
38. G. van Dijk, W.A. Smit, Kleine kansen – grote gevolgen, Boerdrijcahier 7601 Enschede, TH Twente, 1976.
39. Zie ref. 34), p. 12, p. 46-52.
40. K. Nienhuys, Aspekten van de opslag van radioaktief afval, elders in dit nummer.
41. Reactor Safety Study. An Assessment of

accident risks in U.S. commercial nuclear power plants. WASH-1400, U.S. Nuclear Regulatory Commission (1975). Het zgn. Rasmussen-rapport.
42. Gezondheidsraad. Kerncentrales en Volksgezondheid. Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Leidsendam, september 1975, p. 4.31-32.
43. Atomwirtschaft, *22* (3), p. 109 (maart 1977).
44. R. Pollock, Critical Mass Journal, *3* (11), p. 1, 8 (februari 1978).
45. Zie ref. 37, p. VI-2.
46. Zie ref. 38, p. 154.
47. Plaatsen voor kerncentrales. Voorlichtingsbrochure over het Aanvullend Struktuurschema Elektriciteitsvoorziening (ASEV), Ministerie van Economische Zaken/Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening, maart 1977, p. 17.
48. Zie bv.: 3500 MWe Kerncentrales in Nederland. Voorlichtingsbrochure, Ministerie van Economische Zaken, mei 1977, p. 28.
49. D. Stemerding, dit nummer.

Proliferatie van afval; opties en kernwapens

"Aan de andere kant, er zijn geen onoverbrugbare technische barrières die een klein of ontwikkelings land, gericht op een kernwapenprogramma, kunnen verhinderen in de suksesvolle konstructie van een kernexplosief. De benodigde aanlooptijd zal onvermijdelijk verkort worden als de kerntechnologie wijder toegankelijk wordt; uiteindelijk moet vertrouwd worden op politieke maatregelen tegen proliferatie" (p104 APS-rapport).

Inleiding

De verspreiding van kernwapens over alle landen van de wereld is niet alleen een kwestie van het aantal landen dat één of meer kernexplosieven tot ontploffing heeft gebracht. De proliferatie van kernwapens kent vele modaliteiten voordat dit feit plaatsvindt, en ook erna. Ervoor vindt akkumulatie van kennis en splijtbaar materiaal plaats. Na het feit kan de uitbouw tot een volledig ingerichte kernwapenmacht met speciale vervoermiddelen als raketten, speciale kommando, kontrole, en kommunikatiesystemen, en de specialisatie naar neutronenbommen e.d. plaatsvinden. Voor een (vrij willekeurige) fasering kan men bij Dunn en Overholt (1) terecht.
De introduktie van kernenergie voor vreedzame doeleinden heeft als effekt dat de overgang naar kernwapenstatus erdoor verkort wordt. Deze overgangstijd is voor landen die toegetreden zijn tot het Non-Proliferatie Verdrag (NPV) gelijk aan de opzegtermijn van het verdrag, te weten drie maanden. Voor andere landen varieert ze naar gelang hun technische vaardigheden en de beschikbaarheid en vorm van het splijtbare materiaal van vier jaar tot één à twee dagen.
Het splijtbare materiaal vormt in technische overwegingen nog de enige barrière tegen proliferatie, niet de beschikbaarheid van kerntechnologische kennis. Op grond van de ervaringen van de huidige kernwapenlanden kan men n.l. gevoeglijk aannemen dat deze kennisbarrière in vier jaar geslecht kan worden indien men geen programma voor civiele kernenergie heeft. Het is de hoop van vele kerntechnologen dat er technische oplossingen gevonden kunnen worden om ondanks de toenemende beschikbaarheid van kernafval de overgangstijd zo lang mogelijk te maken. Een centraal argument daarbij dan dat reaktorafval (plutonium) in het algemeen niet geschikt is voor militair bruikbare wapens. Om bruikbaar afval te verkrijgen zou men de reaktoren zodanig (onekonomisch) moeten bedrijven dat het kontrole-instanties zou opvallen. Daarnaast zou er een mogelijkheid bestaan om reaktorbrandstof en a forteriori reaktorafval te denatureren, d.w.z. ongeschikt te maken als bommateriaal door de toevoeging van een kleine hoeveelheid ongewenste stof zoals dat bij bv. spiritus gebeurt.

Gewoonlijk wordt bij kernwapenproliferatie alleen gedacht in termen van kant en klare wapens, of zelfs wapensystemen à la U.S.A. en U.S.S.R. op dit moment. Zulke wapens of de komponenten daarvoor kunnen, zoals Barnaby (2) het uitdrukt: "gekocht, gestolen, cadeau gekregen, of eigenhandig gemaakt geworden". Daar kan aan toegevoegd worden dat ze ook geleend kunnen worden zoals de NAVO-landen dat doen. Waar het om gaat is echter, in een parafrase op een Franse generaal, dat de wapenmacht groot genoeg is om de ander een arm uit te rukken. Het is met die gedachte dat de Engelsen en Fransen hun kernmacht hebben opgebouwd.
Politiek gesproken kan het zinvol zijn, niet daadwerkelijk een kernwapenmacht op te bouwen maar de optie op een dergelijke mogelijkheid open te houden. Of men een dergelijke optie nu bewust kiest of niet, de introduktie van civiele kernenergie betekent in de ogen van andere staten dat men een dergelijke optie in meerdere of mindere mate verkrijgt, afhankelijk van de kompleetheid van de cyklus die men bezit. Daarna is het voornamelijk een kwestie van politieke wil wat er met de optie gebeurt en in welke termijn. Door het harde feit, geen kernenergie, te vervangen door een intentie die altijd meer onzekerheid met zich mee brengt, treedt zo een zekere mate van politieke destabilisatie op. Er zijn immers vele argumenten aan te voeren om een bestaande krijgsmacht te moderniseren, zeker als dit weinig kost omdat wegens een programma voor civiele kernenergie alleen de marginale kosten tellen. Somt men alle faktoren op die ooit als reële of imaginaire gronden voor bewapening zijn aangevoerd, dan ontstaat tabel I (3). Als niveau van analyse is daarin de nationale staat gekozen en als dimensie het militaire versus het politieke gebruik van wapens.
De militaire bewapeningsfaktoren gebaseerd op het werkelijke bezit van wapens, lijken geen nadere toelichting te behoeven; de politieke faktoren, gebaseerd op potentieel kernwapenbezit, wel.
Deze laatsten staan gerangschikt naar toenemende mate waarin ze naar buiten toe invloed uitoefenen. Het mode aspekt van bewapening komt het beste tot uiting in de volgende uitspraak van de sjah van Iran: "Ik denk niet echt over kernwapens. Maar als 20 of 30 belachelijk kleine landjes kernwapens gaan ontwikkelen, dan zal ik mijn politiek moeten wijzigen. Zelfs Libye praat over kernwapens." (4).
Landen als Zuid Korea en Taiwan kunnen onder de dreiging van een verminderde Amerikaanse aanwezigheid in dat gebied en een politiek van annexatie van de volksrepubliek China geneigd zijn, door de invoering van kernwapens aan te to-

TABEL I: proliferatiefaktoren en katalysatoren

A. Faktoren
1. Militair-politiek (extern)
   a. Overwicht op het slagveld t.o.v. al dan niet kernwapenrivaal
   b. Afschrikking van kernwapenrivaal en intimidatie niet-kernwapenrivaal
   c. Onderhandelingspotentieel
   (1) Mode
   (2) Legitimatie van soevereine status
   (3) Onafhankelijkheid t.o.v. andere kernmachten
   (4) Rechttrekken van rangonevenwichtigheid tussen ekonomische en politieke status
   (5) Vergroten van regionale en/of internationale status, invloed
2. Intern-politiek
   a. Wetenschappelijk-technologisch momentum
   b. Druk van het militair-industrieel komplex
   c. Bureaukratische overheids- en/of defensiepolitiek
   d. Verhogen van het militaire, wetenschappelijke en/of bureaukratische kompetentieniveau
   e. Afleiden van de aandacht van binnenlandse problemen
   f. Druk op het budget
B. Katalysatoren
   1. Betrokkenheid bij buitenlandse krises
   2. Verminderde geloofwaardigheid van allianties d.w.z. verzwakking of afbraak van internationale verhoudingen
   3. Kernbewapening van anderen
   4. Binnenlandse veranderingen, krises
   5. Toenemende beschikbaarheid van noodzakelijk materiaal en kennis
   6. Veranderde perceptie van nuttigheid van (kern-)wapens

TABEL II: Overeenstemming ekonomische rang en wapenkwaliteit

	1963		1973				
Land	BNP	Kernwapen status	Kernwapen status	NPV status	BNP	Land	
USA	695	1945	1945	–	1295	USA	1
USSR	313	1949	1949	–	624	USSR	2
W-Dtsld.	112	–	–	R	416	Japan	3
Engeland	99	1952	–	R	349	W-Dtsld.	4
Frankrijk	94	1960	1960	–	257	Frankrijk	5
Japan	84	–	1964	–	180	China	6
China	76	(1964)	1952	–	172	Engeland	7
Italië	57	–	–	R	137	Italië	8
India	49	–	–	R	118	Canada	9
Canada	48	–	(1974)	NEE	74	India	10
Polen	31	–	–	R	62	Polen	11
Australië	23	–	–	NEE	63	Brazilië	12
Tsjechoslwk.	22	–	–	R	60	Nederland	13
Brazilië	22	–	–	NEE	60	Spanje	14
O-Dtsld.	21	–	–	R	57	Australië	15
Zweden	20	–	–	R	50	Zweden	16

+ 120 overige landen. Alle Bruto Nationale Produkten in miljarden US$. Bronnen: (5).

nen dat ze wel degelijk recht hebben op een onafhankelijk bestaan los van China. Een dergelijk onafhankelijkheidsstreven, en grote mogendheidallures, het zitting hebben in de Veiligheidsraad van de Verenigde Naties, zijn beweegredenen geweest voor Engeland, Frankrijk, en waarschijnlijk ook voor China.
Een belangrijk aspekt van de rangonevenwichtigheid wordt nader geadstrueerd in tabel II. Daar is de rang van alle landen volgens hun Bruto Nationale Produkt aangegeven voor 1963 en voor 1973. In beide gevallen had het volgende jaar een eerste proefexplosie plaats van een nieuw kernwapenland, China respektievelijk India. Indien men een uitzondering maakt voor de voormalige as-mogendheden Japan, (W-)Duitsland en Italië is de volgorde waarin kernwapenstatus verkregen werd door alle kernwapenstaten steeds konsistent geweest met de ekonomische status van dat moment. Dat kan een toevalligheid geweest zijn, maar ook bij andere wapeninnovaties waren het veelal de rijksten die daarbij voorop liepen. (Kern-)wapens zijn dus in eerste aanleg een afspiegeling van de ekonomische status van de bezitter ervan.
Het totstandkomen van het Non-Proliferatie Verdrag in 1968 heeft, indien men op deze rangordening afgaat, duidelijkheid geschapen ten aanzien van India's positie indertijd. Daar moet echter onmiddellijk aan toegevoegd worden dat India nu, vier jaar na dato, naar alle waarschijnlijkheid, gezien de regeringswisseling en de uitlatingen van de huidige premier, nog steeds geen kernbewapening van enige omvang bezit. De rangovereenstemming zal dus niet de enige kausale faktor geweest zijn, maar misschien wel de beste samenvattende indikator van de overige faktoren.
Op basis van deze overweging en de intentie, die uit de ratifikatie of niet van het NPV volgt, valt te voorspellen dat, gegeven een onveranderde BNP-volgorde de volgende kandidaten om een proefexplosie te houden, al of niet voor vreedzame doeleinden, Brazilië en Spanje zullen zijn. Daar komt bij dat aan de rij niet onder IAEA of andere verdragen vallende installaties van niet-kernwapenlanden: India sinds 1956, Egypte sinds 1961, Israël sinds 1963, Spanje 1972, Zuid-Afrika sinds 1975, er binnenkort twee toegevoegd zullen worden: Brazilië en Pakistan. Dankzij de Nederlandse leveranties van verrijkt uranium zullen de Braziliaanse kennis en plutonium op een eerder tijdstip ter beschikking komen dan anders het geval zou zijn.
Het vergroten van regionale invloed en

internationale status is een evident bijprodukt van de Indiase testexplosie. Of het ook als zodanig bedoeld was laat ik hier in het midden. Ook zonder een dergelijke explosie kan invloed uitgeoefend worden. Zeer wel denkbaar is dat Spanje of Zuid-Afrika nucleaire chantage zullen gaan plegen. Ze beloven niet-nucleair te worden indien de NAVO zijn verplichtingen uitstrekt tot dat land. Dit is waarschijnlijk een veel nuttiger gebruik van het bezit van een volledige kerncyklus dan zelf kernwapens te vervaardigen.
Naast faktoren die in de internationale politiek werken, zijn er ook binnenlandse faktoren die tot kernbewapening leiden. Op een enkele uitzondering na zijn dat echter geen faktoren die specifiek voor de kernbewapening gelden. Ze gelden voor alle soorten bewapening en vooral voor wapenvernieuwingen, vertikale proliferatie.
Over de budgetfaktor valt op te merken dat men door nukleair te gaan, kan bezuinigen op konventionele wapens en manschappen, dus op exploitatiekosten. Dit is de achtergrond geweest van Eisenhouwers atomaire bewapening in de vijftiger jaren; "more bang for the buck".
De voornaamste tegendruk bij proliferatie is het vermijden van een herhaling van Hiroshima en Nagasaki. Dit heeft geleid tot het non-proliferatie verdrag van 1968. Alhoewel dit verdrag op zichzelf een bron van kontroverses vormt, heeft het enige duidelijkheid ten aanzien van de intenties van allerlei landen geschapen. Daarnaast kunnen als antiproliferatiefaktoren genoemd worden.
1. Binnenlandse oppositie
2. Het voldoen aan de verdragsverplichting van het NPV door de kernwapenlanden
3. De reakties van potentiële en feitelijke mede- en tegenstanders
4. Positieve veiligheidsgaranties via verdragen zoals de NAVO
5. Negatieve veiligheidsgaranties zoals een eenzijdige verklaring nooit als eerste kernwapens te gebruiken tegen niet-kernwapenlanden; vgl. China
6. Beperkte technologische en industriële basis
7. Kosten.
De meeste van deze punten zijn evident. Bij punt twee kan nog aangetekend worden dat dit op den duur een nukleaire ontwapening betekent. Hierbij is het niet zo dat bv. Nederland niets kan doen om dit proces te stimuleren. Het verwijderen of laten verwijderen van een groter of kleiner deel van de geleende kernwapens kan hierin zeker een rol spelen.
De demonstratie van Neptunevliegtuigen met een nukleaire taak boven Den Haag in 1977, is echter een duidelijke illustratie hoe ver een deel van de Nederlandse legerleiding wil gaan om zijn ongenoegen over een vermindering van haar (nukleaire) taak kracht bij te zetten.

Kernafval voor kernwapens

Het eerste kernwapen dat ooit gebruikt werd, in een testexplosie te Alamogordo, was een kernbom vervaardigd uit het reaktorafval plutonium. Eén van de moeilijkheden bij de kontruktie van die bom leek aanvankelijk de aanwezigheid van ongewenste Pu-240 en (in veel mindere mate) Pu-242, naast het gewenste isotoop Pu-239. Deze isotopen ontstaan suksessievelijk uit elkaar door neutronenvangst, na een aanvankelijke transmutatie van U-238 naar Pu-239. Naarmate brandstof met U-238 erin langer in de reaktor zit, worden er meer neutronen gevangen en dus meer hogere plutoniumisotopen gevormd. De militaire leider van het Amerikaanse atoombomprojekt schreef op oudejaarsavond 1945 dan ook nog aan generaal Marshall: "Onze vroegere hoop dat een implosietype bom ontwikkeld zou kunnen zijn tegen het einde van de lente is vervlogen wegens wetenschappelijke moeilijkheden die we tot nu toe nog niet hebben kunnen oplossen". (6) Een half jaar later, juli 1945, kon hij echter berichten: "Er is zeker een kans, 12 procent oplopend tot 20 procent, dat als we onze produktiesnelheid (van reaktorplutonium) in Hanford Engineer Works opvoeren, met het geteste wapentype de ontploffing kleiner

zal zijn door ontsteking voor het optimale tijdstip. Hoe dan ook, de explosie zal in de orde van grootte van duizenden tonnen zijn. De moeilijkheden ontstaan door een ongewenst isotoop dat in grotere hoeveelheden gecreëerd wordt naarmate de produktiesnelheid toeneemt." (7)
Het effekt van de hogere plutonium isotopen is dus niet dat er geen ontploffing ontstaat, maar dat de grootte ervan onzekerder wordt bij een gegeven ontwerp. R. Oppenheimer, de "vader" van de atoombom, schreef dan ook in een rapport vlak na de eerste proefneming met wat vandaag als een primitieve plutonium implosiebom zou gelden: "De kans dat de eerste plutonium Fat Man voor het gevecht (de latere bom op Nagasaki) een minder dan optimale prestatie zal leveren is ongeveer 12 procent. Er is ongeveer 6 procent kans dat de energieontwikkeling onder de 5000 ton zal zijn, en ongeveer 2 procent kans dat het minder dan 1000 ton zal zijn. Het zal niet veel minder dan 1000 ton zijn, tenzij er een daadwerkelijke storing is van een of ander onderdeel..." (7) Deze citaten komen uit pas onlangs vrijgegeven dokumenten.
Toch was al eerder openbaar bekend dat elk plutoniumafval kon dienen voor de konstruktie van een kernwapen. Dr. E. Mark, direkteur van de theoretische afdeling van Lawrence Livermore Weapons Laboratorium op een Pugwash konferentie in 1971: "In dit verband zou ik een opmerking van Dr. Prawitz van het Nationale Defensie Onderzoeks Instituut in Stockholm willen memoreren, waarin hij zegt dat een collega van hem ervan overtuigd is geraakt dat hij een kernexplosie kan produceren met in essentie elk soort voorradig reactorplutonium. Ik ben niet bekend met de details van de berekeningen van de collega van Dr. Prawitz, en kan alleen aannemen, dat hij met een "kernexplosie" bedoelt, wat ik zou bedoelen, hetgeen een explosie is met tenminste drie ordes van grootte meer energie per pond dan beschikbaar zou zijn uit hoog explosieven. Op grond van mijn eigen beschouwingen van dit probleem heb ik geen reden om zo'n conclusie te betwijfelen, en zou de mensen betrokken bij zulke problemen willen waarschuwen dat de oude opvatting dat reactorplutonium ongeschikt is voor het produceren van kernexplosies – of dat plutonium gemakkelijk ongevaarlijk gemaakt kan worden door de toevoeging van matige hoeveelheden van het isotoop Pu-240, of 'gedenatureerd', zoals het gezegde ging – dat deze opvattingen op een gevaarlijke wijze zijn overdreven." (8)
Het denatureren van splijtbaar materiaal is echter zo'n aantrekkelijk idee dat het voortdurend weer naar voren komt bij allerlei oude en nieuwe anti-proliferatie voorstellen. Het oudste voorstel is geoppert door Szilard in 1945; voorbeeld van een recent voorstel is dat van Locke (9).
Het denatureren van splijtstof beruste aanvankelijk op het idee dat de kritische massa van de splijtstof zo groot zou worden dat ze militair oninteressant was wegens het gewicht. Zo is de kritische massa van natuurlijk uranium enkele tonnen en verloopt de reaktie zo langzaam dat de explosieve kracht klein is. Verrijkt men het natuurlijke uranium door het aandeel van de isotoop U-235 daarin op te hogen van 0,7% tot zo'n 20% dan nadert men de vrij vage grens van een hanteerbaar wapen waarvan de kale kritische massa 250 kg. is. Voor 100% U-235 is de vergelijkbare kritische massa 50 kg. Bij plutonium isotopen kan de kritische massa variëren van 10 kg bij puur Pu-239 tot maximaal ongeveer 100 kg bij puur Pu-242. Het is dus onmogelijk om Pu-239 met een andere Pu-isotoop te verdunnen, te denatureren, in tegenstelling tot het geval bij uranium. Het enige alternatief om Pu-239 te denatureren is dan gebruik te kunnen maken van een ander element. Men kan daartoe een element kiezen dat bijvoorbeeld de neutronenachtergrond verhoogt net zoals Pu-240 dat doet. Het gevolg is dat bij een gegeven (matige) implosietechniek de onzekerheid dat het wapen de gewenste explosieve kracht ontwikkelt, te groot wordt. Als dergelijke denaturanten zijn recentelijk voorgesteld Cm-244 (9) en Cf-252 (10). Dit laatste voorstel is het

verste uitgewerkt. Het stelt dat een verhouding van één Cf-252 atoom op een miljard Pu atomen voldoende is om de achtergrondneutronenstraling met ongeveer een faktor tien toe te laten nemen. Dat stelt zulke eisen aan de implosietechniek en het bomontwerp, dat men die niet van een beginnende kernmacht mag verwachten. De kruciale vraag is echter of het Cf makkelijk verwijderd kan worden uit het plutonium. Daar blijken alleen vermoedens over te bestaan. Dit zou met het normale Purex-procédé dat in opwerkingsinstallaties wordt gebruikt geen probleem zijn, echter wel met primitievere methoden. Ook hier blijkt dus weer dat chemische scheiding geen wezenlijke problemen oproept; het enige voordeel van een dergelijke toevoeging is dat, afhankelijk van de reaktiesnelheid van de 'extra' scheidingsstap, er een extra vertraging optreedt die van belang kan zijn voor een snelle overgang naar kernwapenstatus. Zoals het APS rapport zelf op p103 stelt: "Het doel van de gedenatureerde brandstofcyklus is om de toegang, tot wapenmateriaal te beperken en/of bemoeilijken."
Volgens Romesch, de sekretarisgeneraal van de IAEA, heeft men vanaf het moment dat voldoende afval ter beschikking komt nog slechts drie tot vier dagen nodig voor het afscheiden van plutonium en de assemblage van een primitief kernexplosief, en twee weken voor een goed wapen (11). De assemblage van het eerste Amerikaanse kernwapen kostte anderhalve dag (12).
Technisch gesproken is de oplossing met de minste risiko vanwege proliferatie een brandstofcyklus waarbij alleen uranium als brandstof fungeert. De verrijkingsgraad van dit uranium moet in ieder geval niet te hoog zijn, zeg minder dan 20%. Het voordeel van een hoog percentage is dat er dan weinig plutonium geproduceerd wordt. Het nadeel is dat nog maar weinig scheidingsarbeid nodig is om het tot wapenkwaliteit op te voeren.
Dit is het uitgangspunt van voorstellen voor internationale brandstofcentra.
In deze centra wordt uraniumbrandstof gemaakt voor nationale reaktoren. Het plutonium wordt in deze centra uit het reaktorafval van de nationale reaktoren gehaald en in broedreaktoren gebruikt om van Th-232 de uraniumisotoop U-233 te maken. Deze isotoop wordt gedenatureerd en komt zo voor nationale reaktoren ter beschikking. Het gevoeligste deel van de brandstofcyklus, de verrijking en de opwerking komen dus onder direkt internationaal beheer te staan. Het basisidee van direkt internationaal beheer bestaat echter al sinds 1945 en er is geen enkele reden om te veronderstellen dat het nu wel binnen afzienbare tijd uitvoerbaar wordt.
Zonder internationale centra is het geformuleerde uitgangspunt alleen te bereiken door natuurlijk uranium als brandstof in zwaarwaterreaktoren te gebruiken. Na gebruik wordt de brandstof zonder verdere behandeling opgeborgen in een subduktiezone van de aardkost. Er zijn dan geen verrijkings of opwerkingsinstallaties nodig. De boekhouding is eenvoudig en kontroleerbaar. Er blijven problemen met diefstal en sabotage door sub- of multinationale groeperingen. Dit alles echter tijdelijk omdat deze manier van energieopwekking hoogstens als overgangsmethode gezien mag worden. In onze energiebehoefte kan nooit blijvend en totaal voorzien worden door een methode die 2/3 van de opgewekte energie weggooit.

Gerard Aupers

Noten:

1. The next phase in nuclear proliferation research, Dunn. L.A. Overholt W.H. Orbis 20/2 (1976) 497-524.
2. How states can "go nuclear", Barnaby F.C. The Annals AAPS 430 (1977) 29-43.
3. Opmerkingen over de funktie van de krijgsmacht, Röling B.V.A. Uit: Kerk en Vrede, opstellen aangeboden aan prof. dr. J. de Graaf, Baarn, 1976 en verder noot (1) en (4).
4. Why States Go-And Don't go Nuclear, Epstein W. The Annals AAPS 430 (1977) 16-28.
5. BNP in 1963 uit World Handbook of Political and Social indicators; BNP in 1973 uit World Military and Social Expenditures.
6. The Peaceful Atom in Foreigh Policy, Kramish A., 1963, New York.

7. Spreading the Bomb without quite breaking the rules, Wohlstetter A. Foreign Policy 26 (winter 1976-77) 88-179.
8. Impact of New Technologies on the Arms Race, Feld B.T., e.a. Proc. 10th Pugwash Symposium, 1971, Massachussets, 137-138.
9. Möglichkeiten, Reaktorplutonium als Nuklearsprengstoff unbrachbar zu machen, Locke G. Reaktortagung, 1976, p. 439-442.
10. Report to the APS by the study group on nuclear fuel cycles and waste management gepubliceerd als bijlage van Review of Modern Physics vol 50 nr. 1 (januari 1978).
11. Nucleonics, 17-11-1976, p. 4.
12. The New World, 1939/1946, Hewlett R.G., Anderson O.E. Pennsylvania, 1962, p. 723.

Plutonium ook een milieuprobleem

"De halveringstijd van plutonium-239 is 24.400 jaar en niets wat de mens kan doen, zal daaraan iets veranderen. We hebben stoffen gemaakt die de mens nooit eerder heeft gezien, die giftig blijven voor langere perioden dan we ooit hebben meegemaakt. We worden gedwongen, of we willen of niet, om te denken in een tijdschaal die Farao's tijdschaal tien- of zelfs honderdmaal overtreft. Dit is in de menselijke geschiedenis inderdaad zonder precedent. (...) Wanneer ik me problemen probeer voor te stellen vanuit dit zeer verstrekkende perspectief, maak ik me wel eens zorgen over onze huidige koers."

Alvin Weinberg (1)

Plutonium is een splijtstof die in kernreaktoren ontstaat uit het ontsplijtbare uranium-238. In een "plutonium-economie" zullen grote hoeveelheden van dit plutonium worden afgescheiden, verwerkt, opgeslagen en getransporteerd om als splijtstof te dienen voor een groeiend aantal reaktoren. Naast een vergrote kans op verspreiding van kernwapens (2) leidt deze ontwikkeling ook tot een toenemende verspreiding van plutonium in het milieu. In dit artikel daarom aandacht voor het milieu-aspekt van een dergelijke plutonium-ekonomie.

Plutonium en de plutonium-ekonomie

Plutonium is een kunstmatig element dat door de mens voor het eerst op grote schaal in de biosfeer is gebracht als gevolg van bovengrondse kernproeven. Van het plutonium komen een aantal isotopen voor met uiteenlopende halveringstijden (zie tabel). Van twee van deze isotopen, plutonium-239 en -240, is tesamen ongeveer 350 kilocurie, ofwel bijna 3300 kilo, via "fallout" van bovengrondse kernproeven over de gehele aarde verspreid (4). Plutonium wordt dan ook vrijwel overal in het milieu aangetroffen, inklusief de mens (5). Daarbij gaat het om zeer lage, maar toch niet onbetekenende koncentraties. Vrijwel alle plutoniumisotopen zijn namelijk zogenaamde alfastralers, d.w.z. zenden een weinig doordringende maar zeer intense straling uit. Inademing van zeer geringe hoeveelheden plutonium kan reeds kanker tot gevolg hebben (6). De maximaal toegestane hoeveelheid van plutonium-239 in het lichaam is slechts 40 nanocurie (4.10^{-10} curie) ofwel 0,65 microgram (65.10^{-8} gram). Deze extreme giftigheid, gekombineerd met een levensduur van honderdduizenden jaren, vormt de achtergrond van een de laatste jaren sterk toegenomen aandacht voor de groeiende hoeveelheid plutonium in het milieu.
Nu het nemen van bovengrondse kernproeven sterk is verminderd, wordt de kommerciële opwekking van kernenergie de belangrijkste bron van plutonium in het milieu. Op dit moment gaat het daarbij nog om relatief geringe hoeveelheden. Hoe de situatie zich zal ontwikkelen is niet eenvoudig te voorspellen.
Een recente, in vergelijking met andere, voorzichtige schatting gaat uit van een groei van het in de wereld jaarlijks door kernenergie opgewekte vermogen van ca. 200 GWe (200.10^9 watt) nu, tot ongeveer 1200 GWe in het jaar 2000 en 3000 GWe in 2025. De totale hoeveelheid plutonium in de wereld groeit dan van ca. 150 ton nu, tot ca. 3000 ton in 2000 en 10.000 ton in 2025 (7). Daarbij is plutonium nog maar één van de zogenaamde transuranen die in kernreaktoren

worden gevormd. Naast plutonium ontstaan ook isotopen van de elementen neptunium, americium en curium, allen alfa-stralers die, afgezien van de uiteenlopende halveringstijden, in eigenschappen met de plutonium-isotopen vergelijkbaar zijn (zie tabel).

Plutonium in het milieu

Hoeveel van de aldus gevormde transuranen op korte of lange termijn in het milieu terecht zullen komen, hangt af van wat er met deze transuranen gebeurt. In een plutonium-ekonomie wordt het in kernreaktoren gevormde plutonium weer als splijtstof gebruikt. Daartoe moet het in een opwerkingsfabriek uit de gebruikte splijtstofstaven worden afgescheiden. Bij dit proces ontstaat afval, waarin zich naast vele andere radioaktieve stoffen een restant plutonium en alle overige transuranen bevinden. Bij een opgewekt vermogen van 3000 GWe/jaar zal er op deze wijze jaarlijks bijna 2.000.000 kilocurie ofwel ca. 300.000 kilo aan transuranen als afval worden geproduceerd (8). Men hoopt dat het hoog- en middelaktief afval op één of andere manier van de biosfeer kan worden geïsoleerd tot het door radioaktief verval onschadelijk is geworden (9).

Tabel

Isotoop	Straling	Halveringstijd
neptunium-239	alfa	$2{,}1.10^6$jr.
plutonium-238	alfa	87 jr.
plutonium-239	alfa	$2{,}4.10^4$jr.
plutonium-240	alfa	$6{,}6.10^3$jr.
plutonium-241	bèta	15 jr.
plutonium-242	alfa	$3{,}87.10^5$jr.
americium-241	alfa	433 jr.
americium-243	alfa	$7{,}37.10^3$jr.
curium-242	alfa	163 dag.
curium-244	alfa	18 jr.

Overzicht van de transuranen in radioaktief afval (3).

Wat betreft het laag-aktief afval wordt lozing in het milieu akseptabel geacht zolang dit geen ontoelaatbare stralingsbelasting oplevert (3). Zo zijn er bijvoorbeeld de laatste jaren bij de opwerkingsfabriek in Windscale (Engeland) jaarlijks enige duizenden curies alfa-stralers in de Ierse Zee geloosd en enige honderdsten van een curie in de lucht (10). Ook in een aantal andere landen (waaronder Frankrijk, Duitsland en Italie) wordt laag-aktief afvalwater in kustwateren geloosd. Over de omvang en de aard van deze lozingen is helaas geen informatie beschikbaar. Hetzelfde geldt voor de meeste lozingen t.b.v. de kernwapenproduktie (11).
Ook door dumping van verpakt laag- en middelaktief afval in zee komen transuranen na korte of langere tijd in het milieu terecht. Sinds 1967 zijn er bijvoorbeeld enige duizenden curies alfa-stralers onder auspiciën van het Kernenergie Agentschap (NEA) van de OECD in zee gedumpt (3) en er zijn aanwijzingen dat dergelijke dumpingen in betekenis gaan toenemen (11).
Het zal duidelijk zijn dat nauwkeurige schattingen van de omvang van lozingen van transuranen in een toekomstige plutonium-ekonomie niet goed mogelijk zijn. Niet alleen vanwege het gebrek aan informatie omtrent de huidige lozingen, maar ook omdat moeilijk te voorspellen overwegingen van aanvaardbaarheid en van technische en ekonomische aard voor de toekomstige situatie mede bepalend zijn.
Een bijkomende onzekerheid vormen de ongelukken waardoor transuranen in het milieu terecht kunnen komen. Wereldwijde verspreiding van 17 kilocurie plutonium-238 was het gevolg van een mislukte lancering van een satelliet waarin plutonium als energiebron werd gebruikt.
In Spanje en Groenland veroorzaakten neerstortende militaire vliegtuigen lokale verspreiding van plutonium, dat zich in de kernbommen aan boord bevond. Ook lekkages bij opslagplaatsen waren een bron van lokale verspreiding van plutonium (4). Het is bovendien niet uitgesloten dat de vele miljoenen kilocuries transuranen die worden opgeborgen met de bedoeling ze voor zeer lange perioden buiten de biosfeer te houden, in de toekomst toch een bron van verspreiding

zouden kunnen zijn (9). Ondanks alle onzekerheden, kunnen we uit het voorgaande konkluderen dat in een plutoniumekonomie jaarlijks in ieder geval vele duizenden curies transuranen in de biosfeer zullen worden geïntroduceerd.

Een milieuprobleem?
Kunnen van de aanwezigheid van transuranen in het milieu problemen worden verwacht? Daarover blijken uiteenlopende opvattingen te bestaan. We zullen nu allereerst nagaan op welke gronden de lozing van transuranen in bepaalde situaties aanvaardbaar wordt geacht. Vervolgens zullen we aandacht besteden aan kritiek die op de daarbij gehanteerde vooronderstellingen is en kan worden geformuleerd. We zullen ons daarbij beperken tot de verspreiding en mogelijke effekten van plutonium in het aquatische (water) milieu en wel in het bijzonder de zee. De reden van de beperking tot plutonium is geen andere dan dat vrijwel alle tot nu toe bekende gegevens daarop betrekking hebben. De beperking tot het aquatische milieu hangt samen met het feit dat relatief grote hoeveelheden transuranen juist in het water terecht (zullen) komen en in het water bovendien de hoogste koncentraties in en aan organismen zijn waargenomen (4).
Lozingen van plutonium in het aquatische milieu worden aanvaardbaar geacht zolang de mens als gevolg daarvan geen stralingsdosis ontvangt die hoger is dan officieel vastgestelde normen toelaten. (Deze normen worden door sommigen overigens te hoog geacht (12). Op deze diskussie zullen we hier echter niet ingaan.) Bij de beoordeling van de aanvaardbaarheid van plutonium-lozingen zal men dus moeten nagaan hoe dit plutonium de mens kan bereiken. Het voornaamste hulpmiddel hierbij is de *kritieke weg methode.* Hierbij gaat men er vanuit dat er voor elke radioaktieve stof een weg naar de mens kan worden gevonden die vergeleken met andere wegen de hoogste dosis oplevert, de zogenaamde kritieke weg. Voor het plutonium dat bij Windscale in de Ierse Zee wordt geloosd, heeft men bijvoorbeeld twee kritieke wegen vastgesteld. Eén daarvan is het zeewier Porphyra dat plaatselijk wordt verwerkt tot het zogenaamde "laverbread" en waarin plutonium zich sterk kan koncentreren. De andere kritieke weg is de vis die in de Ierse Zee wordt gevangen waarin het geloosde plutonium eveneens wordt teruggevonden (13). De lozing van plutonium wordt in deze situatie nu aanvaardbaar geacht, zolang die mensen die dagelijks aanzienlijke hoeveelheden "laverbread" of in de Ierse Zee gevangen vis eten (de zgn. kritieke groepen) daarvan geen hogere stralingsbelasting zullen ontvangen dan volgens de normen is toegestaan. Aldus kan men in principe, uitgaande van de maximaal aanvaardbare stralingsbelasting voor de mens en op basis van de kritieke weg methode, voor elke situatie de hoeveelheid plutonium berekenen waarvan lozing in het aquatische milieu volgens de officiële normen als aanvaardbaar kan worden beschouwd.
De bovenstaande benadering roept een aantal vragen op. Ook wanneer plutoniumlozingen voor de huidige generatie geen probleem vormen, doet zich de vraag voor of dit, gegeven de levensduur en de daarmee samenhangende ophoping van plutonium in het milieu, voor toekomstige generaties eveneens het geval zal zijn. Een tweede vraag is of de sterke gerichtheid op de bescherming van de mens voldoende waarborgen biedt dat ook ecosystemen geen gevaar zullen lopen. Ten aanzien van beide vragen zullen we ons in het onderstaande vooral bezig houden met de onzekerheden in de bestaande kennis en de manier waarop in beleidsbeslissingen met deze onzekerheden wordt omgegaan.

Plutonium en toekomstige generaties

Volgens velen hoeven de boven opgeworpen vragen geen reden tot ongerustheid te zijn. Hoewel de fysisch-chemische eigenschappen van plutonium in het aquatische milieu en de invloed van omgevingsfaktoren daarop nog goeddeels onbekend zijn, blijkt plutonium zich onder natuurlijke omstandigheden als

een weinig oplosbare stof te gedragen (4) Een groot deel van het plutonium is in het water aanwezig in de vorm van deeltjes die snel naar beneden zakken, zodat in ondiep (kust)water meer dan 95% van geloosd plutonium zich na korte tijd in het sediment bevindt (14). Daarnaast wordt plutonium sterk gekoncentreerd in aquatische organismen. Zo kunnen organismen die laag in het voedselweb staan of op de bodem leven (zoals plankton, algen, wormen, schaal- en schelpdieren) plutonium bevatten in koncentraties die honderd tot tienduizend keer hoger liggen dan die in het water. Ook de ophoping in en aan organismen draagt gedeeltelijk bij aan het transport van plutonium naar de bodem, als gevolg van uitscheiding van organisch materiaal waaraan het plutonium is geabsorbeerd of sterfte van deze organismen (4). De konklusie is nu veelal dat geloosd plutonium weliswaar honderdduizenden jaren in het milieu aanwezig blijft, maar in zoverre toch "verdwijnt" dat het door de optredende sedimentatieprocessen reeds op korte termijn voor organismen en daarmee ook voor mensen ontoegankelijk wordt (15). Gegevens over het gedrag van plutonium in het sediment in de Ierse Zee blijken deze konklusie tot nu toe te bevestigen (14).

Niet alle onderzoekers zijn het echter met bovenstaande konklusie eens. Bowen bijvoorbeeld konstateert bij zijn kollega's "heel wat misverstand, zowel over de aard van de wisselwerking tussen transuranen en sediment-deeltjes, als over de biologische variabelen waarmee in het denken over (...) radioaktieve stoffen in het sediment rekening moet worden gehouden" (16). Op grond van zijn eigen onderzoek komt hij tot de konklusie dat in een veel voorkomend sediment-type het daarin aanwezige plutonium door de aktiviteiten van organismen in de bodem aan de oppervlakte blijft gekoncentreerd en daarmee ook beschikbaar blijft voor opname door organismen in het aquatisch ecosysteem (16). Ook in sommige andere onderzoekingen is een dergelijke terugkeer van plutonium uit het sediment in het water aangetoond. Op grond van hun onderzoek in de Bikini en Eniwetok atollen waar bij kernproeven op lokale schaal grote hoeveelheden plutonium zijn verspreid, komen Schell en Watters bijvoorbeeld tot de konklusie dat er transport plaats vindt van plutonium uit het sediment naar de waterkolom en dat het plutonium na zestien jaar niet uit de "biogeochemische cyclus" is verdwenen (17). Deze studies illustreren dat het gedrag van plutonium in het sediment niet eenduidig is en in een aantal opzichten ook nog weinig wordt begrepen. Overigens kan het plutonium ook voorzover het in het sediment aanwezig blijft risiko's voor de mens met zich meebrengen. Bij Windscale is het regelmatig voorgekomen dat sediment uit de Ierse Zee op het strand terecht kwam, waarbij het na uitdroging en verwaaiïng onder andere via inademing de mens kan bereiken (18, 11). Ook op langere termijn is het gedrag van sediment een onzekere faktor. Illustratief is wat dit betreft dat de ontstaansperiode van huidige estuaria – twintigduizend jaar (19) – in dezelfde orde ligt als de halveringstijd van plutonium-239 dat zich in het sediment van dergelijke estuaria kan ophopen.

Zolang plutonium toegankelijk blijft voor organismen in het aquatisch ecosysteem, kan het ook via deze organismen de mens bereiken. Het eten van vis wordt daarbij als de voornaamste kritieke weg beschouwd omdat de vangst en konsumptie daarvan op het ogenblik in vergelijking tot andere aquatische organismen verreweg het grootst is (13). Nevessi en Schell hebben van verschillende soorten vis afkomstig uit de lagunen van de Bikini en Eniwetok atollen – door hen omschreven als de meest met plutonium vervuilde wateren ter wereld – de plutonium-239/240 koncentratie vergeleken met die van polonium-210. Polonium is eveneens een alfastraler die echter van nature voorkomt en waarvan de aktiviteit in het water van de lagunen met die van plutonium vergelijkbaar was. Uit hun waarnemingen bleek dat in de onderzochte vis plutonium in de meeste

gevallen in aanzienlijk (tot een faktor 100) lagere koncentraties aanwezig was dan polonium, waarbij ze overigens aantekenen dat dit niet betekent dat het transport van plutonium via vis naar de mens mag worden genegeerd (20). Ook uit andere onderzoekingen is gebleken dat plutonium in verschillende soorten vis weinig wordt gekoncentreerd, dit in tegenstelling tot organismen die laag in het voedselweb staan (4).
In de publikaties over bovengenoemd onderzoek worden de waargenomen plutonium-koncentraties in vis veelal uitgedrukt in verhouding tot de koncentratie in het water, de *koncentratiefaktor*. Hebben deze koncentratiefaktoren nu een voorspellende waarde m.b.t. de hoeveelheid plutonium die in de toekomst via vis de mens zou kunnen bereiken? Een aantal onderzoekers ontkennen dit op grond van het feit dat in een door hen onderzocht geval de koncentratie van plutonium in vis veel hoger was dan op grond van de koncentratie in het water en (uit ander onderzoek) bekende koncentratiefaktoren mocht worden verwacht. Hun konklusie luidde dat "de beschikbaarheid van plutonium voor alle soorten vis en andere organismen (...) meer afhangt van het soort milieu dan van de plutonium-koncentratie in dat milieu" en dat "het koncept van een plutonium-koncentratiefaktor geen betekenis heeft"(21).

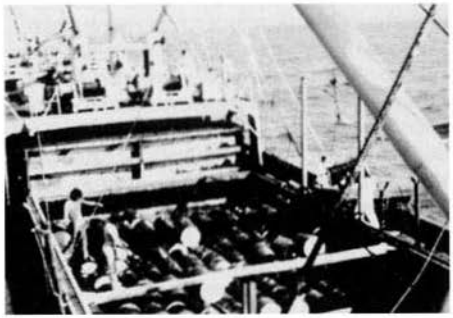
Onzekerheden
Uit het voorgaande blijkt dat gegevens over het gedrag van plutonium in het aquatische milieu soms tegenstrijdig en in ieder geval moeilijk generaliseerbaar zijn. Bovendien zullen in een toekomstige plutonium-ekonomie toenemende hoeveelheden "hogere" transuranen in het milieu terecht komen, in het bijzonder americium. Zijn de gegevens over het gedrag van plutonium al schaars, nog meer geldt dit voor americium en vrijwel niets is bekend over andere transuranen zoals neptunium en curium (22).
Ook het gedrag van toekomstige generaties is trouwens een onzekere faktor. Op grond van onze eigen gewoonten beschouwen we het eten van vis als de belangrijkste kritieke weg voor plutonium in het aquatische milieu. In de toekomst zou de zee in de wereldvoedselvoorziening echter een grotere rol kunnen gaan spelen, wanneer meer nadruk wordt gelegd op vangst en konsumptie van organismen die laag in het voedselweb staan (23). Het zijn echter juist deze organismen die transuranen in aanzienlijke hoeveelheden koncentreren.

Op grond van al deze onzekerheden lijkt er m.b.t. toekomstige generaties wel degelijk enige reden tot ongerustheid te bestaan. Ongerustheid met name omdat een ontwikkeling naar een plutonium-ekonomie ons zou dwingen om op basis van een zeer geringe hoeveelheid kennis te extrapoleren naar situaties ver in de toekomst. Hoe moeilijk dergelijke extrapolaties zijn, wordt geïllustreerd door recente berichtgeving over de situatie op de Bikini en Eniwetok atollen. Om terugkeer mogelijk te maken van de oorspronkelijke bewoners werd een uitvoerig onderzoek opgezet naar de mogelijke risiko's van herbewoning als gevolg van de nog aanwezige radioaktiviteit. Op basis van de resultaten van dit onderzoek werd enige jaren geleden bewoning van het eiland Bikini weer toegestaan. Hieraan moest echter een eind worden gemaakt nadat onverwacht grote hoeveelheden plutonium, strontium en cesium in de lichamen van de bewoners waren aangetroffen. "De bodem is meer verontreinigd (...) en er is meer recirculatie van radioaktieve stoffen dan we hadden verwacht", aldus het kommentaar van één van de betrokken autoriteiten (24). De verwachtingen waren toendertijd gebaseerd op extrapolatie, want "er waren geen kokosnoten voor onderzoek en er werd geen voedsel verbouwd (...) we gebruikten de beste instrumenten die we hadden op dat moment" (25). De beste instrumenten blijken niet altijd goed genoeg en te vrezen valt dat dit niet alleen geldt voor de wetenschap van toen, maar ook voor de wetenschap van nu.

Plutonium en aquatische ecosystemen

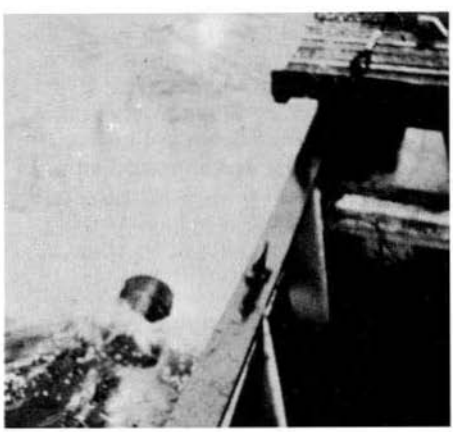
De radioaktieve stoffen die in het aquatische milieu worden verspreid veroorzaken niet alleen een extra stralingsbelasting voor de mens, maar ook voor de organismen in het water. Bij aquatische organismen zijn het in belangrijke mate de in en aan deze organismen gekoncentreerde transuranen die aan deze verhoogde stralingsbelasting bijdragen (26). Volgens Bowen is het daarom "te voorbarig om de mogelijkheid uit te sluiten dat deze (transuranen) een reëel gevaar vormen voor het leven in zee" (22). Tegenover deze opvatting staat echter het vrijwel algemeen aanvaarde uitgangspunt dat als de mens voldoende is beschermd ook andere organismen en ecosystemen geen gevaar zullen lopen. Twee overwegingen spelen hierbij een rol. In de eerste plaats wordt aangenomen dat de mens tot de meest stralingsgevoelige organismen behoort. In de tweede plaats worden voor andere organismen dan de mens alleen die stralingseffekten belangrijk geacht die schadelijk zijn voor de populatie als geheel. Met andere woorden, effekten bij een beperkt aantal organismen zijn niet van belang (27). In het onderstaande zullen we de betrouwbaarheid van deze veronderstellingen bespreken m.b.t. plutonium en aquatische ecosystemen.

Aquatische organismen lijken weliswaar minder stralingsgevoelig dan de mens, maar deze gevoeligheid blijkt zelfs binnen eenzelfde soort ordes van grootte te verschillen (28). Gegeven bovendien de geweldige diversiteit aan soorten, is daarom gewaarschuwd tegen al te gemakkelijke generalisaties m.b.t. de stralingsgevoeligheid van aquatische organismen (23). Een waarschuwing die temeer geldt omdat naar verhouding nog maar weinig soorten zijn onderzocht, waarbij meestal gemakkelijk te kweken organismen worden gebruikt die van vervuiling vaak het minst te lijden hebben (28).
Maar niet alleen de geldigheid van de bestaande kennis is beperkt. Hetzelfde geldt voor de bruikbaarheid van deze



Dumpen van radioaktief afval 900 km ten z.w. van Lands End, Engeland, zomer 1974.

kennis bij de beoordeling van de stralingsgevoeligheid van aquatische organismen in natuurlijke situaties. Experimenten waarin de stralingsgevoeligheid van aquatische organismen is nagegaan, hebben in overgrote meerderheid betrekking op de effekten van hoge, akute (in één keer gegeven) doses (28). De langlevende transuranen in het milieu leiden echter tot een chronische (langdurige) verhoging van de stralingsbelasting, waarbij de doses laag zijn. Uitspraken over stralingseffekten in natuurlijke situaties kunnen op grond van deze experimenten alleen worden gedaan door de resultaten op basis van hypothetische vooronderstellingen te extrapoleren naar lage doses. Uit dergelijke experimenten is in ieder geval gebleken dat de jonge levensstadia



Elke 10 meter een vat overboord.

(eieren, larven) van aquatische organismen en in het bijzonder van vissen het meest stralingsgevoelig zijn. Daarom hebben de weinige experimenten met chronische stralingsbelasting en relatief lage doses doorgaans daarop betrekking. Maar in deze experimenten wordt de ontwikkeling van de (chronisch) bestraalde eieren meestal slechts tot in het larvale stadium gevolgd, terwijl stralingseffekten zich na veel langere tijd (in volwassen levensstadia) nog kunnen openbaren. Een onderschatting van de effekten lijkt dus waarschijnlijk.
Een ander probleem is dat tot nu toe nauwelijks enige aandacht is besteed aan de stralingseffekten van transuranen. De enkele publikaties die hierover zijn verschenen, hebben (alweer) alleen betrekking op plutonium. Daaruit blijkt dat viseieren plutonium uit het water koncentreren. De daarbij waargenomen koncentratiefaktoren zijn relatief laag (4-35) en aangezien de plutonium-koncentratie in het water doorgaans eveneens laag is, acht men het niet waarschijnlijk dat de koncentratie van plutonium uit het water voor viseieren schadelijk is (29). Hoe moeilijk generaliseerbaar deze waarnemingen zijn, blijkt echter uit het feit dat in hetzelfde experiment, voor dezelfde soort vis, de koncentratiefaktoren van plutonium in eieren een faktor zes uiteenliep (13). In de experimenten is bovendien geen rekening gehouden met de mogelijkheid dat in natuurlijke situaties de eieren van bepaalde soorten vis plutonium uit het sediment zouden kunnnen koncentreren. Gegeven de aanzienlijke koncentratie van plutonium en andere transuranen in het sediment (tienduizend maal de koncentratie in het water) en de huidige kennis omtrent de stralingsgevoeligheid van eieren, lijken schadelijke effekten in die situatie bepaald niet onwaarschijnlijk.

Populaties en ecosystemen
Het optreden van schadelijke effekten bij organismen wordt pas van belang geacht wanneer daardoor het voortbestaan van de populatie in gevaar komt. Met andere woorden, ook wanneer schadelijke effekten van transuranen op de ontwikkeling van eieren niet kunnen worden uitgesloten, betekent dit nog niet dat het voortbestaan van bepaalde soorten op het spel staat. Veel vissoorten produceren jaarlijks een zeer groot aantal eieren, waarbij het afsterven van een deel daarvan de overlevingskans van de uiteindelijke larven vergroot (28). Men acht het daarom niet waarschijnlijk dat één bepaalde schadelijke invloed populaties in gevaar zou kunnen brengen. Onder natuurlijke omstandigheden staan aquatische organismen echter niet aan één, maar aan vele schadelijke invloeden bloot. Zo komen naast radioaktiviteit ook vele andere giftige stoffen in zee terecht (waaronder DDT dat eveneens in eieren van vissen wordt gekoncentreerd (30), terwijl ook overexploitatie van ekonomisch waardevolle vispopulaties een ons maar al te vertrouwd verschijnsel is. Dergelijke invloeden zouden elkaar op onverwachte wijze kunnen versterken, zodanig dat het voortbestaan van populaties toch in gevaar komt. Het staat bovendien geenszins vast dat alle aquatische populaties worden gekenmerkt door dezelfde schadetolerantie als sommige soorten vis. Van plankton-soorten is bijvoorbeeld bekend dat de populaties daarvan door natuurlijke oorzaken op gezette tijden zo sterk worden gereduceerd, dat verdere reduktie als gevolg van schadelijke invloeden fataal zou kunnen zijn (23). Aquatische ecosystemen zouden bovendien extra stralingsgevoelig kunnen zijn omdat deze worden gekenmerkt door een sterke onderlinge afhankelijkheid van de verschillende soorten organismen. Hierdoor is de meest stralingsgevoelige populatie waarschijnlijk een belangrijke variabele in de reaktie van het ecosysteem als geheel (23).
Van deze populatie-dynamische en ekologische mechanismen in het aquatische milieu is echter nog maar bijzonder weinig bekend. Samengevat komt het er dus op neer dat "de voorspelling van de (...) effekten van chronische straling in lage doses op aquatische ecosystemen niet alleen wordt bemoeilijkt door gebrek aan kennis omtrent de effekten van zulke

straling op zowel individuen als populaties, maar ook door gebrek aan kennis omtrent de mechanismen die de aantallen organismen (...) in deze ecosystemen reguleren" (28).
In hoeverre kunnen we nu zeggen dat de bescherming van de mens voldoende waarborgen biedt dat ook aquatische organismen en ecosystemen geen gevaar lopen? Na alles wat er in het voorgaande is opgemerkt over de stralingsgevoeligheid van aquatische organismen, populaties en ecosystemen, moeten we konkluderen dat we in feite nauwelijks beschikken over experimentele en theoretische evidentie op grond waarvan deze stelling kan worden waargemaakt. Verreweg de belangrijkste evidentie is dat er tot nu toe geen aanwijzingen zijn dat de verspreiding van radioaktieve stoffen in het aquatische milieu tot schade heeft geleid. Of anders gezegd, "hoewel het puur geluk zou zijn als in het streven naar bescherming van alleen de mens (...), de juiste beslissingen zijn genomen m.b.t. de bescherming van de ekologie van de oceanen als geheel, lijkt dit in feite het geval te zijn geweest" (23). Zal dit geluk ons ook in de toekomst beschoren zijn?

Plutonium en politiek

In het voorgaande hebben we gezien dat de verspreiding van plutonium en andere transuranen in het aquatische milieu nog met vele onzekerheden omgeven is, wat betreft de hoeveelheden, het gedrag en de effekten op aquatische ecosystemen. Twee vragen dringen zich nu op. Welke rol spelen deze onzekerheden in beleidsbeslissingen over kernenergie en in het bijzonder de plutonium-ekonomie? Kunnen we tevreden zijn met de manier waarop in beleidsbeslissingen met deze onzekerheden wordt omgegaan? Wat betreft de eerste vraag hebben we in het voorgaande gezien dat verspreiding van plutonium in het aquatische milieu aanvaardbaar wordt geacht zolang de mens daarvan geen onaanvaardbaar hoge stralingsbelasting ondervindt. Onzekerheden m.b.t. het gedrag van plutonium in het aquatische milieu bemoeilijken natuurlijk exakte voorspellingen van deze stralingsbelasting. Maar, direkte metingen van de plutonium-koncentraties in de kritieke wegen naar de mens worden een voldoende waarborg geacht om bij onjuist gebleken voorspellingen alsnog in te kunnen grijpen en ongelukken te voorkomen (31). Een veel gehoord parool is dan ook dat we alert moeten blijven m.b.t. de transuranen in ons milieu en dat zolang dat het geval is, er geen reden is tot ongerustheid. Toch is het voorgaande geen reden tot tevredenheid. Schultz en Whicker noemen het radioaktief verval waardoor veel isotopen weer tamelijk snel uit het milieu verdwijnen als "een van de weinige dingen waar we altijd zeker van kunnen zijn" (32). Maar juist deze zekerheid moeten we bij de langlevende transuranen ontberen. Met andere woorden, wanneer in de toekomst zou blijken dat de verspreiding van transuranen in het milieu toch problemen geeft, kan men hoogstens alert konstateren dat het een en ander niet meer ongedaan kan worden gemaakt. Het is juist deze *onomkeerbaarheid* die de onzekerheden m.b.t. het gedrag en de effekten van plutonium zo verontrustend maakt. Daarbij beperkt het probleem zich niet tot plutonium en ook niet tot kernenergie. Het is als probleem onlosmakelijk verbonden met een maatschappelijke ontwikkeling waarin het tempo en de schaal van de optredende veranderingen veel groter is dan het menselijk vermogen om de gevolgen daarvan te overzien.

dirk stemerding

Referenties:

1. Geciteerd door Lovins (8) uit Nuclear News 14, 12, 33 (1971).
2. Zie het artikel van Gerard Aupers in dit nummer.
3. Objectives, concepts and strategies for the management of radioctive waste arising from nuclear power programmes, Report by an NEA group of experts, OECD (1977).
4. A.W. van Weers, Atoomenergie, september 1976, 239-249.
5. P.W. Krey, D. Bogen, E. French, Nature 195,

263-265 (1962).
6. J.T. Edsall, Bull. of Atomic Scientists, september 1976, 27-37.
7. W. Marshall, Atom, april 1978, 78-102.
8. A.B. Lovins, J.H. Price, Non-nuclear futures, Cambridge Mass. (1975).
9. Zie het artikel van Klarisse Nienhuys in dit nummer.
10. M.J. Larkin, Seminar on radioactive effluents from nuclear fuel reprocessing plants, Commission of the European communities, 29-42 (1977).
11. Workshop on environmental research for transuranic elements, ERDA, Proc. november 1975.
12. P. Boskma e.a., Kernenergie in diskussie, Boerderijcahier 7502, par. III.3., TH Twente (1975).
13. J.A. Hetherington, D.F. Jefferies, N.T. Michell, R.J. Pentreath, D.S. Woodhead, Transuranium Nuclides in the Environment, Proc. symp. San Francisco, IAEA, 139-154 (1976).
14. J.A. Hetherington, D.F. Jefferies, M.B. Lovett, als ref. 11, 193.
15. A. Preston, als ref. 10, 720-721.
16. V.T. Bowen, H.D. Livingston, J.C. Burke, als ref. 13, 107-120.
17. W.R. Schell, R.L. Watters, Health Phys. 29, 589-597 (1975).
18. Windscale, A summary of the evidence and the argument, The Guardian (1977).
19. J.C. Duinker, H. Postma, TNO-Projekt 78-5, 187-191.
20. A. Nevessi, W.R. Schell, Nature 255, 321-323 (1975).
21. V.E. Noshkin, R.J. Eagle, K.M. Wong, Nature 262, 745-748 (1976).
22. V.T. Bowen, ERDA, HASL-291, I-58 (1975).
23. V.T. Bowen, J.S. Olsen, C.L. Osterberg, J. Ravera, Radioactivity in the marine environment, NAS (1971).
24. New Scientist 78, 132 (1978).
25. Herald Tribune, 24 mei 1978.
26. V.E. Noshkin, Health Phys. 22, 537-549 (1972).
27. Kerncentrales en volksgezondheid, Gezondheidsraad, Min. Volksgez. en Milieuhygiëne (1975).
28. Effects of ionizing radiation on aquatic organisms and ecosystems, Technical Reports series no. 172, IAEA (1976).
29. J.E. Till, Health Phys. 34, 333-343 (1978).
30. R.J. Livingston, Critical Reviews in Environmental Control 7, 325-351 (1977).
31. P.M. Bryant, Nature 262, 737-738 (1976).
32. V. Schultz, F.W. Whicker, Critical Reviews in Environmental Control 4, 423-464 (1974).

Hoe breed wordt de maatschappelijke diskussie over kernenergie?

De Algemene Energieraad heeft onlangs een voorstel gedaan voor een brede maatschappelijke diskussie over de energieproblematiek gedurende 2 jaar. Dit voorstel is door de regering in beginsel onderschreven. In principe een toe te juichen beslissing. Maar willen we in die 2 jaar wezenlijk verder komen, dan dienen ervaringen tot nu toe, gevolgen te hebben voor het verdere verloop van de diskussie. In dit artikel worden een aantal van die ervaringen, meest opgedaan vanuit VWO-aktiviteiten, kort geëvalueerd in het licht van de komende diskussie.

I Om welke beslissing gaat het?

De voordelen van de wetenschappelijk-technologische ontwikkeling zijn meestal konkreet en bijna onmiddellijk zichtbaar. Daardoor werd deze ontwikkeling aanvankelijk vrijwel algemeen als heilbrengend ervaren. Naarmate echter geleidelijk aan ook de schaduwzijden konkreter worden, wordt ze steeds meer een bron van sociale konflikten. De maatschappelijke ontwikkelingen rondom de invoering van kernenergie laten dit proces duidelijk zien.
Wetenschap en techniek beïnvloeden nu al een ieders kansen op ontplooiing en geluk ingrijpend en dit zal in de toekomst waarschijnlijk nog meer het geval zijn. Daarom zou ieder gelijke mogelijkheden moeten hebben de richting van deze ontwikkeling mee te beïnvloeden, temeer omdat het hier uiteindelijk om politieke en ethische keuzen gaat. Daarnaast dienen eventuele keuzen vóór de invoering van kontroversiële technologieën gemotiveerd gedragen te worden door een grote meerderheid van de bevolking op straffe van grote sociale onrust bij de uitvoering van de plannen en bij het optreden van eventuele latere

grote rampen. Voor zo'n brede maatschappelijke aanvaarding is een serieuze diskussie over omstreden punten essentieel. In het verleden heeft het hieraan nogal eens ontbroken. Men denke slechts aan de Urenco-affaire en de aanlanding van LNG, waarbij een aantal beslissingen, die de ontwikkekingen vastlegden, al genomen waren voor zelfs de volksvertegenwoordiging eraan te pas kwam. Zoals we in het volgende zullen laten zien bevat ook de diskussie over uitbreiding van kernernegie in Nederland talrijke voorbeelden, waaruit blijkt dat de overheid deze diskussie niet serieus neemt. Dit kan gevoelens over de ongrijpbaarheid van maatschappelijk zeer ingrijpende technologische ontwikkelingen in hoge mate versterken. Met als gevolg een toenemende vervreemding van en verzet tegen verdergaande ontwikkelingen.
Er bestaat vaak een grote ongelijkheid tussen voorstanders en kritici van wetenschappelijk-technologische ontwikkelingen wat betreft mogelijkheden om hun visie in de samenleving aan de orde te stellen. In die zin dat kritische visies, met de argumenten daarvoor, in maatschappelijke diskussies en besluitvorming over deze ontwikkelingen vaak slechts een beperkte rol spelen. Ook voor de *inhoud* van de diskussie is dus demokratisering ervan gewenst.
Gezien de verwachting dat onze afhankelijkheid van wetenschap en techniek nog verder zal toenemen, zullen in de toekomst vaker beslissingen genomen moeten worden met een mogelijk vergelijkbare reikwijdte als de beslissing over kernenergie. Bovendien zullen reeds genomen beslissingen van tijd tot tijd geëvalueerd moeten worden in het licht van toegenomen kennis, konkrete ervaringen en veranderde maatschappelijke inzichten. Daarom zal de komende diskussie over (kern)energie een belangrijke voorbeeld-funktie krijgen voor wat betreft het omgaan met wetenschap en techniek. Als zodanig heeft ze een verderstrekkende betekenis dan alleen een beslissing over de meest geëigende vormen van toekomstig omgaan met energie.

II Ervaringen met de diskussie

1) Het RCN (Petten) weigert medewerking aan het VWO-symposium "Problemen van kernenergie" (sept. 1974). Motief: dit symposium hoort thuis in de kategorie "semi-religieuze bijeenkomsten".
2) De SEP weigert haar veiligheidsstudie toe te zenden aan een lid van de VWO-kernenergiegroep die daar om verzoekt (sept. 1975) (1).
3) In december 1975 verschijnt het rapport "Kernenergie in diskussie" (2), een uitgebreid kommentaar op de drie van regeringswege verrichte veiligheidsstudies. Dit rapport komt op een groot aantal punten, met redenen omkleed, tot andere konklusies dan de drie genoemde studies. In januari 1976 wordt de beslissing over de bouw van drie kerncentrales weliswaar uitgesteld (de problemen zijn niet opgelost), maar in overheidsvoorlichting, die sindsdien is verspreid over de risiko's van kernenergie, worden slechts de (geruststellende) konklusies van bovengenoemde studies vermeld (3,4).
Als in de diskussie over de opslag van radioaktief afval van VWO-zijde geprobeerd wordt de argumenten uit "Kernenergie in diskussie" in te brengen, wordt er van ECN-zijde voor gepleit dit buiten de orde te verklaren, omdat binnenkort een repliek op dit rapport zou uitkomen van de zijde van de Gezondheidsraad (forum te Pieterburen, dec. 1976). Deze repliek is tot op heden niet verschenen.
4) Lubbers stelt als minister van Ekonomische Zaken dat in de "indringende studies", die op verzoek van de regering zijn gedaan, "geen aanleiding kan worden gevonden geen kernenergie toe te passen" (5). Hij konstateert echter dat het laten verrichten van dergelijke studies wordt opgevat als een bewijs dat kernenergie kennelijk *niet* veilig is. Als zodanig noemt hij deze studies "contraproduktief". Op kritiek die op deze studies is uitgeoefend gaat hij echter niet specifiek in. Hij volstaat met een aantal algemene konklusies hierover, zoals: "... deze kritiek

met dezelfde regelmaat als waarmee zij geuit wordt, wordt weerlegd", en: "deze balans" (kolen of uraan) "lijkt mij definitief beslist in het voordeel van kernenergie". Deze konklusie worden onderbouwd met niet veel meer dan inleidende zinsneden als: "Intussen hoop ik dat het voor ieder die zich in deze materie interesseert, geleidelijk aan duidelijk zal zijn dat...". Lubbers vindt de kritiek dus niet serieus (meer), wat leidt tot het aan de kritici toeschrijven van motieven als: "het mobiliseren van de angst".

5) Voor de Raad van State loopt sinds 1974 een beroepsprocedure in het kader van de Hinderwet tegen de voorwaardelijke vergunning tot het in werking brengen en houden van de kerncentrale te Borssele. Deze procedure wordt onnodig vertraagd door de handelwijze van Ekonomische Zaken. Zo komt pas in augustus 1977 een advies uit van een via EZ ingestelde "Commissie van onafhankelijke deskundigen", waar in februari 1976 al door de Raad van State om was gevraagd. Een verzoek dat in september 1976 nog eens moest worden herhaald, omdat EZ toen nog steeds geen zichtbare aktie had ondernomen. Van dit advies verwachtte de Raad opheldering op een aantal specifieke punten, geformuleerd na twee zittingen waarop de partijen waren gehoord. De Commissie volstaat in haar advies grotendeels met het geven van meningen zonder nadere argumentatie. Op de door de getuigedeskundigen à charge ingebrachte argumenten wordt evenmin ingegaan; ze worden in veel gevallen niet eens genoemd. Er worden vooral redenen van procedurele aard aangevoerd. Zo spreekt de commissie in de door haar toegevoegde opmerkeingen de mening uit, dat hier het algemene regeringsbeleid inzake energie niet ter diskussie staat, doch slechts konkrete beslissingen ter uitvoering van dat beleid (zoals het oprichten en in bedrijf houden van centrales). Algemene bezwaren tegen het regeringsbeleid dienen elders naar voren te worden gebracht. De commissie verwijst hier naar de inspraakprocedure in het kader van de planologische kernbeslissing over het Aanvullend Struktuurschema Elektriciteitsvoorziening (waarbij dit energiebeleid evenmin tot de agenda bleek te behoren, zie verder). Interessant is, dat van de kant Economische Zaken het verlenen van de vergunning aan Borssele tijdens de beroepsprocedure juist mede was verdedigd onder verwijzing naar dat algemene energiebeleid ... "omdat wij onder de huidige omstandigheden niet zien hoe de energievoorziening in Nederland veilig kan worden gesteld zonder gebruik te maken van kernenergie". Waar de Commissie wel ingaat op inhoudelijke zaken komt zij echter met reeds weerlegde of niet ter zake doende beschouwingen, zoals die over de kansen van het neerstorten van een vliegtuig op een centrale in vredestijd, in antwoord op een vraag naar de beveiliging van kerninstallaties tegen sabotage en oorlogsgeweld.

6) In februari 1977 trekt dr. Montfrans van de Rijks Geologische Dienst zich plotseling terug voor een reeds toegezegde spreekbeurt voor het VWO in Groningen over de opslag van radioaktief afval (16). Later komen uit andere bronnen aan-

"Geen onzekerheden in de voorlichting".

wijzingen dat medewerkers van deze dienst in toenemende mate onvrede hebben over de manier waarop de overheid omspringt met de resultaten van hun werk, maar hiermee niet in de openbaarheid durven treden.
7) Tijdens de inspraakprocedure in het kader van de planologische kernbeslissing over het Aanvullend Struktuurschema Elektriciteitsvoorziening (zomer 1977) wordt vanuit de zaal systematisch geprobeerd het energie*beleid* aan de orde te stellen. Dit wordt door de diskussieleiding (hoge ambtenaren van Economische Zaken) even systematisch afgehouden: het mag alleen gaan over de *vestigingsplaatsen* van kerncentrales (6). Ter gelegenheid van deze procedure worden door EZ twee brochures uitgebracht, waarin geen melding wordt gemaakt van bestaande kritiek op wat in deze brochures te berde wordt gebracht.
8) Ir. D.N. Dietz (lid Subkommissie Radioaktieve Afvalstoffen) weigert kommentaar op de artikelen in dit W&S nummer (aug. 1978). Hij vindt dat de inmiddels verschenen deelstudies over de opslag van radioaktief afval dusdanig zijn gedokumenteerd dat er geen aanleiding tot diskussie is. Ook. ir. J. Hamstra (ECN, Petten) weigerde kommentaar. We ontvingen de in dit nummer geplaatste stukken van Damveld en Nienhuys terug met als motieven, dat voor de stukken een verkeerde titel is gekozen, de problematiek onjuist is behandeld en de auteurs op het specifieke vakgebied niets origineels hebben laten zien (zie bijlage bij dit artikel).

III Poging tot evaluatie

Als we naar de inhoud van de diskussie kijken zoals die is terug te vinden in talrijke artikelen, rapporten en kongresverslagen, dan zien we verschillen van opvatting wat betreft:

de probleemstelling
Hier is meningsverschil bijv. over de vraag, op welke schaal en voor welke termijn de gevolgen van (kern)energie-opwekking en verbruik geëvalueerd dienen te worden. Getuige de in haar opdracht verrichte studies inzake kernenergie vindt de overheid het voldoende dat deze gevolgen bekeken worden per (te bouwen) kerninstallatie in Nederland voor een korte periode (één generatie). Kritici van dit beleid stellen, dat aan het begin van de toepassing van kernenergie de gevolgen van een grootschalig gebruik op lange termijn onder ogen moeten worden gezien, opdat deelproblemen niet sluipenderwijs leiden tot een totaalprobleem, dat moeilijk, zo niet onmogelijk meer te hanteren is (2). Een ander voorbeeld is het verschil van opvatting over wat als op te bergen kernafval beschouwd moet worden (7). Veelal hangen verschillen op dit punt samen met verschillen over

uitgangspunten
De één gaat a priori uit van filosofieën of theorieën, die voor de ander juist punt van diskussie zijn. Dit speelt bijv. ten aanzien van
– proliferatiegevaar: de één acht op basis van bepaalde overwegingen reaktorplutonium onbruikbaar voor de aanmaak van kernbommen, de ander op grond van andere overwegingen niet (8).
– afvalprobleem: de één gaat er van uit dat kernafval in ieder geval wordt opgewerkt, voor de ander is dat een vraag (7).
– gezondheid: sommigen houden rekening met de mogelijkheid dat "hete" plutoniumdeeltjes een onverwacht hoge longkankerrespons kunnen geven, op basis van een bepaalde theorie; anderen achten dit op basis van een andere theorie a priori onmogelijk (9).
– maatschappelijke aanvaardbaarheid van risiko's van (kern)energie. Bestaande rapporten achten de vergelijking van deze risiko's met reeds bestaande risiko's, waarbij de eerste niet groter mogen zijn dan de laatste, een aanvaardbare maatstaf hiervoor (10). Een andere maatstaf, die in officiële risiko-analyses (bijv. in het Rasmussen-rapport) gehanteerd wordt, is die welke de – mogelijk zeer ernstige – gevolgen van een groot ongeluk met bijv. een kerncentrale aanvaardbaar acht als de (berekende) kans op zo'n ongeluk maar klein genoeg is. Kritiek hierop

houdt in, dat zulke risiko-filosofieën juist ter diskussie zouden moeten staan (11). Potentiële slachtoffers van dergelijke ongelukken zouden immers elke kans daarop, hoe klein ook, wel eens te groot kunnen vinden.
Dergelijke verschillen in uitgangspunten komen vaak weer voort uit een verschillende interpretatie van

bruikbaarheid en geldigheid van kennis
Waar volgens de één een theorie algemene geldigheid heeft, kent een ander deze slechts een beperkte geldigheid toe. Dit speelt bijv. een rol bij de beoordeling van bovengenoemde "hete deeltjes" kwestie (9). Ook wordt verschillend gedacht over de toelaatbaarheid van extrapolaties van laboratorium naar veldsituaties, vaak in samenhang met het verschillend belang dat wordt toegekend aan de mogelijkheid van het elkaar onverwacht versterken van schadelijke faktoren (synergie), zoals straling en roken ( ). Voor een evaluatie m.b.t. de naaste toekomst spelen dergelijke verschillen minder dan voor lange termijn risiko-analyses (13).

In feite gaat het dus meestal in eerste instantie om wetenschappelijk onbesliste, inhoudelijke kwesties. Omdat echter de toepassing van kernenergie alom op gang gekomen is, komt de wetenschappelijke diskussie over deze kwesties onder druk te staan (ze dient op korte termijn eenduidige uitkomsten op te leveren) en verliest daardoor de openheid die geacht wordt kenmerkend te zijn voor wetenschappelijke diskussies. Onder invloed van deze externe druk treedt in de diskussie polarisatie op: er gaan twee kampen ontstaan, waaromheen zich maatschappelijke stromingen groeperen (9). Wetenschappelijke stellingnames raken daarbij verbonden met ethische en politieke opvattingen. Zo hangt bijv. de maatschappelijke betekenis die wordt toegekend aan wetenschappelijke onzekerheid inzake genetische schade af van ethische opvattingen over de vraag of en in hoeverre het welzijn van toekomstige generaties ons een zorg zal zijn.

IV Rol van de overheid

Hoe gaat de overheid met dit maatschappelijk konflikt om? Tijdens de periode-Lubbers wordt de noodzaak van maatschappelijke aanvaarding van kernenergie erkend. Hieraan lijkt echter niet de konklusie te worden verbonden dat daarvoor een brede diskussie over konfliktpunten nodig is. Integendeel, kritiek gefundeerd vanuit de brede kernenergieproblematiek wordt door de overheid, en door haar ingestelde kommissies, genegeerd (bijv. "Kernenergie in diskussie") dan wel op een globale, nauwelijks beargumenteerde manier en op basis van a priori keuzen afgedaan (5) of op procedurele gronden buiten de orde verklaard (Borssele-zaak, Planologische kernbeslissing). Over de overblijvende deelproblemen wordt vervolgens eenstemmigheid onder deskundigen gesuggereerd in artikelen (5) en voorlichting (3, 4). Het verzet tegen kernenergie wordt aldus een rationele grondslag ontzegd. Volgens minister Lubbers berust het dan ook op psychologische gronden: onberedeneerde angst, geëxploiteerd door onverantwoordelijke raddraaiers. Dit laatste is een ernstige beschuldiging aan het adres van de kritici, die niet overtuigt zolang de kritiek niet eerst met argumenten, die specifiek ingaan op die kritiek, is weerlegd. Tenzij er a priori redenen bestaan om die kritiek als onzinnig te verwerpen. Omdat het hier echter uiteindelijk om een verschillende beoordeling van inhoudelijke kwestie gaat, die mogelijk is wegens wetenschappelijke onzekerheid dienaangaande, is het ene standpunt hier niet a priori verwerpelijker dan het andere. Wat Lubbers zijn kritici in feite verwijt is dat deze onzekerheid bestaat, in het kader van de probleemstelling van de kritici tot een door hen andere beoordeling van de risiko's leidt en dat deze kritici dat in het openbaar zeggen. Een dergelijk verwijt schept geen gezond klimaat voor een diskussie. Lubbers' konklusie dat zijn studies maatschappelijk "contraproduktief" zijn duidt erop dat in zijn opvatting dergelijke studies vooral een onrust bezwerende funktie moeten

vervullen ipv. een probleem verhelderende. Dat dergelijke studies het beoogde maatschappelijke effekt missen schrijft Lubbers wederom toe aan angst bij het publiek. Het lijkt echter veel waarschijnlijker dat de onrust over kernenergie voortduurt omdat steeds met gefundeerde kritiek niets zichtbaars wordt gedaan door de overheid.
Dat werkt op den duur de indruk dat die kritiek dan wel eens terecht zou kunnen zijn. Geheimhouding suggereert dat er iets te verbergen is. Zo'n handelwijze wekt wantrouwen met betrekking tot een verborgen agenda van de overheid dat er hoe dan ook kernenergie moet komen, bijv. omdat lange-termijn veiligheidsoverwegingen ondergeschikt zijn aan korte termijn belangen op het gebied van industriepolitiek en werkgelegenheid. Ook Van Aardenne wekt deze indruk, als hij de Kamer schrijft dat het onderzoek naar de mogelijkheid van het opbergen van radioaktief afval in zoutkoepels versneld moet worden uitgevoerd omdat anders niet na 1990 nieuwe kerncentrales klaar kunnen zijn (14). Dit versneld uitvoeren houdt in: minder ruimte voor inspraak en diskussie: de tijdwinst zal moeten komen uit het bekorten van de vergunningsprocedure. Dit zou nog niet zo'n probleem hoeven zijn als het om een puur probleemverhelderend onderzoek ging. Of dat zo is, of dat het onderzoek (weer) vooral een politieke funktie moet hebben is omstreden (15). In de opstelling van Van Aardenne lijkt de diskussie hierover ondergeschikt te worden gemaakt aan het beleidsvoornemen: meer kernenergie.

V Hoe nu verder?

De diskussie over (kern)energie zit in het slop en de samenleving is op dit punt nog steeds verdeeld. De overheid staat voor de keus haar beleid met toenemend machtsvertoon door te drukken of een nieuwe impuls aan de diskussie te geven. In een aantal landen gaat de overheid de eerstgenoemde, o.i. heilloze weg op. Het is daarom verheugend dat de Nederlandse regering voor het laatste lijkt te kiezen, getuige haar steun aan het voorstel van de Algemene Energieraad voor een tweejarige, brede maatschappelijk energiediskussie. Al doet het bovengenoemde regeringsvoorstel t.a.v. het afvalonderzoek afbreuk aan deze vreugde. Willen we na die twee jaar verder zijn dan nu, dan zullen de ervaringen tot nu toe konsekwenties moeten hebben voor het vervolg van de diskussie.
(a) Belangrijk lijkt allereerst de erkenning dat er essentiële verschillen van opvatting over de (kern)energieproblematiek, berustend op serieuze overwegingen, bestààn. Verschillen die veelal uiteindelijk teruggaan op verschillen van opvatting over wat voor probleem het nu eigenlijk gaat. Deze verschillen hangen samen met ethische en politieke opvattingen (zie III). Dit houdt in dat er over de kernenergie geen objektieve voorlichting kan bestaan. De in het kader van een gemotiveerde brede aanvaarding of afwijzing van kernenergie gewenste meningsvorming onder de bevolking kan daarom slechts bevorderd worden door profilering en open konfrontatie van de verschillende opvattingen, waarbij de achterliggende ethische en politieke opvattingen expliciet worden gemaakt.
(b) Een voorwaarde is dat de verschillende partijen gelijke mogelijkheden hebben om in de diskussie gehoord te worden. De ongelijkheid die in dezen bestaat is in het verleden een van de grootste knelpunten geweest voor een demokratische besluitvorming over kernenergie. Wil de diskussie echt breed worden dan zal deze ongelijkheid tenminste dienen te verminderen. Dit kan door ondersteuning van groepen en organisaties, gericht op meningsvorming over de energieproblematiek, in de vorm van bijv. subsidies. (c) Gezien de gekonstateerde verschillen van opvatting over de probleemstelling van de diskussie is het van essentieel belang dat de agenda voor de energiediskussie wordt opgesteld door een onafhankelijk orgaan, breed samengesteld in die zin dat maatschappelijke groepringen, die gefundeerde meningen in de diskussie representeren, daarin vertegenwoordigd zijn. Dit orgaan kan

ook de verdere diskussie begeleiden. Deze taken opdragen aan een stuurgroep van neutrale deskundigen, zoals de Energieraad wil, lijkt opnieuw uit te gaan van de o.i. onjuiste opvatting dat er in dezen objektieve meningen (kunnen) bestaan. Het valt te vrezen dat bij een dergelijke opzet de grenzen van de diskussie weer bepaald gaan worden door impliciete maatschappelijke en wetenschappelijke oriëntaties van "onafhankelijke deskundigen". We hopen in het bovenstaande te hebben duidelijk gemaakt dat de ervaringen daarmee mbt. een brede diskussie in het verleden niet onverdeeld gunstig zijn geweest. (d) Tenslotte is een belangrijke voorwaarde dat de overheid zoveel als in haar vermogen ligt openbaarheid van informatie ter zake nastreeft.

Jaap Jelsma

Noten:

1. W. Smit, W&S 75/10, p. 33.
2. P. Boskma e.a., "Kernenergie in diskussie", Boerderijcahier 7502, TH Twente, dec. 1975.
3. "Plaatsen voor kerncentrales en wat u daarover te zeggen hebt", Ministerie van Economische Zaken/Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening, maart 1977.
4. "3500MWe Kerncentrales in Nederland, hoe werken ze en wat zijn de risiko's?", idem, mei 1977.
5. R.F.M. Lubbers, Ekonomisch Statistische Berichten, 4 mei 1977, p. 404.
6. E. v.d. Hoeven, Haagse Post 16 juli 1977, p. 6.
7. K. Nienhuys, "Aspekten van de opslag van radioaktief afval, dit nummer.
8. G. Aupers, dit nummer.
9. J. Jelsma, "Valt er te leven met plutonium?", voordracht VWO-kongres "Risiko's en wetenschap", A'dam, april 1977 (tekst verkrijgbaar bij de auteur).
10. Gezondheidsraad, "Kerncentrales en Volksgezondheid", Deel I, sept. 1975.
11. W.A. Smit en R. Geerts, Intermediar 8 sept. 1978, p. 17.
12. J. Jelsma, W&S 77/3, p. 12.
13. D. Stemerding, dit nummer.
14. G.M.V. van Aardenne, brief aan de Tweede Kamer, 17 juli 1978.
15. H. Damveld, dit nummer.
16. K. Nienhuys, W&S 77/2, p. 41.

BIJLAGE: Integrale tekst brieven Ir. J. Hamstra en Ir. D.N. Dietz.

Zeer geachte Heer Jelsma,

Zoals U wellicht bekend is, werd mij de leiding toevertrouwd van het THD-onderzoek betreffende de ondergrondse berging van radioaktief afval. Dit onderzoek is nog gaande en ik kan mij derhalve niet veroorloven reeds thans een conclusie uit te spreken.
Enkele voltooide deel-onderzoekingen werden vastgelegd in rapporten. Wij menen, dat deze dusdanig zijn gedocumenteerd, dat hierin evenmin aanleiding tot discussie is.
Waar U schrijft over besluitvorming van politieke aard, valt deze buiten mijn competentie. Ik kan daardoor tot mijn spijt niet aan Uw verzoek voldoen.

Hoogachtend
Prof. ir. D.N. Dietz

Geachte heer Jelsma,

In antwoord op Uw schrijven van 19 september jl. en na lezing van de mij met dat schrijven toegezonden artikelen van mejuffrouw K. Nienhuys en de heer H. Damveld bericht ik U bij deze geen behoefte te hebben aan enige reaktie mijnerzijds op de inhoud van die artikelen in aanvulling op dit schrijven.
Het artikel van de heer Damveld geeft geen antwoord op de in de titel geformuleerde vraagstelling, het bevat evenmin enige eigen bijdrage van de auteur op enig deelgebied van de afvalopbergproblematiek. De tendentieuze, deels ook onjuiste behandeling van de verwerkte gegevens verlaagt het peil van dit artikel tot een niveau, waarop het voor mij geen reëele bijdrage meer levert in de discussie rond de afvalopberging.
Het artikel van mejuffrouw Nienhuys draagt eveneens een titel die de inhoud niet dekt. Haar bijdrage beperkt zich tot het beschouwen van andermans veiligheidsanalyse. Ook hier ontbreekt enige eigen bijdrage van de schrijfster op dit specifieke vakgebied. Bepaalde onjuistheden, o.a. bij het invoeren van literatuurgegevens van buitenlandse situaties in de situatie in en rond de nederlandse zoutkoepels, zijn een onvoldoende prikkel om mij tot enige reaktie aan te zetten.
Ik volsta dan ook met het aan U terugzenden van de beide teksten.

Vriendelijke groeten,
ENERGIEONDERZOEK CENTRUM NEDERLAND
Ir. J. Hamstra
(Hoofd Afdeling Technische Dienst)

Boeken en zo

Kernenergie in Nederland

Om ook in Nederland de ontwikkelingen op het gebied van kernfysika en kernenergie te kunnen volgen, richtten in 1946 enkele leidende fysici, met steun van de Minister van Onderwijs, de Stichting Fundamenteel Onderzoek der Materie (FOM) op. FOM ontwikkelde zich snel tot de belangrijkste onderzoeksinstelling op het gebied van kernenergie. Samen met Noorse instituten werd te Kjeller een onderzoeksreaktor gebouwd. Door deze gezamenlijke inspanning behoorden Nederland en Noorwegen tot de eerste Europese landen, die een kernreaktor in werking stelden. Ook begon FOM met onderzoek op het gebied van uraniumverrijking. Dit onderzoek, dat resulteerde in de ontwikkeling van de ultracentrifuge, werd in nauwe samenwerking met de NV Werkspoor (later onderdeel van het VMF-koncern) gedaan.
Het onderzoek op het gebied van kernenergie kwam pas goed op gang toen in 1953 president Eisenhower het "Atoms for Peace' programma lanceerde. Dit programma betekende een wijziging van de Amerikaanse nucleaire politiek, tot dan toe gekenmerkt door strikte geheimhouding, en had direkte gevolgen voor de Nederlandse situatie. In 1954 sloot Nederland met Amerika een verdrag waardoor het mogelijk werd in de Verenigde Staten onderzoeksreaktoren en de daarvoor benodigde splijtstof te bestellen. Voor het beheer van zo'n onderzoeksreaktor werd door de overheid, tesamen met het bedrijfsleven, de stichting FOM en de NV tot Keuring van Elektrotechnische Materialen te Arnhem (KEMA) in 1955 het Reaktor Centrum Nederland (RCN) opgericht.
De bemoeienis van de centrale overheid met de ontwikkelingen op het gebied van de kerntechnologie beperkte zich in de beginperiode in hoofdzaak tot de financiering van het onderzoek. Later werden ook aanzienlijke bijdragen geleverd in de ontwikkelingskosten. Tevens moest ze garant staan bij mogelijke ongelukken, voorzieningen en wettelijke regelingen treffen voor de beveiliging van nukleaire installaties en verantwoording dragen voor de opslag van radioaktief afval.

Ondanks de sterke betrokkenheid van de overheid bij de ontwikkeling van de kernenergie, had een fundamentele diskussie hierover op politiek niveau tot 1970 nauwelijks plaatsgevonden. Dit was voornamelijk een gevolg van de grote overeenstemming in kringen van overheid, parlement, industrie, wetenschap en elektriciteitsproducenten over de noodzaak van ekonomische groei, industriële vernieuwing en – in dit kader – kernenergie. Als uitgangspunt voor het overheidsbeleid gold tot in de jaren '70 dat haar taak ten aanzien van de toepassing van kernenergie een stimulerende en ondersteunende taak diende te zijn. Zo

Abstracts

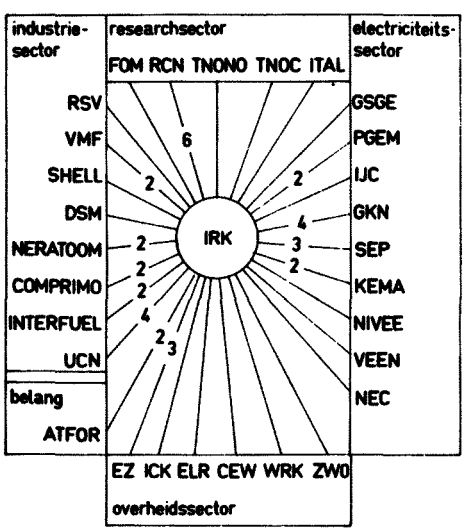
De W&S-redaktie wil naast de bespreking van boeken (1500 woorden) de mogelijkheid openen niet-kommerciële uitgaven en papers op W&S-gebied in de vorm van een 'abstract' te bespreken. Hooguit 300 woorden. Met deze mogelijkheid beogen we met name rapporten en onderzoeksverslagen uit W&S-studieonderdelen voor een breder publiek toegankelijk te maken. Men wordt steeds verzocht een exemplaar van het besproken rapport bij te sluiten en aan te geven waar het te krijgen is.

lezen we in de Nota Inzake De Kernenergie van minister Zijlstra (1957), dat met betrekking tot de ontwikkeling van kernenergie "... 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 en voortbrenging ..." en "...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...". Vijftien jaar later vinden we deze uitgangspunten voor het regeringsbeleid wederom verwoord door minister Langman in zijn Nota Inzake Het Kernenergiebeleid (1972). Daarnaast ziet Langman voor de overheid de taak eventuele nadelige gevolgen van de toepassingen van kernenergie te voorkomen of te beperken. Men kan nu stellen dat tijdens de verdere ontwikkeling en introduktie van kernenergie, welke wordt gekenmerkt door toenemende koncentratie en internationalisatie, de belangen en aktiviteiten van overheid en industrie steeds meer met elkaar verweven raakten. Er ontstonden machtsposities die zich onttrokken aan parlementaire kontrole en die de alternatieven bij politieke beslissingen sterk inperkten. Beiden zijn essentieel voor het adekwaat funktioneren van onze demokratie. Uitgaande van deze stelling hebben Cor Uitham, Bert de Vries en Gerrit Jan Zijlstra, onder auspiciën van de studierichting Vrije Chemie te Groningen, de ontwikkeling van de kernenergie in Nederland bestudeerd. Welke organisaties, bedrijven en instellingen hebben een rol gespeeld? Wat waren hun belangen en doelstellingen? Is er sprake van een koncentratie van macht bij enkele van deze instellingen of bedrijven? De resultaten van dit belangwekkende onderzoek naar machtsposities en verstrengeling van belangen binnen de kernenergiewereld in Nederland, zijn sinds kort voor iedereen toegankelijk, nu uitgeverij Xeno het eindverslag in boekvorm voor fl. 12.50 op de markt heeft gebracht.

Het onderzoek bestaat uit twee gedeelten. Allereerst heeft men aan de hand van een overzicht van de belangrijkste gebeurtenissen sinds de tweede wereldoorlog, de geschiedenis van de kernenergie in Nederland willen vastleggen. Daardoor krijgt men een antwoord op de vraag welke organisaties een belangrijke rol hebben gespeeld bij wat er tot stand is gekomen.

In het tweede gedeelte van het onderzoek wordt een beeld gegeven van de relaties tussen deze organisaties. Daartoe zijn dubbelfunkties onderzocht, omdat dubbelfunkties (d.i. het bekleden van twee of meer bestuursfunkties door één persoon) een rol spelen bij de overdracht van informatie en het koördineren van aktiviteiten. Dubbelfunkties vormen een netwerk van verbindingslijnen tussen de bij de kernenergie betrokken organisaties. Als voorbeeld geven we hier een netwerk waarin staat aangegeven welke organisaties in 1972 verbonden waren met de Industriële Raad voor de Kernenergie (IRK), een in 1963 ingesteld adviesorgaan van de overheid.

Uit het historische verloop van de ontwikkeling van kernenergie in Nederland en uit de analyses van de netwerken,



komen de auteurs tot een aantal konklusies over machtsposities waarvan we er enkele willen noemen:
1. De industrie heeft toegang tot alle eenheden die van belang zijn voor de totstandkoming van het kernenergiebeleid, waarin zij zelf – als producent – een van de voornaamste schakels vormt.
2. De ondernemingen hebben vooral via de Industriële Raad voor de Kernenergie maar ook via de adviesraden voor het wetenschapsbeleid een goede toegang tot de overheid. Voorts zijn ze in de bestuurlijke organen van researchinstellingen vertegenwoordigd.
3. In de elektriciteitssektor vindt er een toenemende centralisatie van de beleidsvoering bij de Arnhemse Instellingen plaats en een verzwakking van de provinciale politieke kontrole. De drie Arnhemse Instellingen SEP (nv Samenwerkende Elektriciteitsproduktiebedrijven), GKN (nv Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale Nederland) en KEMA (nv tot Keuring van Elektrotechnische Materialen te Arnhem) blijken, evenals de ondernemingen, een goede toegang te hebben tot de overheid en de researchinstellingen.
4. Tegenover de overheid treden de Arnhemse Instellingen en de ondernemingen vaak gezamenlijk op; beide staan een snelle ontwikkeling van de kernenergie voor.
5. Het Reaktor Centrum Nederland (dat tegenwoordig Energie Centrum Nederland heet) staat centraal binnen de researchsektor. In haar beleidsbepalende organen zijn veel vertegenwoordigers te vinden uit de industrie, de Arnhemse Instellingen en de overheid.
6. Een centrale positie wordt ingenomen door de Industriële Raad voor de Kernenergie. De adviezen van de IRK waren sterk bepalend voor het door de overheid gevoerde beleid. Door de samenstelling van de Raad komt vooral het industriële standpunt in de adviezen sterk naar voren.
7. Tussen de industrie, overheid, researchinstellingen en elektriciteitsbedrijven bestond konsensus over de noodzakelijkheid van de ontwikkeling van kernenergie. Ook het parlement deelde dit standpunt, zonder evenwel het kernenergiebeleid in al zijn aspekten te behandelen.
8. Herbezinning op het kernenergiebeleid, in de zin van grotere belangstelling voor gezondheids-, milieu- en ruimtelijke ordeningsaspekten, kwam pas tot stand na intensieve buitenparlementaire akties die hun weerslag vonden in de houding van politieke partijen in het parlement.

Kommentaar

Het onderzoeksresultaat "Kernenergie in Nederland' geeft een uitstekend beeld van de geschiedenis van de ontwikkeling van kernenergie in Nederland, althans tot ongeveer 1974. Daar is behoefte aan binnen de diskussies over beheersing van technologische ontwikkelingen. Tot op heden was die geschiedenis slechts fragmentarisch vastgelegd, bijvoorbeeld door *Goedkoop* over de geschiedenis van de Noors-Nederlandse samenwerking op het gebied van de kernenergie (1968) en door *le Pair* over de geschiedenis van het ultracentrifuge-projekt (1971).
Toch zet ik bij een aantal onderzoeksresultaten en met name bij de konklusies die daaruit worden getrokken mijn vraagtekens. Dat vindt zijn oorzaak in:
a) de gebrekkige behandeling van de geschiedenis van de kernenergie in Nederland ná 1974;
b) de komplexiteit van het kernenergievraagstuk, hetgeen veroorzaakt dat machtsrelaties moeilijk zijn te doorgronden;
c) de beperkingen die inherent zijn aan een netwerk analyse.
Naast enige kleine onjuistheden, zoals het jaar waarin de Wetenschappelijke Raad voor de Kernenergie werd opgeheven en de suggestie dat de samenwerking tussen Shell en Gulf Oil bij de ontwikkeling van de hoge temperatuur reaktor ook nu nog bestaat, is het jammer dat adviesorganen die na 1974 een belangrijke rol zijn gaan spelen niet of slechts zijdelings behandeld. Met name denk ik hierbij aan de LSEO, de SER, de RAWB en de RARO, naast de vele kommissies die, soms ad hoc, zijn geformeerd om

over een bepaald projekt of probleemgebied te adviseren.
In het onderzoek is bovendien nauwelijks aandacht besteed aan de rol die bijvoorbeeld de pers of de vakbeweging in de ontwikkeling van kernenergie in Nederland heeft vervuld.
Van doorslaggevende betekenis voor het nemen van bepaalde beslissingen kunnen ook de vele lobbyaktiviteiten en besprekingen buiten de geïnstitutionaliseerde kaders om zijn geweest, waarbij in de officiële organen de reeds genomen besluiten slechts bekrachtigd werden.
Uit gesprekken met betrokkenen is bij mij de indruk ontstaan dat dit zeker ten aanzien van de IRK geldt. Hier kwamen veel beslissingen in werkelijkheid tot stand via informele besprekingen en direkte kontakten van ondernemingen met het ministerie van ekonomische zaken. In de officiële verslagen is dit niet terug te vinden, en ook niet in een netwerk-analyse. Mijns inziens heeft de IRK als kommissie dan ook een minder centrale funktie vervuld dan uit het onderzoek van de Vrije Chemie Groep in Groningen lijkt te volgen. In het onderzoek is bovendien onvoldoende aandacht besteed aan de macht die (bepaalde) ambtenaren van het ministerie van ekonomische zaken ten aanzien van de ontwikkeling van kernenergie bezitten.

Daarmee hebben we inmiddels één van de beperkingen van de netwerk-analyse als onderzoeksmethodiek aangestipt: aan niet-geïnstitutionaliseerde machtsrelaties wordt voorbij gegaan.
Ook wordt er vanuit gegaan (zie blz. 47) dat een funktionaris die een dubbelfunktie-relatie legt, automatisch mede het beleid in beide eenheden bepaalt. Enige differentiatie in de relaties naar dominantie komt in de analyses niet voor. Zelfs wordt niet gekeken of de betreffende funktionaris überhaupt wel op de vergaderingen verschijnt. Tevens wordt niet gelet op de richting waarin de overdracht van informatie plaats vindt. Zit 'n funktionaris in een bepaalde kommissie om informatie op te doen of om informatie te verstrekken en daarmee invloed uit te oefenen? Het geven van een antwoord op deze vragen vereist analyse van de notulen van de diverse eenheden. Deze zijn echter niet altijd openbaar.
In de analyse van netwerken komt daarnaast onvoldoende tot uiting dat macht op méér is gebaseerd dan uitsluitend het hebben van (een voorsprong in) informatie. Een eenheid die geld heeft te vergeven neemt een totaal andere plaats in dan een eenheid die slechts mag adviseren. Een eenheid met beslissingsbevoegdheid ten aanzien van het te voeren beleid heeft een totaal andere machtspositie dan een eenheid met uitsluitend kontrolebevoegdheid ten aanzien van het uitvoeren van het beleid.
Bovenstaande beperkingen van netwerkanalyse methodiek leiden ertoe dat slechts een beeld wordt verkregen van wie er zoal bij het kernenergiebeleid betrokken zijn geweest. Het trekken van konklusies over machthebbers is echter een riskante zaak. Het vermelden van funktionarissen met méér dan drie funkties (blz. 89 en 90) heeft in deze dan ook weinig betekenis en leidt er toe dat soms personen worden genoemd die slechts zijdelings of indirekt bij de ontwikkeling van de kernenergie in Nederland betrokken zijn geweest.
Ondanks deze beperkingen acht ik "Kernenergie in Nederland" door het vele materiaal dat bijeen is gebracht, een waardevolle bijdrage aan de studie van de relatie tussen wetenschap en samenleving.

Wim Turkenberg

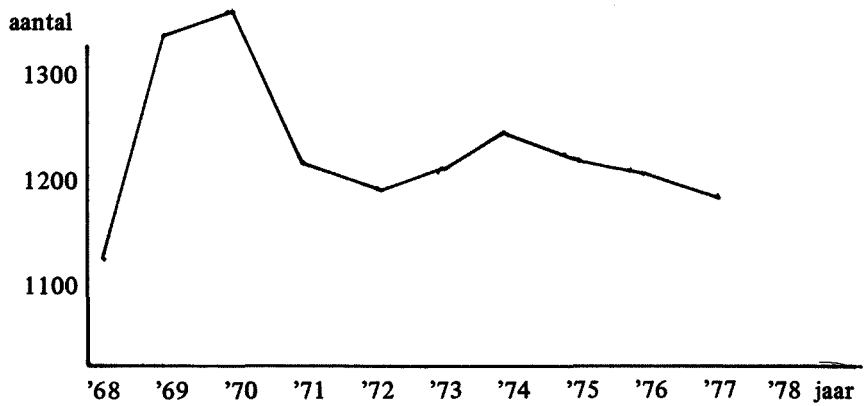
"Kernenergie in Nederland; een onderzoek naar machtsstructuren"
Cor Uitham, Bert de Vies en Gerrit Jan Zijlstra
(Stichting Uitgeverij Xeno, Groningen, 1977).

Duiven houden door Unilever

Unilever Research heeft de afgelopen tijd weer eens wat belangstelling gekregen in de landelijke pers. Het gebrek aan openheid bij de direktie bij het onderzoek naar de wenselijkheid van het samenvoegen van de laboratoria in Vlaardingen en Duiven was voor de gekozen ondernemingsraadleden in Duiven aanleiding om het overleg op te schorten. Uit solidariteit heeft de O.R. van de Vlaardingse vestiging dit voorbeeld gevolgd.
Wat is er aan de hand?

Personeelsbestand bij Unilever Research

Sinds jaren gaan ook bij Unilever Research arbeidsplaatsen verloren.



Na de rigoureuze besnoeiingen van '70-'71 (die overigens nog steeds plaats konden vinden door natuurlijk verloop en overplaatsingen) volgt van '72 tot '74 een licht herstel. Dit was nodig doordat het verloop te groot was geweest om een normaal funktioneren van de organisatie mogelijk te houden. Na '74 zet opnieuw een daling in, minder spektakulair dan in '71, echter onheilspellender omdat een herstel nu wel erg onwaarschijnlijk wordt geacht. Behalve voor het absolute personeelsbestand hebben deze bezuinigingen ook vergaande gevolgen voor de leeftijdsopbouw. Sinds 1974 is het aantal medewerkers in de leeftijdsgroep van 16-25 jaar met 25% afgenomen. Een ander voorbeeld is het percentage medewerkers tot 23 jaar. In 1968 bedroeg dit voor de Nederlandse Unilever Bedrijven (N.U.B.) 21,1% en voor Unilever Research 39,6%. In 1976 is dat reeds teruggelopen tot 14,9% voor de N.U.B. en 12,8% voor Research. Deze veranderingen in de opbouw van het personeelsbestand kunnen in de toekomst tot ongewenste toestanden leiden waarbij herverdeling van het werk en gedwongen overplaatsingen misschien niet te vermijden zijn. In dit kader van vermindering van de budgetten voor research (geld = mensen!) moeten wij ook de plannen tot sluiten van het laboratorium in Duiven zien.

Op 24 maart l.l. werd door de gekozen leden van de Duivense ondernemingsraad het volgende *persbericht* uitgegeven:

Onderzoek bij Unilever Research

De direktie van de Unilever Research laboratoria Vlaardingen en Duiven heeft op 20 januari jl. aan het personeel meegedeeld, dat een onderzoek naar de wenselijkheid tot samenvoeging van de beide laboratoria zou worden ingesteld. Deze twee laboratoria staan sedert 1969 onder één vierhoofdige direktie. Het laboratorium te Vlaardingen doet voornamelijk onderzoek op de gebieden van eetbare

oliën en vetten en van wasmiddelen, het laboratorium te Duiven werkt vooral aan andere voedingsmiddelen en aan dranken. Ze tellen samen ca. 1150 personeelsleden, waarvan ca. 200 in Duiven, bij Arnhem. Het zou bij een samenvoeging gaan om een overplaatsing van de Duivense medewerkers naar Vlaardingen. De lokale ondernemingsraad, althans de gekozen leden, heeft daarom de direktie opheldering gevraagd over de argumenten voor het onderzoek. De direktie heeft daarop in een drietal extra-vergaderingen van de ondernemingsraad (op 25/1, 8/2 en 2/3) haar overwegingen uiteengezet.
Bij de direktie leeft de gedachte, dat bij samenvoeging van verwante werkzaamheden met hetzelfde aantal mensen meer en sneller resultaten zullen worden bereikt. Ze is het echter wel eens met de ondernemingsraad, dat een dergelijke invloed op de doelmatigheid moeilijk zal zijn te konstateren. Eventuele financiële voordelen zijn geen uitgangspunt geweest. Evenmin is het onderzoek naar samenvoeging ingegeven door konkrete plannen tot belangrijke inkrimping van de personeelssterkte.
Daartegenover heeft de ondernemingsraad van het laboratorium te Duiven vooral gewezen op de sociale en maatschappelijke gevolgen voor de medewerkers. Velen zijn zozeer gebonden aan hun woonomgeving via familie, scholen en andere relaties of vanwege gezondheidsoverwegingen, dat ze niet mee zullen willen of kunnen gaan. Dit zal betekenen, dat Unilever Research een belangrijke verlies aan speciale vakmensen gaat lijden, dat pas na jaren weer zal zijn aangevuld. Bovendien zou de hele operatie duidelijk in strijd zijn met het spreidingsbeleid van de regering. De gekozen leden vinden dan ook een samenvoeging onaanvaardbaar. Ze konstateren, dat de nadelen van samenvoeging voor het personeel en voor de Liemers, maar ook voor Unilever, veel groter zijn dan de twijfelachtige voordelen, en dat er geen grondige studie nodig is voor die konklusie.
De gekozen leden wijzen vervolgens op een aantal andere middelen tot verhoging van de doelmatigheid, die niet deze nadelen hebben. Ze zijn van mening, dat nog niet al het mogelijke is gedaan. Pas als dat wel is gebeurd, zou kunnen worden nagegaan hoe groot de dan nog overblijvende voordelen van samenvoeging zijn, en hoe deze dan opwegen tegen de inherente nadelen.
De direktie is op één van deze alternatieven nader ingegaan: er zal in het onderzoek nu ook worden nagegaan of eenzelfde effekt als men van samenvoeging verwacht, kan worden verkregen door een herverdeling van het werk over beide laboratoria. Voor andere, door de ondernemingsraad voorgestelde middelen is die toezegging niet specifiek gedaan. Genoemd waren onder meer onderzoek naar verbetering van de kommunikatie en naar het funktioneren van de leiding.

Op 3 maart jl. is toch het onderzoek naar de wenselijkheid tot samenvoeging van start gegaan. Het onderzoek wordt uitgevoerd door twee leden van de direktie en de twee groepsleiders uit Duiven als vaste deelnemers. In het onderzoek zullen tegen elkaar worden afgewogen de verwantschap tussen het werk in beide vestigingen, de konsekwenties voor de serviceafdelingen, de financiële aspekten en de sociaal-maatschappelijke gevolgen. Het rapport en de konklusies van het onderzoek zullen, na vaststelling door de direktie, en na goedkeuring door hogere Unilever-funktionarissen, voor advies worden voorgelegd aan de ondernemingsraden van beide vestigingen.
Inmiddels zijn een aantal spontane akties ontstaan tot behoud van het laboratorium te Duiven. Deze akties zijn gevoerd zowel door de werknemers en hun gezinsleden, als door organisaties in de gemeenten Zevenaar, Duiven en Didam. Ook plaatselijke politieke partijen hebben blijk gegeven van interesse en aktiviteit. De gekozen leden van de ondernemingsraad gaan door met zich op voorhand voor te bereiden op het mogelijk t.z.t. te geven advies, via kontakten met werknemersverenigingen en met overheidsinstanties. Zij zullen al het mogelijke doen om, nu het onderzoek toch plaatsvindt, te waken voor een verantwoorde beslissing.

Gebrek aan openheid

Het uit de bevolking opgerichte aktiekomitee, waarin P.v.d.A., P.P.R., C.P.N., A.N.J.V. en Werkelozen Belangen Zevenaar samenwerken, verzamelde tot 3 mei 4000 handtekeningen waarmee de ongerustheid over het verloren gaan van arbeidsplaatsen in deze toch al ekonomies zwakke regio tot uiting werd gebracht.
In juli werd toegezegd, dat het rapport vóór september ter kennis van de gekozen O.R.-leden gebracht zou worden. Echter reeds eind augustus werd dit door de direktie herroepen en aanbieding van het rapport aan de O.R.en van Duiven en Vlaardingen pas in oktober in het vooruitzicht gesteld. Deze direktiemelding werd doorkruist door een brief van de gekozen O.R.-leden, gesteund door praktisch alle medewerkers waarin per begin september opening van zaken werd geëist, hetzij in de vorm van het rapport dan wel door mededeling van het principebesluit en van de argumenten, die hiertoe zouden hebben geleid. Deze eis werd door de direktie afgewezen, hetgeen voor de gekozen leden aanleiding was om opnieuw de pers in te lichten:

Gebrek aan openheid bij direktie Unilever laboratorium; gekozen leden ondernemingsraad schorten overleg met direktie op

"De gekozen leden van de ondernemingsraad van het Unilever Research Laboratorium te Duiven hebben besloten het overleg met hun direktie op te schorten vanaf 1-9-1978. Het personeel heeft zich in een speciaal hiertoe belegde hoorzitting met grote meerderheid voor deze stap uitgesproken. (...)
De gang van zaken tijdens het onderzoek riep eveneens vele vragen op waarop de direktie echter niet antwoordde. Zij deelde mee het overleg met de ondernemingsraad over het onderzoek tot de verschijningsdatum op te schorten.
Hoewel het onderzoek inmiddels in juni werd afgerond en de direktie een spoedige verschijning van het rapport beloofde werd de rapportage daarna aan de ondernemingsraden tweemaal uitgesteld. De vrees neemt daarom toe dat, de door de direktie genoemde hogere Unilever instanties (direktie Nederlandse Unilever Bedrijven B.V., hoofd Research Divisie, en raad van kommissarissen) die het rapport eerst moeten zien en goedkeuren voordat de beurt aan de ondernemingsraad is, tot overeenstemming zullen komen voor de direktie de ondernemingsraad mag informeren.
De gekozen leden van de ondernemingsraad Duiven vragen zich dan ook af of een op deze wijze overeengekomen besluit niet bij voorbaat onherroepelijk is. In ieder geval missen zij dan de mogelijkheid met een advies de mening van alle eerder bij de besluitvorming betrokkenen nog te kunnen beïnvloeden. De hele procedure geeft zelfs voedsel aan de gedachte dat toch reeds bij voorbaat de afloop vaststond.
Er is daarom door de gekozen leden van de ondernemingsraad in Duiven een laatste verzoek gedaan aan de direktie om opening van zaken te geven over haar eigen konklusies naar aanleiding van haar studie en antwoord te geven op de vraag wie de daadwerkelijke verantwoordelijkheid zal dragen voor de te nemen beslissing, de direktie zelf, de direktie Nederlandse Unilever Bedrijven B.V., hoofd Research Divisie of de raad van kommissarissen.
De direktie is op deze laatste vraag niet ingegaan en heeft meegedeeld vast te houden aan de procedure, wat betekent dat nu pas in oktober de beurt aan de ondernemingsraden zal zijn.
Het uitblijven van de gewenste openheid heeft reeds geleid tot grote onrust onder het personeel in het Duivense laboratorium en een toenemend wantrouwen in de direktie Vlaardingen/Duiven. Daarnaast zijn er aanwijzingen dat de onzekerheid omtrent de werkzaamheid van de toekomstige organisatie zal leiden – of al heeft geleid – tot een versterkt verminderen van onderzoeks-budgetten en het overhevelen van projekten naar Engelse zusterlaboratoria, waar ook de loonkosten veel lager liggen. Dit kan leiden tot een extra verlies van werkgelegenheid (er zijn sinds 1971 al ruim 200 arbeidsplaatsen bij Unilever

Research in Nederland verloren gegaan) en verminderde onderzoeksmogelijkheden ten behoeve van de Unilever-bedrijven in Nederland en omliggende landen. Ook het landbouwkundige onderzoek in Duiven zal door een overgang naar Vlaardingen worden bedreigd. Een belangrijk deel van dit onderzoek is ten behoeve van Unileverbedrijven in de derde wereld.
Gezien de weigering van de direktie om de door de gekozen leden van de ondernemingsraad in Duiven gevraagde openheid nu te betrachten, hebben zij besloten al het overleg met de direktie op te schorten en pas weer te hervatten als er door de direktie duidelijkheid verschaft kan worden over de toekomst van het laboratorium in Duiven."

In de situatie die in dit persbericht is geschetst is het niet te verwonderen dat het allerwegen in de beide laboratoria gonst van geruchten, vaak van de meest fantastische aard. Niet zo fantastisch is de veronderstelling dat in de komende jaren opnieuw in de researchbudgetten genoeid zal worden. Een teken aan de wand is de grotere reduktie de afgelopen jaren bij de research in Nederland vergeleken met de Engelse laboratoria (veel lagere personeelskosten!). Verwacht wordt dat de komende jaren research-aktiviteiten naar Engeland zullen worden overgeheveld.
Het vertrouwen in de laboratoriumdirektie bevindt zich op een dieptepunt. Overigens is het niet bij deze direktie waar de uiteindelijke beslissing valt (of al gevallen is). Mogelijk zijn die beslissingen bij de publikatie van dit verhaal bekend. Echter op dit moment verkeren de personeelsleden en hun gezinnen nog in het onzekere en in angstige spanning ziet men de komende weken tegemoet.

Klaas Schutter

Berichten-BWA-VWO-Berichten

Science, society and education (2)

Bij de voorbereidingen voor de konferentie Science, Society and Education (waarover Annemarie van de Vusse in W&S 78/6, blz. 58-59 een kort verslag schreef) bleek al dat het niet het soort konferentie zou worden dat Annemarie op prijs stelt. Enkele akties van haar tegen de konferentie werden niet door de landelijke werkgroep wetenschap en samenleving overgenomen (enkele wijzigingsvoorstellen wel, overigens). Het is daarom begrijpelijk dat ze in het verslag haar gram haalt.
Wat ik niet begrijp is dat ze dat doet door maar één van de acht sprekers (en dan uitgebreid) te citeren om vervolgens te klagen over "abstrakte algemene verhalen zonder konkrete ervaringen en eigen problemen". Tenminste vijf van de sprekers gingen juist wel op de praktijk en op eigen ervaringen in, terwijl de door haar geciteerde spreker het meest abstrakte en algemene betoog hield (over de verhouding tussen wetenschap en samenleving, en mijns inziens erg goed, maar ik ben niet bang voor diepergaande analyses).
En wat ik evenmin begrijp is dat ze IMGO's en wetenschapswinkels naar voren haalt als het enige antwoord op de vraag "Hoe wordt nu in de praktijk vorm gegeven aan deze veranderde verhouding tussen wetenschap en samenleving?" Er is echt wel meer op de wereld, en dat bleek ook op de konferentie, zowel in de hoofdlezingen als in de diskussiesessies. Met een verslag waarin aan meer dan driekwart van de konferentie voorbij gegaan wordt is niemand gediend. De schampere slotzinnen waarin opzet en uitvoering in de hoek worden gezet laten de lezer evenmin ruimte om er achter te komen dat vele anderen, niet minder bij wetenschap en samenle-

ving betrokken dan Annemarie, de konferentie wel gewaardeerd hebben.

Arie Rip

Onderzoek Automatisering

De Beleidsgroep Onderzoek van de F.N.V. houdt op 28 oktober een werkkonferentie in Utrecht over de gevolgen van automatisering voor de werknemers. De laatste tijd wordt de Nederlandse vakbeweging steeds nadrukkelijker gekonfronteerd met de automatisering van de produktie. In de diskussie over de oorzaken van de huidige grote werkloosheid môet aan de automatisering een belangrijke plaats worden toegekend. En momenteel brengen weekbladen in binnen- en buitenland groot opgemaakte artikelen over de dramatische gevolgen die voor de werkgelegenheid te verwachten zouden zijn bij toepassing op grote schaal van de mikro-elektronika: de mikro-kompressor en mikro-komputer.
De toepassing van de mikro-elektronika is het afgelopen voorjaar reeds een hoofdrol gaan spelen bij de arbeidskonflikten in de Westduitse metaal- en grafische industrie. De aandacht van pers, wetenschappers en vakbeweging is tot voor kort ook sterk gekoncentreerd geweest op de gevolgen van automatisering in de industrie. Nu wordt echter steeds duidelijker, dat er ook in de dienstensektor, vooral in het bank- en verzekeringswezen, een automatiseringsgolf op til is. Evenals in de industrie zal die ongetwijfeld diepgaande gevolgen hebben, èn voor het aantal arbeidsplaatsen, en voor de kwaliteit van de arbeid: het niveau van opleiding en ontwikkeling dat vereist wordt, de autonomie van de werknemers bij hun werk, de arbeidsomstandigheden.
Tot nog toe is in ons land op dit hele gebied weinig onderzoek gedaan. Ook is er binnen de FNV en de daarbij aangesloten bonden nog niet systematisch kennis verzameld over de gevolgen van de recente automatisering voor de werknemers. Ouder materiaal, bijv. enkele jaren geleden gebundeld door de Westduitse IG Metall, moet worden benut maar is niet meer toereikend. De Beleidsgroep Onderzoek van de FNV heeft, toen ze werd gekonfronteerd met deze stand van zaken, het initiatief genomen tot een *werkkonferentie over de gevolgen van automatisering voor de werknemers.*
De beleidsgroep hoopt dat deze bijeenkomst konkreet twee doelen kan dienen:
1. het uitwisselen van ervaringen en onderzoeksresultaten met betrekking tot automatisering en bepaalde aspekten daarvan;
2. het geven van een antwoord op de vraag, welke aspekten voor de vakbeweging en de werknemers van direkt belang zijn en hoe de gevolgen van automatisering (beter) onderzoekbaar zijn te maken.
Met deze doelen voor ogen nodigen we uit: *wetenschappers* die op dit gebied onderzoek hebben gedaan, doen of van plan zijn te gaan doen, *kaderleden* van de bonden, waarmee wij of deze onderzoekers kontakt hebben (gehad), en *vakbondsbestuurders en -medewerkers* waarvan we aannemen dat ze in het thema van de bijeenkomst geinteresseerd zijn.
Aan de hand van een aantal vragen willen we lijn brengen in de diskussie:

Welke krachten verschuilen zich achter de automatisering?
Hoe ziet de komputermarkt eruit? Hoe ziet de telekommunikatiemarkt eruit? Hoe ziet de markt van halfgeleiders eruit? En hoe die van de service- en organisatiebureau's? Wat is de invloed van de fabrikanten in bovengenoemde sektoren op automatiseringsprojekten? Wat is de positie van Philips op de markten van komputers en mikro-processoren? Wat is de positie van Philips in de telekommunikatiesektor? Welke toepassingsgebieden ziet Philips voor z'n mikroprocessors?
Wat zijn de belangrijkste technologische ontwikkelingen die de komende paar jaar te verwachten zijn? We denken

met name aan de mikro-processors, de glasvezelkabels, de datanetten van de PTT, de software-ontwikkelingen.

Wat zijn de belangrijkste tendenzen die zich feitelijk voordoen?
Welke automatiseringsprocessen vinden er plaats in industriële bedrijven (hierbij willen we de grafische sektor afzonderlijk behandelen)? Welke in de kommerciële administratieve sektor, in de detailhandel, bij de overheid?
Wat betekent het automatiseringsproces voor de betrokken ondernemingen, gezien naar hun konkurrentiepositie, hun winst-vermogen, hun afhankelijkheid van banken, etc.? Beïnvloedt het hun markt-strategie, dreigt er het gevaar van overproduktie?

Wat zijn de belangrijkste gevolgen voor de werknemers?
Hoe hangen automatisering en reorganisatie konkreet samen? Wat is de betekenis van automatisering voor de interne organisatie van een bedrijf? Wat betekent de automatisering voor de kontrole van de direktie over de arbeid van de werknemers?
Welke gevolgen (kwantitatief) zijn zichtbaar voor de werkgelegenheid?
Welke gevolgen doen zich min of meer systematisch voor gezien naar de kwalifikaties van de werknemers? Gezien naar de aard van het werk? Naar de autonomie (vrijheid) in het werk?
Welke gevolgen doen zich voor met betrekking tot de arbeidsomstandigheden? Leidt automatisering tot een grotere psychische arbeidsbelasting? Wat betekent het gebruik van beeldschermen voor de gezondheid van de werknemers?
Hoe staat het met het gebruik van geautomatiseerd personeelsbeheer en de bescherming van persoonsgegevens daarbij?

Verdere informatie: M. van Klavaren, Beleidsgroep Onderzoek FNV, Plein 40-45 nr. 1. Amsterdam.

Wetenschapsbeleid

De werkgroep Wetenschapskritiek (K.U. Leuven, België) organiseert in november twee seminaries over wetenschapsbeleid, die elk één namiddag van 14h00 tot 18h00 in beslag nemen.
Op het eerste seminarie (8 nov.) wordt nagegaan welk konkreet wetenschapsbeleid in België wordt gevoerd en in hoever het afwijkt van zijn doelstellingen. De standpunten terzake van overheid, industrie, universiteit en gemeenschap zullen daarbij uitvoerig aan bod komen. De tweede namiddag (15 nov.) is breder van opzet. Volgende onderwerpen worden behandeld: de relatie tussen wetenschap/technologie en maatschappij, de rol van de industrie in wetenschapsbeleid, het Nederlandse sektorradensysteem en de grenzen aan beleid.
De seminaries gaan door in auditorium "De Molen", Celestijnenlaan 131, Heverlee.
Inlichtingen: p/a I. Verpoest,
Heverlee ( ).

wetenschap en samenleving

Bestellingen van losse nummers:
f 6,70 op giro 22321, VWO Utrecht.
Abonnementen: administratie VWO.
W&S verschijnt 10 maal per jaar.
Een jaarabonnement kost f 25,–.
Advertenties: 1/1 p.: f 90,–,
1/2 p.: f 55,–, 1/4 p.: f 35,–.

Redaktiesekretariaat (niet voor bestellingen):
Voorlopig adres:
Capelseweg 124, Capelle a/d IJssel

Kernredaktie:
Ries Breedveld, , Wageningen

Teun van Dijk, , Amsterdam

Nelleke Eijkelhof, , Leiden

Arie de Kool, , Rotterdam

Peter Levelt, , Amsterdam

Loet Leydesdorff, , Amsterdam

Anne van Veenen, , Capelle a/d IJssel

Brede redaktie:
Ria van Hengel, John Huige, Gerrit Huizer, Jan Korff de Gidts, Jak van der Meulen, Rob Sijmons, Wim Smit.

Lay out:
Maarten Breuker, , Haarlem

BWA

Sekretariaat en administratie:
Ruysdaelstraat Amsterdam

Op dinsdag en woensdag
op de gebruikelijke kantooruren.

Lidmaatschap:
(abonnement W&S inbegrepen): f 120,– per jaar.
(reduktie mogelijk tot f 60,–), studenten f 30,–.
Postgiro 2307567.
Gemeentegiro Amsterdam B 35552.

VWO

Sekretaris:
Eduard van Hengel, , Nuenen

Administratie:
Stadhouderslaan 91, Utrecht
Op werkdagen van 8.30-12.30 uur.
030-513638

Lidmaatschap:
(abonnement W&S inbegrepen): f 50,– per jaar,
studenten f 27,50.
Giro 22321 t.n.v. Penningmeester VWO, Utrecht.

TIJDSCHRIFT VOOR POLITIEKE EKONOMIE

2e jaargang nummer 1, juni 1978, 166 pagina's

Themanummer ***Aardgas, olie, kernenergie en de staat***

Jan de Jong, Arnold Koper
Staat, bodemschatten en energiepolitiek
– een analyse van de strijd om de Mijnwet Continental Plat –

Hans Schenk m.m.v. Frans Vlieg, Herman Damveld, Joop Workel
De Bondsrepubliek en kernenergie
– een politiek-ekonomische analyse –

Cor Uitham, Bert de Vries, Gerrit-Jan Zijlstra
Het Nederlandse Kernenergiebeleid
– politiek tussen vierde en vijfde macht? –

In boekwinkel of door overmaking van *f* 10,– op postgiro 2069977 t.n.v. SUA, Amsterdam.

Collectie Stichting Laka
www.laka.org
Gedigitaliseerd 2021