

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

uraniu m -

verrijking
verrijking
verrijking
verrijking

(historie, technologieën, markt.)

peter boskma,
wim smit,
gerard de vries.

boerderijcahier 7501.

Collectie Stichting Laka

www.laka.org
Gedigitaliseerd 2021

uranium -
verrijking

(historie, technologieën, markt.)

peter boskma,
wim smit,
gerard de vries.

enschede, juni 1975.

boerderijcahier 7501.



INHOUDSOPGAVE

	pag.
VOORWOORD	v
I. DE BETEKENIS VAN URAANVERRIJKING	1
1. <u>Inleiding</u>	1
2. <u>Het militaire en civiele gebruik van uraan- verrijking</u>	2
<u>Referenties</u>	6
II. TECHNIEKEN VOOR URAANVERRIJKING EN DE BETEKENIS VAN DE ULTRACENTRIFUGE	7
1. <u>Inleiding</u>	7
2. <u>Technologieën in gebruik op industriële schaal of in proeffabrieken</u>	9
2.1 Inleiding	9
2.2 De gasdiffusiemethode	10
2.3 De ultracentrifugemethode	11
2.4 Het jet-nozzle procédé	13
3. <u>Technologieën in de laboratorium- en ont- wikkelingsfase</u>	14
3.1 Inleiding	14
3.2 Verrijking met lasers	15
3.3 Verrijking met roterende plasma's	18
3.4 Verrijking met behulp van ionenwisselaars	19
3.5 Slotopmerking	19
4. <u>Een vergelijking van de verschillende tech- nologieën</u>	20
<u>Referenties</u>	23

	pag.
III. DE MARKT VOOR URAANVERRIJKING; STAND VAN ZAKEN, PROGNOSES EN ONTWIKKELINGEN	26
1. <u>Inleiding</u>	26
2. <u>Factoren van invloed op de uraanverrijkingmarkt</u>	27
2.1 Inleiding	27
2.2 Benodigde scheidingsarbeid	27
2.2.1 De verwachte nucleaire capaciteit	28
2.2.2 Reactortypes	37
2.2.3 Belastingsgraad	37
2.2.4 Tails assay	38
2.2.5 Recycling van uranium en plutonium	38
3. <u>Aanbod van verrijkingcapaciteit</u>	40
3.1 Inleiding	40
3.2 Verenigde Staten	40
3.2.1 Verrijkingcapaciteit	40
3.2.2 Leveranties	42
3.2.3 Contracten en voorwaarden	43
3.2.4 Nieuwe verrijkingfabrieken in de V.S.	44
3.3 URENCO	47
3.3.1 Huidige situatie van verrijkingcapaciteit	47
3.3.2 Toekomstplannen	47
3.3.3 Marktsituatie	48
3.3.4 Leveringscontracten	49
3.3.5 Verkoop van de technologie	51
3.4 EURODIF	51
3.4.1 Ontwikkeling van de organisatie	51
3.4.2 Leveringscontracten	52
3.4.3 Marktsituatie	52
3.4.4 Toekomstplannen	53
3.5 Frankrijk	53
3.6 Zweden	54
3.7 Sowjet-Unie	54
3.8 West-Duitsland	55
3.9 Zuid-Afrika	55
3.10 Canada	56
3.11 Volksrepubliek China	57

	pag.	
3.12	Zaire	57
3.13	Brazilië	57
3.14	Japan	57
3.15	Australië	58
3.16	India	58
3.17	Israël	58
3.18	Papoea (voormalig Australisch Nieuw Guinea)	59
3.19	Slotopmerking	59
4.	<u>Nieuwe concurrerende verrijkingstechnologieën</u>	59
5.	<u>Conclusies</u>	61
	<u>Referenties</u>	66
IV.	POLITIEKE EN SOCIALE IMPLICATIES, MILIEU- PROBLEMEN	71
1.	<u>Inleiding</u>	71
2.	<u>Politieke en militaire implicaties van uraan- verrijking</u>	71
2.1	Inleiding	71
2.2	Uraanverrijking en het non-proliferatieverdrag	73
2.3	Het Verdrag van Almelo en Europese kernwapens	76
2.4	Landen met plannen voor eigen uraanverrijking en hun houding m.b.t. het non-proliferatieverdrag	78
2.4.1	De EEG-landen	79
2.4.2	Japan	79
2.4.3	Brazilië	79
2.4.4	India	80
2.4.5	Israël	81
2.4.6	Zuid-Afrika	81
2.4.7	Spanje	81
3.	<u>Problemen van de kernenergie</u>	82
4.	<u>Gevaren en milieu-effecten van een verrijkings- fabriek</u>	86
4.1	Inleiding	86
4.2	Radiologische effecten	87
4.3	Chemotoxische effecten	89
4.4	Gevolgen van een ongeluk	90
4.5	Milieu-effecten van de verrijkingsfabriek	93
	<u>Referenties</u>	94

	pag.
V. DE GESCHIEDENIS VAN DE URAANVERRIJKING	96
1. <u>Inleiding</u>	96
2. <u>Het tijdperk van het monopolie van de V.S. en de USSR</u>	96
3. <u>Uraanverrijking in Europa</u>	103
4. <u>De commercialisering van de uraanverrijking</u>	108
<u>Referenties</u>	111
VI. GESCHIEDENIS VAN DE NEDERLANDSE BESLUITVORMING	113
1. <u>Inleiding</u>	113
2. <u>De periode rondom het Verdrag van Almelo</u>	115
3. <u>De periode na het Verdrag van Almelo</u>	121
<u>Referenties</u>	126
VII. REGIONALE ASPECTEN	129
1. <u>Inleiding</u>	129
2. <u>Werkgelegenheid</u>	131
3. <u>Gevaren en Milieu</u>	134
4. <u>Democratie</u>	136
5. <u>Slotopmerking</u>	137
<u>Referenties</u>	138
VIII. EVALUATIE	139
1. <u>Inleiding</u>	139
2. <u>De economisch-technologische ontwikkeling</u>	140
3. <u>Militaire aspecten</u>	147
4. <u>Milieu-effecten</u>	149
5. <u>Besluitvorming in Nederland</u>	151
6. <u>De regio</u>	153

Appendix A Kernenergieprognoses van de AEC:
veronderstellingen en gevoeligheidsanalyses.

Appendix B Gevaren en milieubelasting van uraanverrijking.

Appendix C Kosten van uraniumverrijking.

Appendix D Uranium: Voorraden en productie.

VOORWOORD.

In dit rapport wordt een evaluatie gegeven van de stand van zaken en van de ontwikkelingen op het gebied van de uraniumverrijking. In de hoofdstukken II t/m IV worden achtereenvolgens de technologische-, de economische-, de militaire- en de milieu-aspecten besproken. Hoofdstuk V bevat een kort historisch overzicht van de internationale ontwikkelingen. De hoofdstukken VI en VII gaan over de Nederlandse parlementaire besluitvorming en de regionale discussie over met name het ultracentrifugeproject. Hoofdstuk VIII is een evaluatie en tevens een soort uitgebreide samenvatting. We hebben bij het schrijven van het rapport uitsluitend gebruik kunnen maken van openbare bronnen. Waar het gaat over een technologie die omgeven is met een strikte geheimhouding, zal het rapport op een aantal punten mogelijk onvolledig kunnen zijn. We hebben echter niet de indruk dat het totaalbeeld daardoor wezenlijk anders wordt.

Het rapport veronderstelt op verschillende punten enige voorkennis op technologisch, economisch en polemologisch terrein. We hebben echter geprobeerd het zo te schrijven, dat het voor een breed publiek toegankelijk is en hopen, dat het een rol kan spelen bij de publieke meningsvorming over de uraanverrijking in Nederland. Gesteld kan worden dat uraanverrijking met het ultracentrifugeprocédé, structureel gezien, de belangrijkste Nederlandse activiteit is op het gebied van de nucleaire technologie.

De indeling van het rapport is verder zo opgezet, dat het mogelijk is er meer of minder uitgebreid kennis van te nemen. Voor een globale kennismaking zou men hoofdstuk VIII kunnen lezen. Voor een uitvoeriger, niet-technisch georiënteerde kennismaking zou men achtereenvolgens kunnen lezen hoofdstuk I, hoofdstuk II.4, hoofdstuk III.5, hoofdstuk IV.2.1, 2.2 en 2.3, hoofdstuk V en hoofdstuk VIII. Voor wie meer specifiek in de besluitvorming is geïnteresseerd zou de volgorde kunnen zijn hoofdstuk I, hoofdstuk V, hoofdstuk VI, hoofdstuk VII en hoofdstuk VIII. Voor wie in het bijzonder in de technologische-,

economische- en milieu-aspecten is geïnteresseerd, bevatten de hoofdstukken II, III, IV en VIII, alsmede de bijbehorende appendices, waarschijnlijk de meest interessante informatie. Overigens, aan de hand van de inhoudsopgave kan ieder voor zich een keuze maken. Maar voor een totaalbeeld blijft het toch wel nodig, het geheel te lezen, omdat juist door de samenhang van de verschillende aspecten een afweging van verschillende factoren mogelijk wordt.

Dit rapport is het eerste in een reeks "Boerderijcahiers". "De Boerderij" is een onderwijs en studiecentrum aan de Technische Hogeschool Twente voor o.a. vraagstukken van de wisselwerking tussen technologisch-wetenschappelijke en maatschappelijke ontwikkelingen. De auteurs van dit rapport zijn aan dit centrum verbonden.

Aan verschillende mensen zijn ze veel dank verschuldigd voor de verleende hulp bij het tot stand komen van dit rapport. Dat geldt in het bijzonder Gerdien Linde, die een groot deel van de organisatie en het typewerk voor dit rapport heeft verzorgd met een bewonderenswaardige laconieke rust temidden van door tijdsdruk enigszins heftige toestanden. Zij werd hierbij geassisteerd door Annie Breman. De tekeningen voor het rapport zijn gemaakt door ir. Marien den Dulk, het omslagontwerp is van Teunis Ydens. Verder is dankbaar gebruik gemaakt van een overzicht van de manier waarop het UCproject in de Twentse pers is verslagen van de hand van M.J. Struik, student aan de THT. We zijn tenslotte ir. J.E.E. Meilof van de UCN-verrijkingsfabriek in Almelo bijzonder erkentelijk voor het beschikbaar stellen van informatie en enkele gesprekken. De verantwoordelijkheid voor de inhoud van het rapport ligt uiteraard geheel bij de auteurs.

Overname van delen van dit rapport is bij voorbaat toegestaan, mits met bronvermelding. De auteurs stellen het wel erg op prijs, in dat geval een copie van het bericht of artikel te ontvangen. Verder zijn ze zeer geïnteresseerd in kritieken en/of aanvullingen op het rapport.

Enschede, 17 juni 1975

Dr. P. Boskma

Dr. W.A. Smit

Ir. G.H. de Vries

I. DE BETEKENIS VAN URAANVERRIJKING.

1. Inleiding.

In dit rapport wordt een overzicht gegeven van de betekenis en de problemen rondom uraanverrijking. De evaluatie die gemaakt wordt speelt zich daarbij op een aantal niveau's af. De rol van uraanverrijking bij de civiele opwekking van nucleaire energie zal worden besproken, naast de rol die zij speelt als onderdeel van de moderne wapentechnologie. Wij zullen ons richten op de internationale context waar uraanverrijking een rol speelt bij de onderlinge militaire en economische verhoudingen tussen nationale staten en bij de competitie van ondernemingen. Bovendien zal, gezien de bijzondere positie van Nederland als een van de deelnemers aan het ultracentrifugeproject, ook de nationale en regionale (Twentse) context aan de orde komen. De huidige positie van de verrijkingsindustrie zal in een historisch verband worden geplaatst en worden afgezet tegen te verwachten ontwikkelingen, op het gebied van b.v. de markt aan verrijkt uranium en de te verwachten technologische ontwikkelingen.

In dit eerste hoofdstuk zullen we kort de vraag beantwoorden waarvoor verrijkt uranium nodig is en hoe de relatie tussen vreedzaam en militair gebruik ligt. In het tweede hoofdstuk zullen we de verschillende technieken van uraanverrijking bespreken. In hoofdstuk III worden de marktvooruitzichten voor de verrijkingsindustrie uitvoerig besproken. Vervolgens komen een aantal politieke aspecten, naast de milieu-implicaties van een verrijkingsinstallatie aan de orde. Hoofdstuk V zal een kort overzicht geven van de geschiedenis van de uraanverrijking in het krachtenveld van een anarchie van nationale staten en van grote, veelal multinationale, ondernemingen. In hoofdstuk VI zal de geschiedenis van de Nederlandse bemoeienissen met uraanverrijking worden besproken, in hoofdstuk VII komt de regionale, Twentse context aan bod. Het laatste hoofdstuk geeft nog eens een opsomming van de belangrijkste punten van deze evaluatie van de verrijkingsindustrie.

2. Het militaire en civiele gebruik van uraanverrijking.

Tegen het eind van de dertiger jaren ontdekten natuurkundigen dat sommige zware atoomkernen door beschieting met neutronen te splijten zijn in lichtere, waarbij veel energie vrij komt. Bij de kernsplijting komen nieuwe neutronen vrij, die, zoals fysici als Joliot-Curie en Hahn zich al snel realiseerden, op hun beurt weer te gebruiken zijn om nieuwe splijtingen te veroorzaken. Daarmee is een kettingreactie mogelijk geworden, waarbij veel, en zeer geconcentreerde energie vrij komt. In vergelijking met b.v. chemische energiebronnen (verbranding b.v.) komt per gebeurtenis ongeveer een miljoenvoudige energie vrij. Wanneer de kettingreactie ongestuurd zou verlopen, zou de vrijkomende hoeveelheid energie exponentieel toenemen en ontstaat een krachtige explosie. De reactie kan ook gestuurd worden op een vast niveau: dan komt er energie vrij die b.v. in electriciteit kan worden omgezet. Al in 1939, dus voor de tweede wereldoorlog is duidelijk dat geheel nieuwe wapens kunnen worden gemaakt. C.P. Snow schrijft dan al dat¹⁾ "some physicists think that within a few months, science will have produced for military use an explosive a million times more violent than dynamite. It is no secret". Maar ook de toepassing voor energie-opwekking wordt vanaf het begin gezien. Zo vragen Joliot-Curie en medewerkers al in 1939 patenten aan voor kernreactoren.²⁾ Kernsplijting wordt een zeer opwindend en modieus onderwerp van onderzoek. Een overzichtsartikel uit een natuurkundig tijdschrift³⁾ geeft in januari 1940 100 referenties over splijtingsonderzoek uit 1939.

Bij het begin van de tweede wereldoorlog wordt het splijtingsonderzoek vrij snel tot een geheime zaak. Begin 1940 komen de engelse natuurkundigen Frisch en Peierls met een memorandum van 5 pagina's waarin ze uitleggen hoe de bom gemaakt kan worden. De engelsen en amerikanen beginnen al snel met een gezamenlijk militair programma. Tot midden 1941 liggen de engelsen voor. Daarna nemen de amerikanen spoedig de leiding over, nadat op 6 december 1941, de dag voor Pearl Harbour, de beslissing is gevallen voor een inspanning op grote schaal. In Rusland, waar de kennis op het gebied van het splijtingsonderzoek midden 1941 nog niet veel verschilt van de Amerikaanse⁴⁾, komt het

bomprogramma pas na 1943 van de grond. In Duitsland schat men het projekt zeer langdurig en krijgt het een lage prioriteit. In het kader van het Amerikaanse militaire programma komt de eerste Amerikaanse reaktor in december 1942 onder leiding van Fermi gereed (in n.b. een voetbalstadion in Chicago). Die reaktor is dan niet primair bedoeld om energie te produceren, maar moet Plutonium produceren voor kernwapens. De eerste Russische reaktor met dezelfde opzet wordt kritisch op 25 december 1946⁵⁾.

Door de zeer hoge prioriteit van het kernwapen wordt de ontwikkeling van de reaktor voor energieopwekking een zijtak en blijft de ontwikkeling vooral bepaald door de kernwapenpolitiek. Voor die enge verstrengeling zijn echter ook objektieve redenen: technologisch gezien zijn de militaire en civiele nucleaire technologie onlosmakelijk verbonden, ze maken in principe gebruik van dezelfde grondstoffen en op een aantal essentiële punten zijn de technieken dezelfde. Het is noodzakelijk daar dieper op in te gaan omdat slechts vanuit die context de betekenis van de uraanverrijking duidelijk te maken is.

Voor een splijtings-kettingreactie zijn maar enkele zware isotopen geschikt. De belangrijkste daarvan is ^{235}U , andere zijn ^{239}Pu en ^{233}U . ^{239}Pu is een element dat voor 1940 niet bestond. Het moet in een reaktor worden geproduceerd, b.v. uit ^{238}U . ^{233}U is in een reaktor te produceren uit Thorium. ^{235}U komt naast ^{238}U en ^{234}U voor in natuurlijk uranium (in resp. 0.720, 99.274 en 0.006 %), dat in mijnen kan worden gedolven. Voor toepassing in de meeste typen reaktoren en in kernwapens is het percentage ^{235}U in natuurlijke uranium te laag. Methoden om de fraktie ^{235}U in het uranium te verhogen, heten verrijkingstechnieken. De meeste grote energiereaktoren (LWR, b.v.) gebruiken uranium met ca. 3% ^{235}U . In andere reaktoren (b.v. de moderne HTGR, scheeps- en researchreactoren) wordt sterker verrijkt uranium gebruikt (30%, soms 80-90%, voor HTGR 93%).

De hoeveelheid uranium die nodig is om een zichzelf instandhoudende kettingreactie te creëren wordt de kritische massa genoemd. Die hoeveelheid kan aanzienlijk worden verkleind door gebruik te maken van een goede neutronenreflektor (b.v.

beryllium). Voor 10% verrijkt uranium is zo de kritische massa 1000 kg, bij 50% verrijkt 50 kg en bij zuiver uranium ca. 15 kg. In de literatuur wordt, afhankelijk van de reflector, een waarde van 11-25 kg als kritische massa voor ^{235}U genoemd. Beneden 10% verrijking is het uranium ongeschikt als materiaal voor kernwapens. Daarna neemt de geschiktheid snel toe. Bij ca. 50% verrijking zijn wapens te maken met een explosief vermogen dat overeenkomt met dat van 100 ton TNT, de gebruikelijke conventionele springstof⁷⁾. Bij verrijking boven 90% zijn splijtingswapens te maken met explosief vermogen van vele honderdduizenden tonnen TNT-equivalent.

Naast de wapens die op splijting van zware atoomkernen zijn gebaseerd zijn er die de fusie van lichte elementen (als waterstof en deuterium) als energiebron gebruiken (Waterstof- of thermonucleaire wapens). Voor het tot stand komen van dergelijke fusiereacties zijn zeer hoge temperaturen vereist. Aangenomen kan worden dat bij de bestaande waterstofwapens een uranium-splijtingsbom als "slaghoedje" dient, om deze zeer hoge temperaturen te creëren. Het is uit de open literatuur niet duidelijk waarom daarbij een uraniumsplijtingsbom wordt geprefereerd boven een Plutoniumbom. De consequentie is echter wel, dat uraanverrijking een sleutelpositie inneemt bij de ontwikkeling van thermonucleaire wapens⁸⁾.

Verrijken van uranium is het scheiden van isotopen van een en hetzelfde element. De isotopen verschillen nauwelijks in eigenschappen, waardoor het verrijken een technisch moeilijk proces is. Wel zijn er een groot aantal methoden mogelijk. Maar de meeste en alle tot nu toe op grote schaal bedreven technieken hebben een klein of zeer klein scheidend vermogen. Om hoge verrijkingsgraden te verkrijgen moet dan het proces vele keren na elkaar worden herhaald. Op deze technische aspecten gaan wij in hoofdstuk II nader in.

De verschillende verrijkingstechnieken kunnen zowel gebruikt worden om uraan te verrijken voor het gebruik in reactoren als voor bomexplosief. Alleen de interne organisatie van de fabriek, in concreto de schakeling van de scheidingselementen, is verschillend. Daardoor krijgt iedere uraanverrijkingsfabriek een potentieel militaire betekenis. Het is een sleutelgegeven als

het gaat om de mogelijkheden van een land kernwapens te maken, in het bijzonder de waterstofbom. Uraanverrijkingsfabrieken op industriële schaal zijn er tot nu toe alleen in de landen met kernwapens. Het Engels-Nederlands-Westduitse centrifugeproject is het eerste grootscheepse uraanverrijkingsproject waarbij ook niet-kernwapenlanden betrokken zijn.

Maar er zijn wel veel meer plannen, ook van andere niet kernwapenlanden. Ze betreffen vooral landen met grote eigen voorraden aan natuurlijk uranium, als Canada, Australië, Zuid-Afrika.

Deze ontwikkelingen worden sterk gestimuleerd door economische motieven. De strikte geheimhouding rondom de uraanverrijking, naast de constructie van de bom het enige nog geheime deel van de nucleaire technologie, heeft dan ook tegenwoordig naast militaire, sterk commerciële achtergronden. Wanneer kernreactoren op grote schaal mochten worden ingevoerd voor energieopwekking, ontstaat er een belangrijke markt voor verrijkt uraan. Momenteel echter zijn nog steeds de VS en de USSR de enige landen, die op grote schaal verrijkt uraan kunnen leveren. Praktisch gezien heeft de VS daarbij een monopoliepositie in de niet-communistische wereld. De ontwikkelingen in de richting van een internationaal gezien breder aanbod van scheidingscapaciteit heeft, naast de direkt commerciële motieven, ook de poging deze monopolieposities te doorbreken. De verschillende technologieën komen daarbij meer en meer in handen van particuliere, doorgaans grote multinationale ondernemingen. De belangen van dergelijke ondernemingen hoeven niet steeds parallel te lopen met die van internationale vrede en veiligheid.

De problemen van kernwapens en kernenergie zijn op een aantal punten nauw verweven. Eén van die punten is de verrijking van uranium. Daarmee staat de uraanverrijking in een veld van vraagstukken met ongehoord grote en geheel nieuwe implicaties voor de wereldsamenleving.

Hoofdstuk I. REFERENTIES

- 1) Snow, C.P., Discovery, sept. 1939.
- 2) Goldschmidt, B., "Les Rivalités Atomiques", Paris, 1967, p.52.
- 3) Rev. of Mod. Physics, jan. 1940.
- 4) York, H. (ed.), "Arms Control", San Francisco, 1973, p.10.
- 5) York, H. (ed.), op.cit., p.11.
- 6) Willrich, M. en Th.B. Taylor, "Nuclear Theft", Cambridge, 1974, p.16 e.v.
- 7) Ter vergelijking: een zware bom uit WO-II bevatte 10-20 ton TNT.
- 8) SIPRI, "The Nuclear Age", Stockholm, 1974, p.61.

II. TECHNIEKEN VOOR URAANVERRIJKING EN DE BETEKENIS VAN DE ULTRACENTRIFUGE.

Yet in holding scientific research and discovery in respect, as we should, we must also be alert to the equal and opposite danger that public policy itself becomes the captive of a scientific-technological elite.

Eisenhower, afscheidsrede, 17 jan.
1961.

1. Inleiding.

Het verrijken van uraan in het isotoop ^{235}U betekent eigenlijk het scheiden van isotopen van één element. Omdat de chemische eigenschappen van isotopen maar zeer weinig verschillen, is dat technisch gezien een moeilijk procedé. Er moet gebruik worden gemaakt van de vrij kleine verschillen in fysische eigenschappen zoals het verschil in massa, in atoomspectrum en in ionstraal.

In principe is een groot aantal methoden mogelijk. Direct in de tweede wereldoorlog zijn daarvan al verschillende in de VS geprobeerd¹⁾. Als belangrijkste methode op industriële schaal is overgebleven het zgn. gasdiffusieproces. Na de oorlog zijn door verdergaand onderzoek nieuwe technologieën naar voren gekomen. De ultracentrifuge is één daarvan, en reeds zo ver ontwikkeld dat ze binnenkort op industriële schaal lijkt te kunnen worden toegepast. Verder is er een hele serie nieuwe technieken, die soms "second generation" verrijkingstechnieken genoemd worden, in het stadium van de laboratoriumontwikkeling. Daaronder bevinden zich enkele veelbelovende, zoals de lasermethode, die het toekomstige beeld wel eens ingrijpend zouden kunnen wijzigen.

We zullen in dit hoofdstuk kort de belangrijkste van deze technologieën de revue laten passeren. Daarna zullen we ze op een aantal punten vergelijken. In hoofdstuk III zal vervolgens aandacht worden besteed aan de toekomstige behoefte aan verrijkt uraan en aan de plannen, zoals die in verschillende landen bestaan om in die geschatte vraag te voorzien. Een grote moeilijkheid bij dit alles is dat er een grote mate van geheimhouding bestaat op het gebied van de uraanverrijkingstechnieken. Bovendien bestaat bij de verschillende bedrijven de gebruikelijke

geheimhouding voor wat betreft hun toekomstige plannen. Op enkele punten zullen dit en het volgende hoofdstuk dan ook wel onvolledig zijn. Maar het beeld van de situatie lijkt ons voldoende duidelijk om als achtergrondmateriaal voor de besluitvorming te kunnen dienen.

Bij de verdere beschrijving van de verschillende technologieën zal veel gebruik worden gemaakt van de begrippen scheidingsfactor en scheidingsarbeid. Onder de scheidingsfactor α_p van een verrijkingselement (b.v. een centrifuge) wordt verstaan de verhouding van de concentratie (N_p) van het ^{235}U in het door het element verrijkt uranium en de concentratie (N_F) van het ^{235}U in het ingevoerde uranium

$$\alpha_p = \frac{N_p}{N_F}$$

Voor de meeste technologieën is deze factor maar weinig groter dan 1, zodat voor een redelijke verrijking het proces vele keren moet worden herhaald. Daarvoor worden dan een groot aantal verrijkingselementen achter elkaar geschakeld. Bij iedere verrijkingsschakeling ontstaat naast de verrijkte fraktie ook een verarmde fraktie. De schakeling van de verrijkingselementen vindt nu doorgaans zo plaats dat de verarmde fraktie weer op de goede plaats in het proces wordt teruggevoerd waardoor een aantal verrijkingstrappen ontstaat. Zo'n groep verrijkingstrappen bij elkaar heet een cascade. Afhankelijk van de concentratie N_F in het voedingsmateriaal, de gewenste verrijkte concentratie N_p en de gekozen concentratie N_W aan ^{235}U (de "tails assay") in het verarmde materiaal kan vrij eenvoudig de optimale schakeling worden uitgerekend.

De scheidingsfactor geeft niet aan hoeveel materiaal verrijkt wordt. Een goede maat voor de prestatie van (een cascade van) verrijkingselementen is het begrip scheidingsarbeid sw . Die wordt doorgaans gedefinieerd met behulp van een potentiaal-functie. Deze functie is afhankelijk van de concentraties N_F , N_W , en N_p van respectievelijk het voedings-, verarmd- en verrijkt materiaal. De potentiaal-functie V is voor enkele bijzondere gevallen getabelleerd in tabel 1. De scheidingsarbeid sw is het product van de hoeveelheid verrijkt product P en de potentiaal-functie V $sw = P \cdot V$ en wordt uitgedrukt in de eenheid kg swu of ton swu (1 kg of ton scheidingsarbeidseenheden).

Een proeffabriek als de Nederlandse in Almelo van momenteel 12 ton swu/jaar kan dus per jaar $\frac{12000}{3.6} = 3300$ kg uraan met 3% ^{235}U produceren of $\frac{12000}{200} = 60$ kg hoog verrijkt uraan (90%).

Tabel II.1 Potentiaalfunctie V

aard produktie	N_F	N_W	N_P	V
laagverrijkte reactorbrandstof	0.72%	0.12%	3%	3.6
hoogverrijkt uit laagverrijkt materiaal	3 %	0.72%	90%	60
hoogverrijkt uit natuurlijk materiaal	0.72%	0.12%	90%	200

2. Technologieën in gebruik op industriële schaal of in proeffabrieken.

2.1. Inleiding.

In de Tweede Wereldoorlog zijn verschillende technologieën gebruikt. Alleen de gasdiffusie methode is na de oorlog op industriële schaal in gebruik gebleven.

De toen gebruikte elektromagnetische methode is gebaseerd op het principe dat bewegende geladen deeltjes, in dit geval ionen, in een loodrecht op hun baan staand magneetveld de Lorenz-kracht ondervinden en daardoor cirkels gaan beschrijven. De straal van die cirkel verschilt voor ionen met verschillende massa. De scheidingsfaktor is zo hoog, dat in één keer hoog verrijkt uraan kan worden geproduceerd. De economie van het proces maakt het echter ongeschikt voor produktie op industriële schaal.

In de oorlog is ook thermische diffusie in gebruik geweest. Hierbij wordt het materiaal tussen twee concentrische cilindres gebracht, die verschillende temperaturen hebben. Door de hierdoor veroorzaakte radiale temperatuursgradient ontstaan in radiale richting verschillende concentraties voor verschillende massa's. Convectiestromen veranderen deze radiale scheiding in een axiale, dus in de richting van de as. Het proces is in Oak Ridge gebruikt met UF_6 onder hoge druk en heeft scheidingsfactoren van 1.3 opgeleverd²⁾. Nadelen van de methode zijn dat er lange insteltijden nodig zijn en dat

de methode een hoog energieverbruik vergt.

De in deze paragraaf verder te bespreken technieken gebruiken alle voor het scheidingsproces uranium in de vorm van de chemische verbinding UF_6 . Bij kamertemperatuur is UF_6 vast maar het verdampt en sublimeert gemakkelijk. Een voordeel van fluor is dat het maar één isotoop heeft, zodat geen mengsel met een groot aantal massa's ontstaat. Een nadeel is het sterk corrosieve karakter. De verdere milieueigenschappen worden in hoofdstuk IV beschreven.

2.2. De gasdiffusiemethode.

Hierbij diffundeert UF_6 door een poreuze laag met gaatjes, die kleiner zijn dan de gemiddelde vrije weglengte bij de gebruikte omstandigheden. Diffusiesnelheden zijn evenredig met de gemiddelde snelheid van de moleculen, die bij gegeven temperatuur weer omgekeerd evenredig is met de wortel uit de massa. De theoretisch maximale scheidingsfactor is daarmee ook bepaald: 1.0043. De in de praktijk bereikte factor is ongeveer 1.0016. Voor een verrijking tot 3% zijn daardoor cascades met 1200-1400 trappen nodig.

Het UF_6 wordt bij het proces samengeperst, passeert door koelers om de compressiewarmte kwijt te raken, diffundeert door de poreuze laag en wordt naar de volgende verrijkingstrap in de cascade geleid. De precieze samenstelling van de poreuze laag is geheim: er wordt o.a. gebruik gemaakt van gesinterd nikkelpoeder, elektrolytisch geoxydeerd aluminiumfolie en verzadigde fluor-koolstof plastics³⁾.

Alle kernwapenstaten, op misschien China na, gebruiken deze technologie. In tabel 11 van hoofdstuk III staat een overzicht. De capaciteit van de Russische fabriek is niet precies bekend. Wel sluit de USSR vanaf ongeveer 1970 contracten af, ook met niet-socialistische landen, voor de levering van verrijkt uraan voor kerncentrales. Het gaat vooral om de eerste ladingen van centrales.

De gasdiffusiemethode heeft een hoog energieverbruik. Voor de 17.300 ton swu/jaar van de drie Amerikaanse bedrijven is 6065 MW nodig⁴⁾. De Fransen denken voor hun nieuw te bouwen fabriek in het kader van EURODIF van 10.700 ton swu/jaar 3000 MW nodig te hebben, waarin voorzien moet worden door vier nog te

bouwen kerncentrales van 925 MWe elk⁵⁾.

De Amerikaanse fabrieken zijn in hoge mate geautomatiseerd. Terwijl er in 1946 voor het werk in de verrijkingfabriek in Oak Ridge nog 11.000 man nodig waren, zijn er nu gemiddeld per fabriek van ongeveer 6000 ton swu/jaar maar 1000 man nodig voor productie en onderhoud⁶⁾. Volgens Duitse gegevens zou dit zelfs nog een kleiner aantal kunnen zijn, ongeveer 600 (zie tabel 1 van appendix C)

De betrouwbaarheid van de gasdiffusietechnologie is erg groot. De Amerikanen claimen dat de fabriek gedurende de laatste 14 jaar voor 99.67% "on-stream" is geweest. Slechts 0.1% van de "off-stream" periode is veroorzaakt door storingen in de eigenlijke apparatuur⁷⁾.

Gasdiffusiefabrieken worden pas economisch aantrekkelijk in grote eenheden, van 6000-9000 ton swu/jaar. Daardoor is de flexibiliteit voor aanpassing aan de uraanverrijkingmarkt betrekkelijk gering.

2.3. De ultracentrifugemethode.

Deze technologie is gebaseerd op de verschillen in centrifugale kracht, die moleculen van verschillende massa ondervinden als ze met hoge snelheden roteren in een cylinder. Door een longitudinale temperatuur gradiënt kan een tegenstroomprincipe worden gerealiseerd, waardoor de scheidingsfaktor aanzienlijk wordt verbeterd⁸⁾. Een cruciële faktor is de hoeksnelheid van de cylinder. Die wordt vooral beperkt door de krachten, die het materiaal van de cylinderwand nog kan verdragen en door resonantieverschijnselen. Er zijn materialen ontwikkeld, die een snelheid van 700 m/sec kunnen doorstaan⁹⁾. Het energieverbruik van deze methode is relatief laag (ongeveer 10% van dat van het gasdiffusieproces), doordat de centrifuges in vacuum draaien en er zeer weinig wrijving in de lageringen optreedt.

Voorals in West-Duitsland, Engeland en Nederland is veel onderzoek gedaan op dit gebied: hier zijn de eerste proeffabrieken in het kader van een drielandenovereenkomst in Capenhurst en Almelo (URENCO) reeds in gebruik. De Amerikaanse AEC is van plan om in januari 1976 een proeffabriek in gebruik te nemen, de zgn. Component Test Facility¹⁰⁾. Ook in de USSR is onder-

zoek op dit gebied gaande maar er is ons geen informatie bekend over eventuele proeffabrieken. Er zijn ook speculaties geweest dat de Chinese fabriek met centrifuges zou werken, maar hierover is geen betrouwbare informatie voorhanden. Verder wordt in een aantal landen laboratoriumonderzoek gedaan, o.a. Japan en Frankrijk.

De bereikte scheidingsfactoren met de centrifugemethode liggen relatief hoog, omstreeks de $1.2^{11)}$. Er zijn een aantal types centrifuges in gebruik. De Europeanen gebruiken relatief kleine centrifuges (lengte tot ongeveer 2 meter, diameter ongeveer 20 cm) die volgens ervaringen met de proeffabrieken een levensduur van meer dan 10 jaar zouden hebben (van de centrifuges van de eerste productie proeffabrieken gaat minder dan 0.5% per jaar kapot)¹²⁾ en vrijwel geen onderhoud vergen. De Engelsen gebruiken centrifuges beneden het kritisch toerental van de eigen resonanties. De Nederlandse en Duitse centrifuges draaien boven het kritisch toerental. Voor de Almelose fabriek van 200 ton swu/j. waaraan nu gebouwd wordt, zal gebruik worden gemaakt van een in opzet Duitse centrifuge, met technologische verbeteringen van Nederlandse zijde; voor de fabriek in Capenhurst van eveneens 200 ton swu/j. wordt gebruik gemaakt van de Engelse centrifuges, die ook in Capenhurst worden gefabriceerd¹³⁾. Schattingen voor het aantal centrifuges in een grote verrijkingsfabriek lopen uiteen van enkele honderdduizenden tot enkele miljoenen.

De AEC claimt een betere en grotere centrifuge te hebben ontwikkeld, zodat per eenzelfde fabriekscapaciteit ongeveer 10 à 20 maal zo weinig centrifuges nodig zijn^{14) 15)}. Volgens geruchten vergen ze wel regelmatig onderhoud. De huidige stand van zaken zou in de tienduizenden centrifuges vereisen voor een fabriek van 9000 ton swu/j.¹⁶⁾ De betrouwbaarheidstests zouden midden 1976 moeten starten.

De beschikbaarheid van de fabriek, gedefinieerd als de verhouding tussen de tijd dat scheidingsarbeid wordt geleverd en de totale tijd dat de installatie in bedrijf is, is voor de Urenco-proeffabrieken gedurende ongeveer het jaar 1974 doorgaans boven de 97% geweest¹⁷⁾. Geclaimd wordt dat het kapot gaan van de centrifuges niet de beperkende factor is voor het bedrijven van de fabriek.

Door de relatief grote scheidingsfactoren kan met relatief weinig omvangrijke cascades worden gewerkt. Fabrieken van 1000 ton swu/j. zijn economisch te bedrijven en er is een vrij grote flexibiliteit om de omvang van eventuele uitbreidingen aan de markt aan te passen. Voor het bedrijven van de fabriek is niet specifiek hoog opgeleid personeel nodig. Geschat wordt dat per 1000 ton swu/j. 275 personeelsleden voldoende zijn voor het runnen van de installaties¹⁸⁾.

De huidige proeffabrieken van Urenco hebben een capaciteit van resp. 8 ton swu/j. in Capenhurst. 5 ton swu/j. van de Duitse fabriek en 12 ton swu/j. van de Nederlandse fabriek in Almelo¹⁹⁾.

2.4. Het jet-nozzle procédé.

Bij het zgn. jet-nozzle proces, ontwikkeld door Becker e.a. in de Bondsrepubliek, laat men een mengsel van ongeveer 5% UF_6 en 95% waterstof of helium langs een halfcirkelvormige wand uitstromen. Door de centrifugale kracht volgt het ^{238}U bij een gunstige vorm van de jet-nozzle de cirkel met de grootste straal en treedt een scheiding tussen de isotopen op²⁰⁾. Het toevoegen van een licht gas vergroot dit effect aanzienlijk. In Karlsruhe zijn enkele prototypen cascades bedreven sinds 1967. Daarbij zijn bij langdurige tests van op industriële wijze geproduceerde elementen scheidingsfactoren van 1.010 voor een mengsel van UF_6 met helium en 1.013 voor een mengsel van UF_6 met waterstofgas bereikt²¹⁾. Volgens andere bronnen zijn experimenteel scheidingsfactoren van 1.015 bereikt²²⁾.

In 1973 zijn gedetailleerde plannen klaar gekomen voor een demonstratiefabriek van 600 ton swu/j. Momenteel richt het programma zich op het onderzoeken van de mogelijkheden voor verrijkingfabrieken van ongeveer 5000 ton swu/j. Het geschatte energieverbruik daarvan zou 2520 MW zijn²³⁾. Daarbij wil men zich in het bijzonder richten op landen, die zelf uranium hebben, dit verrijkt willen exporteren en die over goedkope elektriciteit (b.v. door waterkracht) beschikken²⁴⁾. Er zijn in dit verband berichten geweest over contacten van deze groep met India²⁵⁾, waar vrij vaste plannen voor een eigen uraanverrijkingsinstallatie bestaan, en met Brazilië²⁶⁾.

Een recente publicatie²⁷⁾ claimt dat met een variant op dit proces, "velocity slip" genaamd, scheidingsfactoren van 1.1 te bereiken zijn. Bovendien zou de scheidingsarbeid per verrijkingstrap in de cascade 100 maal zo groot zijn als bij de "jet-nozzle" en 500 maal zo groot als bij het gasdiffusieproces. Experimenten hierover zijn niet gerapporteerd.

Schattingen over de personele bezetting van verrijkinginstallaties op basis van het Beckerse procédé kunnen slechts speculatief zijn. Door Braun¹⁸⁾ is berekend dat 175 personeelsleden per 1000 ton swu/j. voor een grote installatie nodig zouden zijn.

Zuid Afrika verrijkt uraan met een geheim procédé, UCOR genaamd. Er zijn sterke aanwijzingen dat dit een aan de Beckerse techniek verwante manier van verrijken is²⁸⁾. Het energieverbruik is van dezelfde orde van grootte. Het wordt voor een toekomstige fabriek van 2400 ton swu/j. geschat op een dikke 2000 MW. Zeker is ook dat er verschillende contacten bestaan tussen de Duitse groep en Zuid Afrika²⁸⁾²⁹⁾ en dat ze een contract hebben gesloten over een kostenvergelijking²⁸⁾.

3. Technologieën in de laboratorium- en ontwikkelingsfase.

3.1. Inleiding.

Naast de in paragraaf 2 besproken technologieën die alle de industriële fase naderen of bereikt hebben, is er een groot aantal oude en nieuwe methoden, waaraan uitvoerig onderzoek wordt gedaan. Enkele daarvan, zoals de methode om uranium te verrijken door het gebruik van lasers, zouden het toekomstige beeld van de uraanverrijking wel eens aanzienlijk kunnen wijzigen. Hoewel de schattingen over gebruik op industriële schaal van deze technieken vaak nog erg speculatief is, zouden de opties van landen en ondernemingen om zich op dit gebied te gaan begeven, ingrijpend kunnen veranderen. Te verwachten valt dat de kans op het vestigen van uraanverrijkinginstallaties op het grondgebied van niet-kernwapenlanden er door wordt vergroot. Dit geldt ook voor landen, die geen partij zijn bij het verdrag tegen de verspreiding van kernwapens. Een groot deel van dit onderzoek vindt verder plaats door het

bedrijfsleven en is moeilijk controleerbaar voor regeringen van nationale staten, mede omdat vele van de betrokken ondernemingen multinationalaal van karakter zijn.

We zullen de korte besprekingen van deze technieken hier beperken tot de methode van de laser, het gebruik van roterende plasma's en de methode van ionenwisselaars.

3.2. Verrijking met lasers.

Met lasers kan op verschillende manieren isotopenscheiding worden bereikt. Vier daarvan zijn in bijzonder snelle ontwikkeling en zouden tot revolutionaire veranderingen bij de uraanverrijking kunnen leiden.

De lasermethode maakt gebruik van het verschijnsel dat isotopen kleine verschillen in atoomspectra bezitten (voor ^{235}U en ^{238}U olopend tot 0.1 \AA) en in verbindingen dus ook verschillen in molecuulspectra. Door nu laserlicht te kiezen met een golflengte van één van de isotopen treedt bij goede keuze van de omstandigheden slechts absorptie op door dat isotoop. Door nu verder deze aangeslagen atomen of moleculen te ioniseren of bepaalde chemische reacties te laten ondergaan is het mogelijk ze van de andere isotopen te scheiden. De vier methoden zien er ongeveer als volgt uit³⁰⁾:

1. Photoionisatie van de atomen. Hierbij wordt laserlicht gebruikt om selectief ^{235}U in een aangeslagen toestand te brengen, terwijl ^{238}U niet wordt beïnvloed. Er wordt gebruik gemaakt van een atoombundel van uranium, waarbij de temperatuur van het uranium ongeveer $2000 \text{ }^\circ\text{K}$ moet zijn. Uranium is dan echter zeer corrosief. De aangeslagen atomen van ^{235}U worden door laserlicht verder aangeslagen, zodat ionisatie wordt bereikt. De ^{235}U ionen worden daarna elektromagnetisch van de ^{238}U -atomen gescheiden.

2. Afbuiging van atoombundels. Een bundel laserlicht van de absorptiefrequentie ν wordt loodrecht door een bundel uraniumatomen of bv. UF_6 moleculen gestuurd. Door de absorptie van de fotonen wordt een impulsmoment ($\frac{h\nu}{c}$) overgedragen aan de absorberende atomen of moleculen. Bij de deëxcitatie vindt een isotrope lichtuitzending plaats, zodat er een netto impulsmoment in de richting van de laserbundel overblijft en het

gewenste isotoop in dit proces als het ware uit de bundel wordt geschoten. Voor een significante afbuiging, bv. enkele milliradialen, zijn echter enige honderden fotonen nodig. Dit probleem is oplosbaar door het laserlicht van een gepulste laser te laten reflecteren aan een spiegel en opnieuw door de bundel te sturen of gebruik te maken van een trilhulpe, zodat de gevoelige atomen naar de buitenkant van de bundel bewegen.

3. Photodissociatie van moleculen. Hierbij wordt via een getrapte excitatie een uiteindelijke dissociatie van de moleculen met het gewenste isotoop bereikt waarna elektromagnetische scheiding wordt toegepast. Een probleem is de complexiteit van molecuul-spectra door vibratie en rotatiebanden, waardoor de moeilijkheid ontstaat om golflengtes te vinden die voldoende selectief zijn.

4. Photochemie. Bij deze methode worden de moleculen met het gewenste isotoop door geschikt laserlicht aangeslagen naar hogere vibratietoestanden. Daardoor worden ze reactiever voor bepaalde reacties dan de niet aangeslagen moleculen. Door een geschikte reactie te kiezen, kan het gewenste isotoop uit het reactieproduct chemisch worden verzameld. Beperkingen van deze methode zijn, dat, om voldoende reacties te bewerkstelligen, de dichtheid van het materiaal relatief groot moet zijn, waardoor ongewenste processen als non-selectieve energieuitwisseling met andere moleculen op gaan treden.

Het gehele gebied is snel in ontwikkeling sinds de tweede helft van de zestiger jaren en het meeste onderzoek is om militaire of industriële redenen geheim. Al in 1963 hebben Robieux en Auclair van de Compagnie Generale d'Electricité in Frankrijk patent aangevraagd voor laser verrijking met uranium-atomen³¹). Hun eerste Amerikaanse patent is van 1969. Een patent aanvraag uit 1970 van AVCO en Exxon voor UF₆ is in 1973 in de VS gehonoreerd. October 1973 hebben Nebenzahl en Levin uit Israel een West-Duits patent gekregen na hun aanvraag in 1972 voor een Israelisch patent³²).

Onderzoek op grote schaal vindt plaats in de VS, de Sowjet-Unie, Frankrijk, Engeland, Duitsland en Israel³³). In de VS zijn vooral AVCO, Exxon en de ERDA (de vroegere AEC) actief.

Het budget is van \$1.5 miljoen in 1974 verhoogt naar \$10 miljoen in 1975. Exxon heeft een persbericht uitgegeven met plannen voor een proeffabriek van 200 ton swu/j voor 1979³³). Het ERDA onderzoek vindt plaats in de militaire laboratoria voor wapenontwikkelingen. In Duitsland is fundamenteel onderzoek gedaan in het Batelle-instituut in Frankfurt, waar in 1969 een patent voor fotochemische uraanverrijking is aangevraagd³⁴). Sedert eind 1973 heeft URANIT onderzoeksoopdrachten aan verschillende researchinstututen gegeven en ook Kraftwerk Union is op dit gebied bezig³³).

Het Israelische patent heeft in 1974 aanleiding gegeven tot heftige internationale discussies, vanwege de militaire implicaties. Ook hier vindt het onderzoek onder auspiciën van het ministerie van defensie plaats en is het strikt geheim. In het patent wordt gesproken van een mogelijke opbrengst van 7 gram uranium met 60% verrijking in 24 uur. Deze opbrengst zou in de toekomst nog kunnen worden verdubbeld³⁵). Bij het voorgestelde proces worden met een laser ^{235}U atomen in twee stappen geïoniseerd en de ionen elektrisch verzameld. De verrijkingsgraad zou in principe nog groter dan 60% kunnen zijn, mogelijk zelfs groter dan 90%. Daarmee is het project van uitgesproken militaire betekenis, omdat het in één stap verrijkte uraan dan op zich geschikt is voor splijtingswapens. Bovendien wordt dan de verrijking tot een graad, nodig voor de waterstofbom, eenvoudig en goedkoop.

Er zijn ook al speculaties met betrekking tot toepassing op industriële schaal. Volgens Exxon Nuclear's president Dickeman voor de Amerikaanse JCAE zou in het midden van de 80-er jaren het proces 10-20% goedkoper kunnen zijn dan de gascentrifuge³⁶). Erlewine van de AEC verwacht in een brief aan de JCAE dat dit proces andere verrijkingmethoden "obsoleet" kan maken³⁶). Nebenzahl verwacht op het symposium in Londen over uraniumverrijking (maart 1975) dat "in 1976 there will operate in de USA two pilot plants, one working with atomic vapour and one with UF_6 . Five to ten years later, a full scale plant will be in operation"³⁷).

Naast gereserveerde schattingen over de industriële mogelijkheden, waarbij vooral de efficiency van lasers een aanzien-

lijke rol speelt en betwijfeld wordt of het energieverbruik lager zal zijn dan de centrifugemethode³⁸⁾, zijn er al schattingen van Amerikaanse zijde over de kosten³⁹⁾. Van de huidige prijs van \$220 per kg 2.8% verrijkt uranium is het aandeel van de verrijkingskosten volgens Farell voor de gasdiffusiemethode \$ 120 en voor de AEC centrifugetechniek \$ 100. Voor het foto-ionische proces van Exxon-Nuclear schat hij deze op \$ 60, voor het fotodissociatie en/of fotoionische proces van de AEC op \$45 en voor het fotochemische proces van Eerkens (Garret Corp.) op \$ 10. Voor fabrieken van éénzelfde verrijkingcapaciteit worden de investeringskosten geschat op \$ 1.8 miljard voor gasdiffusie en centrifuge, op \$ 800 miljoen voor Exxon Nuclear's fotoionische proces, op \$ 450 miljoen voor het AEC procédé en op \$ 80 miljoen voor het procédé van Eerkens. Foutengrenzen in deze schattingen worden niet opgegeven.

3.3 Verrijking met roterende plasma's.

Veel hogere rotatiesnelheden dan met een mechanische centrifuge kunnen worden bereikt met electromagnetische velden. Bij stilstaande centrifugewand is het mogelijk met plasma's van uranium of UF_6 rotatiesnelheden van $10^5 - 10^6$ cm/sec te bereiken. Soms wordt daarbij gebruik gemaakt van gedeeltelijk geïoniseerde plasma's, die neutrale deeltjes aandrijven, soms van volledig geïoniseerde plasma's⁴⁰⁾.

In verschillende experimenten wordt gebruik gemaakt van boogontladingen. De methode is vooral in de aandacht gekomen, na reeds eerdere pogingen uit de 2e wereldoorlog, sinds publicaties van o.a. Bonnevier uit Zweden⁴¹⁾.

Voor gedeeltelijk geïoniseerde plasma's van UF_6 worden slechts iets hogere scheidingsfactoren opgegeven dan bij de centrifugemethode, maar aanzienlijk grotere scheidende vermogens per "centrifuge", zodat er in een cascade minder parallel hoeven te staan. Het energieverbruik exclusief magnetisch veld wordt van dezelfde orde van grootte geschat als van de mechanische centrifuge. Voor volledig geïoniseerde plasma's van uraniummetaal of oxyde worden scheidingsfactoren van 5 opgegeven, zodat in één element een verrijking tot ongeveer 3,5% mogelijk wordt, voldoende voor de meeste reactoren. Het energieverbruik exclu-

sief magnetisch veld wordt iets lager geschat dan voor de mechanische centrifuge⁴²⁾.

Research aan deze methode vindt in verschillende landen plaats, o.a. in Zweden, West-Duitsland (URANIT), Australië en Nederland (T.H. Eindhoven).

3.4 Verrijking met behulp van ionenwisselaars.

Isotopen verschillen iets in ion-diameter. Daarvan wordt in deze techniek gebruik gemaakt. De te scheiden isotopen worden vermengd met een organisch oplosmiddel en in een dunne laag aangebracht op een kolom van een bepaald soort hars. De kolom wordt gespoeld met het oplosmiddel, dat complexe ionen met het te scheiden materiaal vormt. De adsorptie coëfficiënten daarvan met het hars zijn verschillend voor verschillende ion-diameters, zodat voor de isotopen verschillende doorstromingsnelheden ontstaan. Op deze wijze kan een verrijking worden bereikt. Er zijn veel varianten op dit principe in onderzoek.

De scheidingsfactoren blijven echter laag. Recente waarden, voor de zgn. redox-systemen, die betere scheidingen geven, zijn 1.0014 ± 0.0001 ⁴³⁾; 1.0015 ⁴⁴⁾ en 1.00128 ± 0.00005 ⁴⁵⁾. Bovendien zijn de insteltijden voor evenwichtssituaties erg groot. De claim van de Japanner Kakihana et.al. dat met een redox ionenuitwisselingsproces theoretisch 3% verrijkt uranium zou kunnen worden verkregen tegen 10% van de prijs van het gasdiffusieproces is door het Uranium Isotope Separation Review Ad Hoc Committee in de V.S. in 1972 zwaar aangevochten⁴⁶⁾. Een Australisch voorstel van Levins kwam, met een scheidingsfaktor van 1.0015, tot een scheidingsarbeid van 76 swu/j voor een kolom van 31 meter lengte en een diameter van 20 cm. De insteltijd zou 2,5 - 4 maand zijn en de kosten per swu/jaar zouden ongeveer 10 keer zo hoog zijn als voor de gasdiffusiemethode⁴⁷⁾. Deze verrijkingstechniek lijkt voorlopig dan ook nog niet commercieel toepasbaar.

3.5 Slotopmerking.

De bedrijvigheid op het gebied van de uraanverrijking is groot. Regelmatig worden nog nieuwe voorstellen voor onderzoek, in de vorm van theoretische berekeningen of laboratoriumexperimenten

gepubliceerd. Het moet dan ook niet uitgesloten worden geacht dat zich in de toekomst nieuwe ontwikkelingen voordoen, die het huidige beeld van de situatie aanzienlijk wijzigen. Dat zal vooral gelden voor ontwikkelingen, die hoge scheidingsfactoren opleveren, een relatief laag energieverbruik hebben en daarmee uraanverrijking op kleine schaal verder mogelijk maken.

4. Een vergelijking van de verschillende technologieën.

Tabel 1 van appendix C geeft een vergelijkend overzicht van enige technische en economische gegevens van de reeds op proeffabriek of industriële schaal gebruikte technologieën. De gasdiffusietechnologie heeft een zeer hoog energieverbruik en heeft zeer grote koelinstallaties nodig, die een sterke thermische milieubelasting betekenen. Pas bij zeer omvangrijke fabrieken is een economisch redelijke prijs voor het verrijkte uraan mogelijk. Daardoor zijn zeer grote investeringen voor een dergelijke fabriek nodig. Voor middelgrote landen en/of bedrijven betekent het bouwen van zo'n fabriek een enorme inspanning. In situaties, waarin andere dan strikt commerciële argumenten een rol spelen, b.v. wanneer er militaire overwegingen in het spel zijn of monopolieposities worden bevochten, zullen dit soort overwegingen echter meer op de achtergrond raken. Ook gezamenlijke projecten van meerdere landen, vooral middelgrote landen, om een onafhankelijke verrijkingcapaciteit te krijgen, zijn momenteel ter discussie. Zowel de V.S. als Frankrijk zijn bereid in zulke ondernemingen hun technologische kennis op het gebied van de gasdiffusie in te brengen⁴⁸⁾.

De centrifugetechnologie heeft als twee belangrijke eigenschappen dat ze een relatief laag energieverbruik heeft en reeds in eenheden van ongeveer 1000 ton swu/j. commercieel aantrekkelijk wordt. Zij is daardoor bijzonder interessant voor verschillende middelgrote hoog-geïndustrialiseerde landen waar de energieprijzen een uitermate belangrijk gegeven is en problemen van thermische milieubelasting eveneens nijpend beginnen te worden. Deze technologie laat zich bovendien nogal flexibel aanpassen aan de vraag naar verrijkt uranium. Voor middelgrote of kleine hooggeïndustrialiseerde landen met militaire aspiraties op het gebied van kernwapens is deze

methode eveneens zeer geschikt. Een verspreiding van deze technologie over de wereld verlaagt dan ook de drempel voor het maken van kernwapens door middelgrote of kleine landen aanzienlijk.

De investeringen voor de jet-nozzle technologie leken aanvankelijk belangrijk lager te liggen dan voor de beide vorige technologieën, terwijl het energieverbruik nog aanzienlijk hoger werd geschat dan voor een gasdiffusiefabriek. Hierdoor zou deze techniek mogelijk een aantrekkelijk alternatief kunnen worden voor landen die een overcapaciteit hebben aan elektriciteit, b.v. door grote waterkrachtcentrales, en die nog geen problemen hebben met koelwater. Te denken valt aan landen als Zaïre en Zuid-Afrika die bovendien zelf aanzienlijke hoeveelheden uraniumerts bezitten. Recentere schatting betreffende de investeringskosten vallen echter veel hoger uit en liggen nu in de buurt van die voor de gasdiffusie en ultracentrifugemethode.

Belangrijk is verder de betrouwbaarheid van de technologieën. Voor wat de gasdiffusie betreft is er veel ervaring en blijkt ze zeer goed te zijn. Voor wat betreft de centrifuges, lijken de gegevens van URENCO er op te wijzen, dat er ook hier geen problemen liggen. Bij de opgegeven levensduur van de centrifuges en de kleine uitval van centrifuges zou gedurende lange tijd een constante productie gerealiseerd kunnen worden. Voor de jet-nozzle technologie is de praktische ervaring erg klein, maar gegeven de relatief weinig moeilijke mechanische constructie zou deze ook een goede betrouwbaarheid kunnen hebben.

Alle drie technologieën zijn relatief erg kapitaalintensief en weinig arbeidsintensief. Ze zullen daardoor geen van drieën een belangrijke bijdrage aan de werkgelegenheid leveren. De fabrieken zijn grotendeels geautomatiseerd en de belangrijkste groepen personeel zullen operateurs en technici voor het onderhoud zijn.

Van de zich aandienende "second generation" verrijkingstechnieken lijken de lasermethode en de roterende plasma's een aantal bijzonder aantrekkelijke aspecten te hebben. Cascades lijken overbodig te worden, zodat een bijzonder grote flexibiliteit met betrekking tot de capaciteit wordt verkregen. Vooral voor de lasermethode is, als militaire overwegingen

op de achtergrond een rol spelen, de zeer hoge verrijking in één stap bijzonder aantrekkelijk. Nog meer dan de centrifugetechnologie is dit een methode van uraanverrijking, die de drempels voor het maken van kernwapens door middelgrote of kleine landen aanzienlijk verkleint. Ook ontwikkelingslanden zullen door het inhuren van een kleine groep natuurkundigen en technologen, op zich niet moeilijk, met relatief weinig inspanning zich zo van kernwapens kunnen verzekeren.

Vanuit de beschreven ontwikkelingen valt dan ook te verwachten dat het technologisch monopolie van de kernwapenlanden op het gebied van de uraanverrijking het komende decennium zal verdwijnen. Middelgrote, geïndustrialiseerde niet-kernwapenlanden zullen in staat zijn, een eigen uraanverrijkingcapaciteit te verwerven en landen met eigen voorraden aan natuurlijk uraan zullen meer en meer kunnen gaan overwegen, zelf aan verrijking te gaan doen. Voor landen met ambities voor op uranium gebaseerde kernwapens zal de technologische mogelijkheid om zelf hoog verrijkt uraan te maken, b.v. met centrifuges of lasers, een realiteit worden.

Hoofdstuk II. REFERENTIES

1. Zie b.v. Smyth, H.D., "Atomic Energy for military purposes", Carey Press Corporation, New York, 1945.
2. Abelson, P.H., Hoover, J.I., in J. Kistemaker et.al., eds., "Proceedings of the International Symposium on Isotope Separation", Amsterdam, Noordhollandse, 1958, p. 483.
3. Wright, W.J.K., "The enrichment of uranium", Atomic Energy of Australie, vol. 15, jan. 1972, p. 2.
4. Hill, J.H., Parks, J.W., "Uranium enrichment in the United States", paper voor de International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7 mrt. 1975, p. 13.
5. Besse, G., "The Eurodif-program: present status of the project", paper voor de International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7 mrt. 1975.
6. Hopkins, C.C., "Operating experience with U.S. Gaseous Diffusion Plants", paper voor de International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7 mrt. 1975, p. 2.
7. Hopkins, C.C., op.cit., p. 2.
8. Mohrhauer, H., "Stand der Urananreicherung in Europa", Atomwirtschaft, vol. 17, juni 1972, p. 300.
9. Kelling, F.E.T., "Methoden voor uraanverrijking", Atoomenergie, vol. 14, dec. 1972, p. 297.
10. Hill, J.H., Parks, J.W., op.cit., p. 9.
11. Kelling, F.E.T., op.cit., p. 311.
12. Chamberlain, L.N., et.al., "Operational experience on centrifuge enrichment plants", paper voor de International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7 mrt. 1975, p. 5.
13. Fishlock, D., "The business of science", Associated Business Programs Ltd., London, 1975, p. 160.
14. Metz, W.D., "Uranium enrichment: U.S. "one ups" European Centrifuge Effort", Science, vol. 183, 29 mrt. 1974, p. 1270.
15. "Grössere Zentrifugen für Anreicherung", Atomwirtschaft, april 1974, p. 162.
16. Hill, J.H., Parks, J.W., op.cit., p. 9.
17. Chamberlain, L.N., et.al., op.cit., p. 9.
18. Braun, R., Geipel, H., Iwand, J., "Zum Wirtschaftlichkeitsvergleich von Uran-anreicherungsverfahren", Atomwirtschaft, nov. 1974, p. 536.

19. Allday, C., Kehoe, R.B., Urenco-Centec, "Progress and Plans", paper voor de International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7 mrt. 1975, p. 2.
20. Becker, E.W., et.al., "Physics and development potential of the separation nozzle process", paper voor de International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7 mrt. 1975.
21. Becker, E.W., et.al., op.cit., p. 2, fig. 2.
22. Mohrhauer, H., "Stand der Urananreicherung in Europa", Atomwirtschaft, vol. 17, juni 1972, p. 300.
23. Geppert, H., et.al., "The industrial implementation of the separation nozzle process", paper voor de International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7 mrt. 1975, p. 15.
24. Geppert, H., et.al., op.cit., p. 23.
25. "India buys German Route to Enriched Uranium", New Scientist, vol. 53, 9 mrt. 1972, p. 546.
26. "Acht Kernkraftwerke für Braziliën?", Frankfurter Allg. Zeitung 1 mrt. 1975.
27. Anderson, J.B., Davidovits, P., "Isotope Separation in a "Seeded Beam"", Science, vol. 187, 21 febr. 1975, p. 642.
28. Muller, M., "The enriching politics of South Africa's uranium", New Scientist, 2 mei 1974, p. 252.
29. "South Africa's process may not be so new after all", Science, vol. 183, 29 mrt. 1974, p. 1271.
30. Nebenzahl, I., "Some technical aspects of the laser isotope separation method", paper voor de International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7 mrt. 1975.
31. "U.S. issues second patent on laser enrichment of uranium: another is sought in Israel", Laser Focus, mrt. 1974, p. 10.
32. Gilette, R., "Uranium Enrichment: Rumours of Israeli Progress with Lasers", Science, vol. 183, 22 mrt. 1974, p. 1172.
33. Dibbert, H.J., Meyer-Kretschmer, G., "Urananreicherung nach dem Laserverfahren", Atomwirtschaft, febr.1975, p. 75.
34. Güss, K., Deutsche Offenlegungsschrift 1.959.767.
35. Ref. 31, p. 12.
36. Gilette, R., op.cit., p. 1173.
37. Nebenzahl, I., op.cit., p. 12.
38. Allen, T.K., Tait, J.H., "Laser Isotope Separation", paper voor de International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7 mrt. 1975, p. 1.

39. Farrell, T., Laser Focus, nov. 1974, p. 9.
40. Nathrath, N., et.al., "Isotope separation in rotating plasma's", paper voor de International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7 mrt. 1975, p. 4.
41. Bonnevier, B., "Diffusion due to ion-ion collisions in a multicomponent plasma", Arkiv für Fysik, vol. 33, (1966), p. 255.
42. Nathrath, N., et.al., op.cit., p. 6.
43. Brown, L.L., US-AEC-rapport, 1973, ORNL-4891.
44. Levins, D.M., geciteerd in C.J. Hardy, "Recent experimental and assessment studies of uranium enrichment by ion-exchange", paper voor de International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7 mrt. 1975, p. 3.
45. Chatelet, J., et.al., "Chemical exchange between UF_6 and UF_6^- -ion in anhydrous hydrofluoric acid", paper voor de International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7 mrt. 1975, p. 2.
46. Volgens Nucleonics Week, 4 febr. 1971, p. 4.
47. Zie b.v. Hardy, C.J., op.cit., p. 3.
48. Johnson, W.E., Sapirie, S.R., "Uranium Isotope Enrichment", Proceedings van de vierde VN conferentie over "Peaceful Uses of Atomic Energy", 1971, vol. 9, p. 31-41.

III. DE MARKT VOOR URAANVERRIJKING; STAND VAN ZAKEN, PROGNOSES EN ONTWIKKELINGEN.

Governments in general, consider it one of their main duties to guarantee that their own country gets the energy it needs, even if this is at the expense of other countries, and many powerful companies get much profit out of the trade of finding energy sources and transporting and distributing the energy. The fight for energy is a very important part of power politics today. Power and power are brothers.

H.Alfvén, Proceed 22th Pugwash Conf., p. 189.

1. Inleiding.

Uraniumverrijking is "big business". Doordat daaraan zowel wordt deelgenomen door nationale regeringen als het internationale bedrijfsleven wordt het ook een zeer ondoorzichtige zaak. Het is nauwelijks nog een markt, waarvoor regels van vraag, aanbod en kosten gelden. Daarvoor spelen politieke, militaire en economisch-politieke aspecten een te grote rol.

Daardoor lopen al direct ook de schattingen of er in de tachtiger jaren voldoende verrijkingcapaciteit zal zijn, sterk uiteen. Begin 1974 schat de Amerikaanse AEC de in 1983 opgestelde capaciteit in de wereld op 69000 ton swu/j., goed voor een aantal kerncentrales met een totale capaciteit van 1200 GWe. De "meest waarschijnlijke" schattingen van de AEC wijzen er dan echter op dat in 1983 slechts 479 GWe aan nucleair vermogen geïnstalleerd zal zijn zodat het aanbod van verrijkingcapaciteit meer dan het dubbele van de vraag is¹⁾. Ook de Times van 4 maart 1975 maakt melding van een waarschijnlijk overschot van uraanverrijkingcapaciteit in de 80-er jaren in Europa²⁾. De Financial Times van 5 maart 1975 meldt echter dat volgens een commissie van de EG er in de Europese Gemeenschappen een tekort van 16000 ton swu zal zijn³⁾. Op de internationale conferentie over uranium verrijking van maart 1975 te Londen tenslotte, verkondigen vertegenwoordigers van Urenco en Eurodif de mening dat om de behoefte aan scheidingsarbeid te dekken er na 1985 elk jaar één grote verrijkingfabriek bij gebouwd zal moeten worden.

We zullen in dit hoofdstuk een overzicht geven van wat er openbaar bekend is m.b.t. de huidige situatie en wat de schattingen zijn voor de toekomst. Daarvoor zullen we de verschillende factoren die de onzekerheid mede bepalen de revue laten passeren. Daarna geven we een overzicht van de stand van zaken en de plannen in de verschillende landen, voor zover die bekend zijn. Op basis van dat alles zullen we tenslotte in paragraaf 5 enkele conclusies trekken.

2. Factoren van invloed op de uraanverrijkingmarkt.

2.1. Inleiding.

Maatschappijen en landen die overwegen investering te doen in uraanverrijkingsfabrieken worden momenteel geplaagd door vele onzekerheden. Deze onzekerheden betreffen

- 1) de benodigde scheidingsarbeid op korte, middellange en lange termijn
- 2) de te verwachten verrijkingcapaciteit van andere maatschappijen en landen
- 3) de mogelijke introductie van nieuwe, goedkopere en/of flexibeler verrijkingstechnologieën.

We zullen achtereenvolgens de prognoses voor de benodigde scheidingsarbeid behandelen tezamen met de factoren die deze bepalen, de planning en politiek van de verschillende landen m.b.t. uraanverrijking en de onderlinge relatie van verschillende technologieën voor wat de financiële kant betreft.

2.2. Benodigde scheidingsarbeid.

De behoefte aan scheidingsarbeid wordt weer door een groot aantal factoren bepaald. Daarvan zullen we hier bespreken

- 1) het te verwachten opgestelde vermogen aan kernreactoren voor elektriciteitsproductie. Dit is de belangrijkste factor;
- 2) welke soorten reactoren vooral zullen worden gebruikt. Dit wordt vaak de strategie t.a.v. reactortypes genoemd. De verschillende mogelijke types reactoren hebben verschillende behoeften t.a.v. verrijkt uranium.
- 3) de belastingsgraad van de kernenergiecentrales: dit is de werkelijke geleverde hoeveelheid stroom over een periode gedeeld door de totale hoeveelheid die de centrale had kunnen leveren als hij gedurende die periode continu op volle capa-

citeit gedraaid had;

- 4) de zgn. tails assay: Dit is het percentage ²³⁵ Uranium in het verarmde uranium dat overblijft na verrijking van (natuurlijk) uranium;
 - 5) recycling van het gebruikte uranium in een kerncentrale;
 - 6) recycling van het in kerncentrales geproduceerde plutonium;
- We zullen deze factoren achtereenvolgens behandelen.

2.2.1. De verwachte nucleaire capaciteit.

Deze wordt bepaald door:

- a) het verwachte elektriciteitsverbruik in de toekomst;
- b) de mate waarin fossiele brandstoffen door nucleaire vervangen worden;
- c) de industriële capaciteit voor het bouwen van kerncentrales en mogelijke vertragingen in de leveranties;
- d) mogelijke vertragingen van de bouw van centrales t.g.v. vergunning procedures m.b.t. de keuze van vestigingsplaatsen, veiligheids- en milieueisen;
- e) de financieringscapaciteit van de energiesector;
- f) de sociale acceptatie van kernenergie;
- g) economische factoren, i.h.b. de prijs van elektriciteit;
- h) het beleid van regeringen m.b.t. de verspreiding van kernwapens;
- i) de ontwikkeling en introductie van alternatieve energievoorzieningen (zon, wind, geothermische energie, steenkoolvergassing e.d.).

Het is duidelijk dat bij zo'n complexe situatie de prognoses over de hoeveelheid elektriciteit die in de toekomst met behulp van kernenergie opgewekt zal worden vaak sterk uiteenlopen en nogal eens sterker worden bepaald door wat men wenselijk acht dan door wat men waarschijnlijk vindt. Maar ook in het laatste geval zijn het niet meer dan extrapolaties. Ook de in opeenvolgende jaren gemaakte prognoses verschillen vaak. De prognoses voor de korte termijn vertonen een dalend verloop, doordat de feitelijke ontwikkeling achter blijft bij de nagestreefde doelen door "tegenslagen". Dat zijn met name vertragingen bij de bouw van centrales, een langzamer toename van het elektriciteitsverbruik dan verwacht, en een toenemende weerstand tegen kerncentrales. Voor de lange termijn voorspelling wordt men echter niet gehinderd door de feitelijke ontwikkeling. Voor verschillende lange termijn prognoses wordt verwacht dat de ver-

tragingen versneld ingelopen kunnen worden. Er is zelfs een tendens de streefgetallen voor de toekomst te verhogen.

De meest recente (1974) prognoses van de Amerikaanse Atoom Energie Commissie (AEC), staan in tabel III.I. en fig. 3.1 en 3.2. Hierbij worden 4 verschillende aannamen gemaakt m.b.t. de ontwikkeling in de VS (geval A, B, C en D) en 3 t.a.v. die in de rest van de wereld (geval X, Y en Z). Deze aannames staan vermeld in appendix A. Zij betreffen de groei van het energieverbruik, het aandeel van elektriciteit hierin, en de tijden benodigd voor de vergunning procedures en de bouw van kernenergiecentrales. Van het totale energieverbruik per hoofd van de bevolking wordt hierbij verondersteld, dat dit in 1985 1.2 (geval A) à 1.5 (geval C) maal zo groot is als dat van 1970 en in het jaar 2000 1.5 à 2.2 maal dat van 1970. De groei van het elektriciteitsverbruik per hoofd van de bevolking is in deze scenario's veel groter. Dit verbruik is in geval A en C in 1985 2 resp. 2.5 en in 2000 3.5 resp. 5.5 maal dat van 1970. Dit is het gevolg van de aanname dat het percentage van de verbruikte energie benodigd voor elektriciteitsopwekking in deze

Tabel III.I. US AEC 1974 prognoses geïnstalleerd nucleair vermogen (GWe)

	1975	1980	1985	1990	2000
USA					
geval A	43	85	231	410	850
B	47	102	260	500	1200
C	52	112	275	575	1400
D	47	102	250	475	1090
Rest wereld					
geval X	38	113	290	640	1600
Y	45	140	387	780	2130
Z	47	157	420	900	2550
Wereld					
geval A+X	81	198	521	1050	2450
B+Y	92	242	647	1280	3330
C+Z	99	269	695	1475	3640

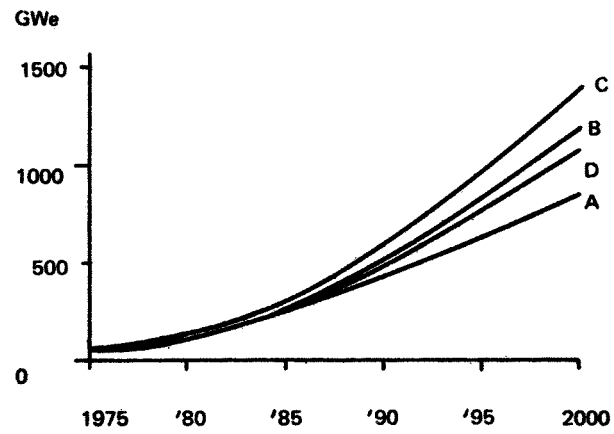


Fig.III.1 Geïnstalleerd nucleair vermogen in USA, 4 gevallen.

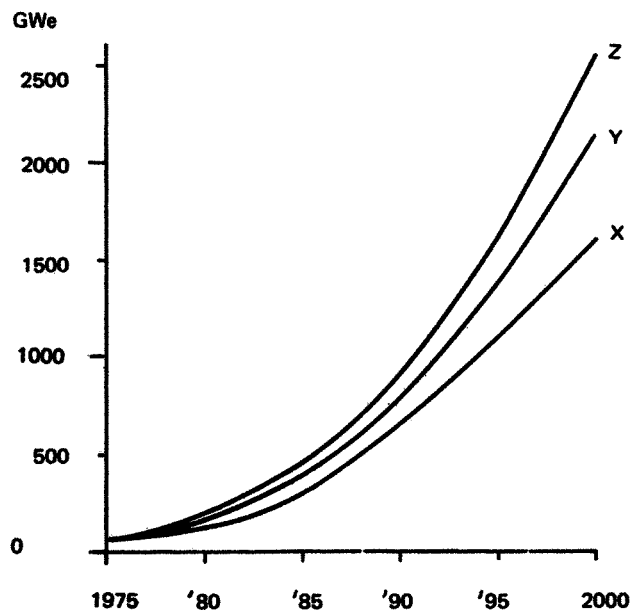


Fig.III.2 Geïnstalleerd nucleair vermogen buiten USA, 3 gevallen.

scenario's oploopt van 24% in 1970 tot 37% in 1985 en 51% in 2000. Het percentage van de elektriciteit dat opgewekt wordt met behulp van kernenergie is voor deze scenario's 1.7% in 1970, 30% in 1985 en 54% in 2000. In tabel A1 van appendix A is een uitvoeriger overzicht weergegeven van de in deze scenario's veronderstelde ontwikkeling van het energieverbruik in de USA en het aandeel van elektriciteit en kernenergie hierin.

De scheidingsarbeid die benodigd is voor de kernenergieprognoses in de vier gevallen voor de USA en de drie scenario's voor de rest van de wereld is weergegeven in tabel III.2, voor twee waarden van de "tails assay" (0.2% en 0.3%). De hierbij gemaakte aannames betreffende o.a. plutonium recycling en detoegepaste reactortypen staan vermeld in appendix A.

Zoals reeds eerder opgemerkt veranderen in de loop der jaren de schattingen t.a.v. het in de toekomst opgestelde vermogen aan kernenergie, met name voor de nabije toekomst (10 à 15 jaar) nogal. Een voorbeeld hiervan is, voor de USA, weergegeven in tabel III.3.

Het is interessant om de laatste Amerikaanse AEC prognoses van 1974 m.b.t. het toekomstig opgestelde kernenergievermogen in de wereld te vergelijken met de prognoses van andere instellingen zoals de OECD, IAEA en EG. Een probleem hierbij is dat de gebieden van de wereld waarvoor de prognoses gegeven worden veelal verschillen zodat deze vergelijking moeilijker wordt. In de tabellen III.4, 5 en 6 zijn een aantal prognoses opgenomen voor resp. de Europese Gemeenschap, de "westelijke wereld" en de gehele wereld. Het aandeel van de communistische landen in het kernenergieverbruik wordt wel geschat op 15 à 30% van het totale wereldverbruik aan kernenergie. Met behulp van dit gegeven zijn tabel III.5 en III.6 onderling te vergelijken. Met enig gevoel voor verhoudingen is bovendien de EG-prognose voor de EG-landen in tabel III.4 te plaatsen. Bij een aandeel van 30% van de communistische landen in het kernenergieverbruik liggen de prognoses van de diverse andere instellingen aanzienlijk hoger dan de laatste AEC schatting, gebaseerd op extrapolatie van de huidige trend (geval B + Y uit

Tabel III.2

US AEC 1974 prognoses vraag naar scheidingsarbeid (1000 ton SWU/jr) (Bron: WASH 1139(74))

	1975		1980		1985		1990		2000	
	0.2%TA*	0.3%TA	0.2%TA	0.3%TA	0.2%TA	0.3%TA	0.2%TA	0.3%TA	0.2%TA	0.3%TA
USA										
geval A	6.3	5.0	14.3	11.3	28.8	23	45.2	36.3	71.4	57.4
geval B	6.7	5.3	17.8	14.1	33.1	26.4	57.4	46	104.4	84
geval C	6.2	4.9	17.6	13.9	35.7	28.5	66.6	53.4	121	97.4
geval D	7.0	5.6	17.9	14.2	30.8	24.6	53.2	42.7	93.6	75.3
Wereld, uitgez. USA										
geval X	6.0	4.7	15.9	12.6	34.8	27.5	66.7	52.8	119	93.6
geval Y	8.1	6.4	17.9	14.1	42.9	33.9	76.9	60.7	153	121
geval Z	6.6	5.2	22.6	17.8	49.6	39.1	93.7	74.1	206	163
Wereld										
geval A plus X	12.3	9.7	30.2	23.9	63.6	50.5	111.9	89.1	190.4	151.0
geval B plus Y	14.8	11.7	35.7	28.2	76	60.3	134.3	106.7	257.4	205
geval C plus Z	12.8	10.1	40.2	31.7	85.3	67.6	160.3	127.5	327	260.4

*) 0.2 procent TA is: Tails assay van 0.2 procent.

Tabel III.3

Vergelijking van officiële AEC kernenergie prognoses
Bron WASH 1139 (74); WASH 1139 (Rev.1); WASH 1139 (71).

jaar van voorspelling		Geïnstalleerd nucleair vermogen (GWe) in USA			
		1975	1980	1985	2000
1962		16	40	100	734
1964		29	75		
1966		40	95		
1967		61	145	255	
1970	laag	59	130	260	
	verwacht		150	300	
	hoog		170	330	
1971	laag	52	132	272	
	verwacht		57	306	
	hoog		65.5	344	
1972	verwacht	54	132	280	1200
1974	A	43	85	231	850
	B	47	102	260	1200
	C	52	112	275	1400
	D	47	102	250	1090

tabel III.1), en zeer veel hoger dan de laagste AEC prognose (geval A+X uit tabel I). Vooral als de prognoses in feite doelstellingprogramma's zijn, zoals het vermelde OECD (1974) programma in tabel III.5 en het EG (1974) programma in tabel III.4, vallen deze relatief hoog uit. Hoe deze prognoses zich tot de werkelijke ontwikkeling kunnen verhouden wordt geïllustreerd door de prognoses van de EG in tabel III.4.

In mei 1974 stelt de EG als doelwit voor 1985 een geïnstalleerd vermogen van 200 GWe in de Gemeenschap terwijl het programma van deze landen voor 1985 op 160 GWe ligt ⁵⁾. In april 1975 constateert de EG-commissie echter dat het er naar uitziet dat het geïnstalleerde vermogen in 1985 in de Gemeenschap "slechts" 118 GWe zal zijn (EAZ 17-4-75).

Tabel III.4

Prognoses Nucleair Vermogen EEG-landen (GWe)

Voorspellende instantie, jaar	1975	1980	1985	1990	2000	opmerkingen	ref.
OECD-NEA/IAEA (1970)	28.6	74.6	148.4				a
OECD-NEA/IAEA (1973)	21.2	57.6	134	283			b
OECD (1973)	22.5	55	140	299			c
OECD (1974)	20.6	51.7	129	264		basisprogramma	d
		58	167	367		versneld programma	d
EG (1972)	12	45	100	210	620		e
EG (1974)	25	65	200	400	1000	streefgetal tot 1985, daarna "overwogen"	f
			170			doelstelling der lidlanden	f
EG (1975)			118			verwachte realisatie	g

- a) Uranium, Resources, Production and demand, OECD-NEA/IAEA 1970.
b) geciteerd uit "Energiebeleid" rapport van commissie der CDA partijen, Den Haag 1975.
c) geciteerd uit Jahrbuch der Atomwirtschaft 1974, pag. B46.
d) "Energy Prospects to 1985" OECD, Parijs 1974.
e) "Tweede indicatief programma op het gebied van de kernenergie van de Gemeenschap", 1 juli 1972, Commissie van de Europese Gemeenschappen.
f) "Een beleid voor de splijtstofvoorziening van de Gemeenschap" COM(74)1963 def, 27 november 1974, Commissie van de Europese Gemeenschappen
g) Frankfurter Allgemeine Zeitung, 17-4-1975, "Das Uran bringt Schwierigkeiten".

Tabel III.5. Prognoses nucleair vermogen van westelijke wereld (GWE)

Voorspellende instantie/ jaar.	1975	1980	1985	1990	1995	2000	opmerking	ref.
OECD/IAEA (1970)	118	300	610				basisprogramma versneldprogramma	a
OECD/IAEA (1973)	94	264	567	1068				b
OECD (1974)	82	217	538	1032	1800	2800		c
		248	700	1439	2545	4100		c
Spinrad (1971)	95	286	598	1270	2030	2920		d
AEC (1971)	96	277	570					e
AEC (1972)	93	273	583	1068	1779	2650		f
URENCO (1975)	80	227	611	1158	1932	2883	g	

- a) "Uranium: Resources, production and demand", OECD-NEA/IAEA, 1970.
 b) geciteerd uit "Energiebeleid", rapport van commissie der CDA partijen, Den Haag, 1975.
 c) "Energy Prospects to 1985", Parijs 1974.
 d) B.I. Spinrad, "The role of Nuclear Power in Meeting World Energy Needs" Vienna, IAEA, 1971; geciteerd uit "Nuclear Proliferation Problems", SIPRI 1974.
 e) "Forecast of Growth of Nuclear Power" WASH 1139, USAEC, jan. 1971.
 f) "Nuclear Power, 1973-2000" WASH-1139, Washington 1972; geciteerd uit "Nuclear Proliferation Problems" SIPRI, 1974.
 g) J. Szekessy et.al. "Uranium Enrichment-Market, Supply, Commercial Aspects" Int. Conf. on Uranium Isotope Separation, London 5-7 maart 1975.

Tabel III.6. Prognoses nucleair vermogen gehele wereld (GWE)

Voorspellende instantie/ jaar	1975	1980	1985	1990	1995	2000	opmerking	ref.
Spinrad (1971)	115	370	870	1690	2750	4200	laag (A+X) hoog (C+Z)	a
AEC (1972)	101	293	639	1232	2097	3250		b
AEC (1974)	81	198	521	1050	1700	2450		c
	99	269	695	1475	2560	3640		c
IAEA (1974)		310		1300		3300		d

- a) B.I. Spinrad "The role of Nuclear Power in Meeting World Energy Needs" Vienna, IAEA, 1971; geciteerd uit "Nuclear Proliferation Problems" SIPRI 1974.
 b) "Nuclear Power, 1973-2000" WASH 1139, Washington 1972; geciteerd uit "Nuclear Proliferation Problems" SIPRI 1974.
 c) "Nuclear Power Growth 1974-2000" WASH 1139 (74).
 d) R. Krymm, "The world Energy Context" Bull. IAEA. 16, febr./april 1974, pag 4.

Het toekomstige elektriciteitsverbruik in de geïndustrialiseerde landen vertoont twee tegengestelde tendenzen. In de eerste plaats is er sinds de oliecrisis een tendens om het energieverbruik in het algemeen minder snel te laten groeien en daarmee ook het elektriciteitsverbruik. Anderzijds is de politiek erop gericht elektriciteit een groter aandeel in het totale energieconsumptiepakket te verschaffen ("all electric society") b.v. door elektriciteit ook voor verwarming te gaan toepassen (zie rapporten EG, OECD)^{6,7)}, hetgeen overigens uit energetisch oogpunt zeer verkwistend is. De laatste tendens wint het op het ogenblik van de eerste. Een belangrijke factor hierbij is ook de wens van de geïndustrialiseerde landen om door versnelde kernenergieprogramma's minder afhankelijk van geïmporteerde olie uit het Midden Oosten te worden (zie programma EG en OECD)^{6,7)}.

De introductie van kernenergie ondervindt de laatste jaren sterke vertragingen door vertragingen in de leverantie van uitrustingen, lange vergunningsprocedures, verscherping van veiligheidseisen waardoor aanvullende maatregelen getroffen moeten worden, en publieke weerstanden. De vertragingen bij de bouw van centrales in de VS beliepen hierdoor 2 maanden tot 5½ jaar met een gemiddelde van ruim 2 jaar⁸⁾. In hoeverre kernenergie voorkeur krijgt boven fossiel gestookte centrales wordt mede bepaald door de financieringscapaciteit van elektriciteitsmaatschappijen en het economisch rendabel zijn van kerncentrales. De investeringskosten zijn de laatste jaren zeer sterk gestegen en schattingen lopen op het ogenblik uiteen van 1.3 tot 2 miljard gulden voor een kerncentrale van 1000 Megawatt^{9, 10)}. Of en hoe rendabel kerncentrales zijn, is nog steeds in discussie.

Een andere vraag die de laatste jaren opgekomen is, betreft het netto energie rendement van kerncentrales, d.w.z. hoeveel energie ze meer zullen leveren dan nodig was voor de bouw van de centrale en de splijtstofvoorziening. Met name bij toepassing van ertsen met een laag uraniumgehalte zou dit problematisch kunnen worden¹¹⁾.

De uitbouw van het aantal kerncentrales vormt tevens het belangrijkste kanaal waarlangs de verspreiding van kernwapens naar steeds meer landen plaatsvindt. Tot nu toe leidt dit ech-

ter niet tot een terughoudendheid m.b.t. introductie van civiel gebruik van kernenergie. In principe wordt de mate van uitbouw van kerncentrales ook bepaald door de mogelijkheden van toepassing van alternatieve energiebronnen (zon, wind, geothermische energie en steenkool).

De verwachtingen voor de toepassing van deze bronnen worden steeds optimistischer. In de V.S. lopen reeds schattingen voor het jaar 2020 waarbij 26% van de elektriciteitsvoorziening d.m.v. zonne- en geothermische energie wordt verzorgd. Het totale elektriciteitsverbruik voor dat jaar is in die prognoses dan ook nog 15 maal zo hoog als het huidige¹²⁾. Dit betekent dat bij een 4 maal zo hoog elektriciteitsverbruik als in 1974, in bijna 100% van de elektriciteitsvoorziening door deze bronnen voorzien zou kunnen worden. De ontwikkeling van deze bronnen geschiedt echter nog niet in die mate dat deze een merkbare invloed hebben op de kernenergiepolitiek. Hiervoor zou een duidelijke verandering van beleid nodig zijn.

2.2.2. Reactortypes.

De benodigde verrijkingcapaciteit voor de toekomstige nucleaire capaciteit hangt sterk af van de types reactoren die gebruikt gaan worden. Voor een lichtwaterreactor (LWR) is 2 à 4% verrijkt uranium nodig. De benodigde scheidingsarbeid voor zo'n 1000 MWe reactor is ruwweg 90 ton swu/j. De hoge temperatuur gasgekoelde reactor (HTGR) gebruikt 93% verrijkt uranium en ongeveer 15% minder scheidingsarbeid dan de LWR. Voor de snelle kweekreactor (FBR) en de Canadese zwaar waterreactor (CANDU) kan natuurlijk uranium gebruikt worden evenals voor de vervangingsladingen van de geavanceerde thermische reactor (ATR). Met name de laatstgenoemde drie types zouden bij introductie de vraag naar scheidingsarbeid aanzienlijk kunnen drukken.

2.2.3. Belastingsgraad.

De gemiddelde belastingsgraad van het totale elektriciteitsopwekkende systeem in de USA is tot nu toe ongeveer 50% en zal volgens de AEC vermoedelijk op dit niveau blijven (zie tabel A1). In Nederland is deze belastingsgraad niet hoger¹³⁾. Voor de berekening van de toekomstig benodigde hoeveelheid

scheidingsarbeid gaat de AEC uit van een gemiddelde belastingsgraad voor een kerncentrale van 58% gedurende een veronderstelde levensduur van 40 jaar. Voor de eerste 15 jaar wordt deze gemiddeld 70% genomen. Of dit hoge percentage daadwerkelijk gehaald zal worden is niet te zeggen. De ervaringen uit het verleden wijzen in de tegengestelde richting. De jaarlijkse belastingsgraad, gemiddeld over alle commerciële reactoren, lag de afgelopen vier jaar tussen de 50 en 65%. Comey¹⁴⁾ constateert dat tot nu toe de belastingsgraad na een piek in het vierde jaar lineair daalt tot zo'n 36% in het zevende jaar, door corrosieproblemen, lekkende brandstofstaven en het uitvallen van systeemcomponenten. Reparaties zijn veelal zeer tijdrovend (en vergen veel personeel) vanwege de radioactieve straling in het primaire gedeelte van de centrale. Een lagere belastingsgraad zal het brandstofverbruik verminderen en daarmee, bij gegeven opgesteld nucleair vermogen, de benodigde scheidingsarbeid.

2.2.4. Tails assay.

De tails assay is het percentage ²³⁵Uranium dat in het verarmde uranium achterblijft bij de verrijking. De benodigde scheidingsarbeid in het verrijgingsproces wordt bepaald door zowel de graad van verrijking van het product als door de tails assay. Door verhoging van de tails assay vermindert de benodigde scheidingsarbeid en neemt de benodigde hoeveelheid (natuurlijk) uranium toe om dezelfde hoeveelheid eindproduct te krijgen. De tails assay ligt momenteel tussen de 0.2 en 0.3%. Verhoging van de tails assay met 0.02% vermindert de behoefte aan scheidingsarbeid met 4%. Een verhoging van 0.2% tot 0.3%, die de USA de komende jaren gaat toepassen vermindert dus de behoefte aan scheidingscapaciteit met ongeveer 20%.

2.2.5. Recycling van uranium en plutonium.

Na gebruik van verrijkt uranium in de kerncentrale wordt het uranium en plutonium in een opwerkingsfabriek voor het grootste deel (99.5%) uit de gebruikte brandstof gehaald. Het percentage ²³⁵Uranium in deze gebruikte brandstof is in de regel groter dan in natuurlijk uranium en bedraagt 0.7 tot 0.9%. Dit uranium kan na verrijking weer worden gebruikt in de kern-

centrale.

Ook het plutonium kan teruggevoerd worden in lichtwaterreactoren waar het voor een deel ^{235}U kan vervangen. 1 Gram splijtbaar plutonium vervangt ongeveer 0.8 gram ^{235}U . Hierdoor vermindert de behoefte aan scheidingsarbeid aanzienlijk. Voor de lichtwaterreactor kan dat 20 tot 30% bedragen.

Bij een snelle uitbreiding van het aantal kerncentrales zal er echter een sterke behoefte zijn aan verrijkt uranium voor de eerste ladingen van nieuwe reactoren. Dit zal in een groei-programma een relatief belangrijke factor zijn waardoor in die periode de relatieve besparing door plutonium terugvoer geringer zal zijn (10 à 15%).

Zoals vermeld zijn voor het recyclen van uranium en plutonium opwerkingsfabrieken nodig. De enige opwerkingsfabrieken van betekenis staan op het ogenblik in de V.S., Engeland en Frankrijk. De totale capaciteit is in principe voldoende voor ongeveer 200 kerncentrales¹⁵⁾. Een deel van de opwerkingsfabrieken is momenteel echter buiten werking, waardoor het merendeel van de gebruikte radioactieve splijtstof opgeslagen wordt in afwachting op de opwerking. Een tekort aan opwerkingscapaciteit zou dan ook de komende jaren de recycling van plutonium en uranium in de weg kunnen staan.

3. Aanbod van verrijkingcapaciteit.

3.1. Inleiding.

Een tweede belangrijke onzekerheid voor landen en bedrijven in de uraanverrijkingssituatie wordt gevormd door de plannen en de activiteiten van de andere landen en bedrijven. We zullen in deze paragraaf bespreken wat de bestaande verrijkingcapaciteiten zijn, wat de leveringsvoorwaarden en contracten zijn en welke plannen, voor zover in de openbaarheid gekomen, er allemaal bestaan. We zullen dit doen door achtereenvolgens de situatie te bespreken van de VS, URENCO, EURODIF, Frankrijk, Zweden, de Sowjet-Unie, West-Duitsland, Zuid-Afrika, Canada, China, Zaïre, Brazilië, Japan, Australië, India, Israël en Papoea (voormalig Australisch Nieuw Guinea).

3.2. Verenigde Staten.

3.2.1. Verrijkingcapaciteit¹⁶⁾.

De V.S. beschikken over drie gasdiffusiefabrieken die voor de AEC bedreven worden door "private contractors". Zij hebben een gezamenlijke capaciteit van 17200 ton swu/j., die in eerste instantie bedoeld waren om verrijkt uranium voor kernwapens te produceren. Vanwege de overproductie hiervan heeft men de fabrieken vanaf het midden der zestiger jaren op een lagere capaciteit laten draaien. Nu wordt de productie weer opgevoerd t.b.v. de voorziening van kernenergiecentrales. (zie fig. III.3.) Het is het beleid van de AEC om de uraanverrijking geheel in particuliere handen te leggen. De capaciteit van de drie fabrieken zal verder opgevoerd worden o.a. door efficiencyverbeteringen, tot 27700 ton swu/j., in 1981. De maximale productie kan dan echter gedurende enige jaren nog niet bereikt worden omdat de elektriciteitsbedrijven het hiervoor benodigde elektrische vermogen van 7380 MW zo snel niet kunnen leveren. Van 1981 t/m 1984 zal de productie daarom naar verwachting ongeveer 25000 ton swu/j. zijn. In de hoeveelheid verrijkt uranium die geproduceerd kan worden bij deze capaciteit, zit echter nog een flinke speling. Door b.v. de tails assay op te voeren van 0.3% tot 0.36% kan (bij geen plutoniumterugvoer) een hoeveelheid verrijkt uranium voldoende voor een nucleair vermogen van 320 GWe geleverd worden in plaats van voor 290 GWe. Hoe de omvang

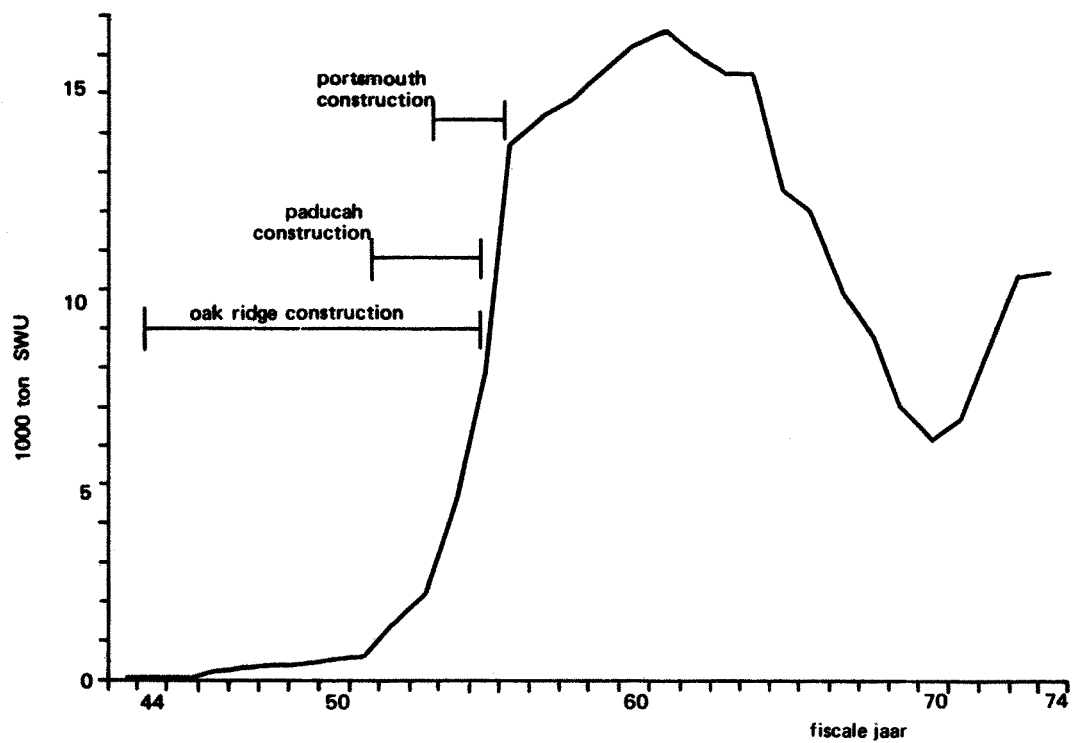


Fig.III.3 Produktie van verrijkt uranium in de USA.
Bron: J.H. Hill "Uranium enrichment in the United States".

van het nucleaire elektrische vermogen, dat door de 3 fabrieken in 1982 voorzien kan worden van verrijkt uranium afhangt van de tails assay en het al of niet toepassen van plutonium recycling in de V.S., wordt geïllustreerd in tabel III.7.

Tabel III.7. Nucleair vermogen dat in 1982 gevoed kan worden door Amerikaanse gasdiffusiefabrieken als functie van tails assay en plutonium recycling.

Plutonium recycling	Tails assay (%)	Nucleair vermogen (GWe)
Ja	0.33	363
	0.30	350
Nee	0.36	320
	0.30	290

3.2.2. Leveranties.

Tot 1974 hebben de V.S. in feite een monopoliepositie gehad op de markt van verrijkt uranium voor de "westelijke wereld". Daar komt nu een kentering in doordat de Sowjet-Unie ook begonnen is verrijkt uranium aan West-Europa te leveren en door de bouw van verrijningsinstallaties in andere delen van de wereld, zoals in West-Europa. De V.S. trachten, net als in het verleden een belangrijk deel van de markt te behouden. Om op korte termijn voldoende verrijkt uranium te kunnen leveren, ook voor de export, breiden zij, zoals boven vermeld, de bestaande verrijningscapaciteit uit. Ook stelden zij, met dit doel, in februari 1975 voor om de tails assay, zoals die in de verrijningscontracten is vastgelegd, met ingang van 1 juli 1976 te verhogen van 0.2% tot 0.275% en op 1 juli 1981 tot 0.3%, waardoor de output van verrijkt uranium met ongeveer 20% zal stijgen.

In 1972 kondigden de V.S. nieuwe leveringsvoorwaarden aan, die in mei 1973 zijn ingegaan, waarin bepaald werd dat elektriciteitsbedrijven hun bestellingen reeds acht jaar vóór de eerste leverantie moeten plaatsen. Volgens sommigen is dat een poging om Europese verrijningsfabrieken de wind uit de zeilen te nemen. Hun afzetmogelijkheden kunnen hierdoor ernstig beperkt worden.

Daarnaast bevatten de voorwaarden strengere bepalingen omtrent vaste data en verplichtingen voor leveranties, vooruitbetalingen en opzeggingsregelingen. Deze voorwaarden zijn op heftig verzet van Amerikaanse, Zweedse en Japanse elektriciteitsbedrijven en van Euratom gestuit.

Vóór de aankondiging van de nieuwe leveringsvoorwaarden was er al onrust over de Amerikaanse leveringen ontstaan doordat de AEC al eerder aangekondigd had geen langlopende contracten meer af te zullen sluiten. Tot dan toe betroffen de contracten meestal leveranties voor de gehele levensduur van kerncentrales^{17, 18)}. Deze onrust is nog vergroot toen in juni 1974 20 Amerikaanse en 78 buitenlandse kerncentrales getroffen werden door een plotselinge opschorting van het afsluiten van leveringscontracten door de AEC, die door een te grote aanvraag overstelpt werd¹⁹⁾. Tenslotte heeft de Amerikaanse Nuclear Regulatory Commission op 28 maart 1975 een opschorting afgekondigd op de export van verrijkt uranium waardoor onder andere een aantal Duitse kerncentrales het risico liepen te worden stilgelegd. Als reden voor deze opschorting was een herziening en aanpassing van de contracten aan de nieuwe veiligheidsvoorschriften voor transporten van verrijkt uranium opgegeven²⁰⁾. Al deze gebeurtenissen zullen de vastberadenheid van West-Europa om een eigen grote verrijkingsindustrie op te bouwen waarschijnlijk slechts vergroten.

3.2.3. Contracten en voorwaarden²¹⁾.

In de nieuwe leveringsvoorwaarden van de AEC van mei 1973 worden twee soorten onderscheidingen gemaakt m.b.t. leveringsvoorwaarden. De eerste is die tussen voorwaardelijke en onvoorwaardelijke contracten. De andere onderscheidt "long-term, fixed commitment contracts" en "requirements contracts". We zullen de betekenis ervan toelichten.

Vanwege de onzekerheid betreffende de verrijkingscapaciteit in de V.S. in het begin van de tachtiger jaren kunnen voor kerncentrales die verrijkt uranium voor de eerste kern pas na 1 juli 1982 nodig hebben nog slechts voorwaardelijke contracten worden afgesloten. Deze kunnen weer geannuleerd worden door de Energy Research and Development Administration (ERDA) (voorheen AEC), als in de V.S. geen toestemming verkregen wordt om

plutonium in lichtwaterreactoren terug te voeren. Bovendien kan de ERDA deze contracten ongedaan maken indien particuliere industrieën in de V.S. een verrijkingsfabriek bouwen.

Voor kerncentrales die hun eerste verrijkte uranium nodig hebben voor 1 juli 1982 moesten alle aanvragen in de herfst van 1974 ingediend zijn. Een gedeelte van de contracten die toen afgesloten zijn, zijn "long-term, fixed committment" (hieronder vallen alle reactoren van de V.S., 5 van de E.G. en 28 reactoren in de rest van de wereld). De andere contracten zijn voorwaardelijke contracten (het betreft hier 45 niet-Amerikaanse reactoren, waarvan 18 in de E.G.). Deze kunnen weer geannuleerd worden als de wettelijke bepalingen betreffende de terugvoer van plutonium in de V.S. niet per 30 juni 1975 worden goedgekeurd, en mogelijk ook als particuliere industrieën besluiten tot de bouw van een verrijkingsfabriek. De president van de V.S. heeft echter op 6 augustus 1974 meegedeeld dat alle contracten (dus ook de voorwaardelijke) tot 1982 nagekomen zullen worden¹⁶⁾.

Het in de tweede onderscheiding genoemde "fixed committment contract" legt precies vast wanneer het door elektriciteitsbedrijven bestelde verrijkte uranium afgenomen moet worden. Dit bevordert de mogelijkheid van een lange termijnplanning in de V.S. In de "requirements contracten" zijn de afname data flexibeler en kunnen deze aangepast worden aan het moment waarop het uranium werkelijk nodig is voor de centrale¹⁶⁾. Dit is voor elektriciteitsbedrijven vooral van belang daar de contracten reeds 8 jaar voor de eerste leverantie afgesloten moeten worden en vertragingen in de bouw of tegenslagen in het bedrijven van de centrale dit tijdstip kan wijzigen.

Tabel III.8 geeft een overzicht van de verdeling over deze categorieën zoals die op 20 februari 1975 was¹⁶⁾.

3.2.4. Nieuwe verrijkingsfabrieken in de V.S..

De Joint Committee on Atomic Energy (JCAE) voorzag in mei 1973, toen de nieuwe leveringsvoorwaarden door de AEC opgesteld werden, zeer goed hoe de regering voor het blok gezet kon worden en genoodzaakt zou kunnen worden om zelf een nieuwe verrijkingsfabriek te bouwen, indien de AEC meer contracten zou afsluiten dan met de aanwezige verrijkingscapaciteit nagekomen kan worden.

Tabel III.8

Leveringscontracten van USAEC per 20 febr. 1975.

Bron: J.H. Hill, Uranium Enrichment in the United States,
LONDON 5 mrt. 1975.

	Type contract	Aantal reactoren	Aantal contracten	Vermogen (GWe)
USA	signed fixed committment	131	131	140,5
	requirements	91	53	79,2
	test reactors	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>0</u>
		223	186	219,7
rest wereld	signed fixed committment	85	85	75,6
	requirements	<u>50</u>	<u>47</u>	<u>25,4</u>
		135	132	101,0
	subtotaal	358	318	320,7
rest wereld	voorwaardelijke contracten	44	44	42,3
	totaal	402	362	363

Zij voerde dan ook tegen de wil van de AEC door dat er een maximum gesteld werd aan het aantal "onvoorwaardelijke contracten". De AEC betoogde echter dat dit juist een goede startbasis zou kunnen zijn voor de particuliere industrieën maar delfde bij deze controverse het onderspit²²⁾.

De AEC streeft er naar om minstens één nieuwe verrijkingsfabriek te bouwen die in het begin van de tachtiger jaren gereed moet zijn. Dit project moet echter geheel in handen zijn van de particuliere industrie. Om dit te verwezenlijken verschaft de AEC reeds enkele jaren de benodigde (geheime) tech-

nische informatie aan de geïnteresseerde industrieën om tot een eigen evaluatie van zo'n project te kunnen komen. Aanvankelijk hebben zich 22 industrieën hiervoor aangemeld maar in 1973 waren er nog slechts 7 over. Als één der redenen voor deze geringe belangstelling wordt o.a. genoemd dat de industrieën bij verdere deelname verplicht zijn onderzoeksresultaten exclusief aan de regering aan te bieden en verplicht zijn deze eventueel aan derden te verschaffen²³⁾. Van deze zeven resterende hadden zes praktisch alleen belangstelling voor de gascentrifugetechnologie²⁴⁾. De enige die zich op het gasdiffusieproces concentreerde (Reynold Metals) heeft intussen haar plannen opgegeven²⁵⁾. Deze uittocht van industrieën heeft zich daarna nog voortgezet want eind 1974 zijn notabene de twee grote leveranciers van lichtwaterreactoren General Electric en Westinghouse Electric uit de consortia getreden waarin zij participeerden. General Electric uit Cengex (G.E. en Exxon) en Westinghouse uit Uranium Enrichment Associates (UEA: Bechtel, Westinghouse en Union Carbide)²⁶⁾. Van UEA is alleen Bechtel nog overgebleven nadat Union Carbide later ook nog is uitgetreden²⁷⁾.

De grote financiële risico's verbonden aan verrijgingsprojecten maakt dat de AEC en de Amerikaanse industrieën naarstig naar partners zoeken, ook in het buitenland (Japan, Iran) en dat zij waarschijnlijk pas tot de bouw zullen overgaan indien òf voor minstens 75% van de productie van een toekomstige contracten zijn afgesloten en/of de regering zich garant stelt voor deze financiële risico's. De meest serieuze industrie lijkt op het ogenblik UEA (Bechtel met nu ook Goodyear Aerospace) waarvan de onderhandelingen met de ERDA over de bouw van een gasdiffusiefabriek van 9000 ton swu/j. in een vergevorderd stadium verkeren^{27, 28)}.

De ERDA maakt verder grote haast met een project voor de bouw van een demonstratiefabriek op basis van het ultracentrifugeprocédé met een capaciteit van 100 à 300 ton swu/j. Ook hier wordt geprobeerd om tot samenwerking met de industrie te komen²⁹⁾. Wat ook de uitkomst van deze onderhandelingen zal

zijn, het lijkt zeer waarschijnlijk dat de V.S. over niet al te lange tijd een nieuwe verrijkingsfabriek zullen bouwen, omdat zij zeker in haar eigen behoefte aan scheidingsarbeid wil voorzien en bovendien een belangrijk aandeel van de markt in verrijkt uranium wenst te behouden³⁰⁾.

3.3. URENCO.

3.3.1. Huidige situatie van verrijkingcapaciteit³¹⁾.

Sinds 1972 is de eerste fase van een Nederlandse proeffabriek bij Almelo in bedrijf met een capaciteit van 12 ton swu/j. Een meer geavanceerd ontwerp centrifuge wordt op het ogenblik geïnstalleerd en zal binnenkort klaar zijn waarna de totale capaciteit 25 ton swu/j. is. Eind 1973 kwam ook bij Almelo de eerste fase van een Duitse proeffabriek in vol bedrijf met een capaciteit van 5 ton swu/j. De tweede fase hiervan met geavanceerde machines zal herfst 1975 in volledig bedrijf komen waarna de totale capaciteit eveneens 25 ton swu/j. is.

De eerste sectie van de Engelse proeffabriek, bij Capenhurst, produceert sinds 1973 8 ton swu/j. Een eerste sectie van de tweede fase is sinds herfst 1974 in continu bedrijf en zal midden 1975 geheel gereed zijn waarna de totale capaciteit op 14 ton swu/j. ligt. Het wordt niet meer nodig geacht om deze capaciteit voor test-doeleinden op te voeren tot 25 ton swu/j. zoals aanvankelijk gepland was.

3.3.2. Toekomstplannen.

Begin 1974 werd besloten 2 commerciële verrijkingsfabrieken te bouwen met een totale capaciteit van 2000 ton swu/j. in 1980. Hiervan zou 1000 ton swu/j. in Engeland komen en 1000 ton swu/j. bij Almelo. Het terrein bij Almelo is hiervoor reeds gekocht³¹⁾. Overigens blijkt dit besluit reeds op 6 april 1973 door prof.dr. M. Bogaardt aan het personeel van de Fabrikage Combinatie Philips-VMF (de centrifugefabriek) te zijn meegedeeld.

Met de bouw van de eerste fase (200 ton swu/j. in Engeland en 200 ton swu/j. in Nederland) is reeds begonnen. Deze beide installaties zullen in 1977 klaar zijn³¹⁾. Begin 1975 is besloten de uitbreiding iets langzamer te laten verlopen zodat

de capaciteit van 2000 ton swu/j. in 1982 i.p.v. in 1980 bereikt zal worden.

Tevens zal de verdeling van de capaciteit over de landen anders worden, n.l. 660 ton swu/j. in Engeland en 1320 ton swu/j. in Nederland^{31, 32}).

De doelstelling is om in 1985 een totale capaciteit van 10.000 ton swu/j. bereikt te hebben. De benodigde investering hiervoor is volgens Urenco³¹) 1 miljard Engelse pond (geldwaarde 1975 - f. 5.8 miljard). Dit is opvallend laag vergeleken bij de investeringskosten die in de V.S. reëel worden geacht³³), n.l. \$ 3 miljard voor een ultracentrifugeverrijkings-installatie van Amerikaans ontwerp met een capaciteit van 9000 ton swu/j. Het is ook laag vergeleken met de Eurodif gasdiffusiefabriek met een capaciteit van 10.500 ton swu/j. die te Tricastin in Frankrijk gebouwd wordt en waarvan de investeringskosten gestegen zijn van 7 miljard franc in 1973 tot 15 miljard franc (f. 9 miljard) momenteel³⁴), exclusief de vier hiervoor te bouwen kerncentrales. De investeringskosten voor ultracentrifugeverrijkingsfabrieken werden tot nu toe namelijk altijd hoger geschat dan die voor gasdiffusieverrijkingsfabrieken.

3.3.3. Marktsituatie.

De meest recente schattingen van Urenco³⁵) over de toekomstige vraag naar en aanbod aan scheidingsarbeid tot 1985 in de Westerse wereld staan in tabel III.9.

De hiermee corresponderende prognose voor het geïnstalleerde vermogen aan kernenergiecentrales in de Westelijke wereld staat in tabel III.5.

De invloed van het achterwege laten van Pu recycling is een toename van de vraag met 9 à 10%. Een vertraging van 2 jaar van het bijbehorende kernenergieprogramma in het begin van de tachtiger jaren zou de vraag met ongeveer 40% doen dalen³⁵). De leveranties van de USSR van 3000 ton swu/j liggen vermoedelijk aan de lage kant³⁵) gezien contracten voor de USSR die het laatste jaar afgesloten zijn.

Tabel III.9 Vraag naar scheidingsarbeid (ton swu) (0.3% tails assay, gedeeltelijke Pu recycling)

	1975	1980	1985
USA	4.600	12.700	25.800
EEG	1.800	7.500	15.800
Rest W-Europa	700	3.500	6.500
Rest West. wereld	100	1.500	4.500
JAPAN	1.100	2.600	4.800
Totaal	8.300	27.800	57.400
Geaccumuleerd	8.300	98.300	320.700
Aanbod van scheidingsarbeid (ton swu)			
ERDA (USA)	14.200	22.800	27.500
EURODIF	-	6.500	10.700
URENCO	-	1.400	10.000
USSR	500	2.000	3.000
Totaal	14.700	32.700	51.200
Geaccumuleerd (incl. ERDA voorraad)	39.200	156.400	378.700
Voorraad	30.900	58.100	58.000

3.3.4. Leveringscontracten.

Tot vorig jaar sloot Urenco contracten af voor leveranties van verrijkt uranium tegen een prijs van ongeveer f 130,- per kg swu. Urenco heeft echter medegedeeld dat de prijzen nu verhoogd zullen worden tot een reëlere, meer commerciële, van \$ 100,- per kg swu. Dit is de basisprijs die later nog gecorrigeerd kan worden voor inflatie en aangepast kan worden aan de prijsontwikkeling van verrijkt uranium op de wereldmarkt³⁵⁾. De condities van de contracten zullen ook stringenter worden (gedeeltelijke vooruitbetaling, minimale leveringsperiode van 10 jaar). De uitbouw van de capaciteit van Urenco zal mede bepaald worden door de afgesloten con-

tracten. Gezien de voorbereidings- en bouwtijd van minstens 5 jaar zullen elektriciteitsbedrijven met deze "leverings-tijd" rekening moeten houden, tenzij er een overcapaciteit is³⁵⁾.

Urenco heeft voor de jaren 80 verplichtingen aangegaan voor de levering van (minstens) 2000 ton swu/j., vooral met Duitse elektriciteitsbedrijven. De contracten over de periode 1978-1990 betreffen volgens Urenco-bronnen leveranties met een totale waarde van 1 miljard Engelse pond³⁵⁾. Bij een koers van £ 1 = f 5,80 en een leverantieprijs van ongeveer f 130,- per kg swu correspondeert dit met ruim 48000 ton swu. Als, zoals Urenco beweert³⁵⁾, de commerciële prijs van scheidingsarbeid minimaal 100 dollar/kg swu bedraagt, betekenen deze leveranties tevens een verliespost van rond 6 miljard gulden. Een leverantie van 48000 ton swu in 12 jaar betekent een jaarlijkse produktie van 4000 ton swu. De voor 1982 geplande capaciteit van 2000 ton swu/j is hiervan slechts de helft zodat een verdere uitbreiding nodig zou zijn om aan deze contracten te voldoen. Interessant hierbij is wat het Verdrag van Almelo vermeldt over de verplichting van Urenco m. b.t. het beschikbaar stellen van verrijkingcapaciteit voor de landen van de tripartite overeenkomst. In artikel III van dit verdrag worden de gezamenlijke industriële ondernemingen Urenco verplicht zich in te spannen om te voldoen aan alle opdrachten voor verrijking die bij hen worden geplaatst door afnemers op het grondgebied van een aan de overeenkomst deelnemend land, ongeacht of het voldoen aan deze opdrachten het creëren van nieuwe capaciteit voor het verrijken van uranium nodig zou maken. De gezamenlijke industriële ondernemingen zijn zelfs verplicht aan deze opdrachten te voldoen indien een der landen (of een lichaam op haar grondgebied) er mee instemt om dat gedeelte van de benodigde extra financiën beschikbaar te stellen dat niet door de gezamenlijke industriële ondernemingen en de andere aan de overeenkomst deelnemende landen wordt verschaft. Dit betekent o.a. dat indien in Nederland of Duitsland de financiën beschikbaar worden gesteld voor uitbreidingen van de verrijkingfabrieken t.b.v. de voorziening van de eigen kerncentrales deze uit-

breidingen er zeker moeten komen. In het geval Duitsland t.b.v. eigen kerncentrales uitbreiding wenst, mogelijk zelfs op Nederlands grondgebied of anders op Duits grondgebied. Op deze wijze kan elk der deelnemende landen een uitbreiding van verrijkingcapaciteit forceren.

3.3.5. Verkoop van de technologie.

De tripartite organisatie stichtte in 1972 een studiegroep, de Association for Centrifuge Enrichment (ACE) met het doel informatie over de technologische en economische aspecten van gascentrifuge te verschaffen aan participerende organisaties. De studie zou kunnen resulteren in joint ventures met andere landen voor de bouw van verrijkingsfabrieken. General Electric (USA) en andere maatschappijen uit U.K., USA, België, Canada, Australië, Zwitserland en Zweden toonden belangstelling voor de studiegroep³⁶⁾. Op 1 juni 1973 participeerden 18 partners uit 12 landen in de ACE. Het geplande werkprogramma werd op 12 december 1974 beëindigd. Geclassificeerde kennis kon echter niet geopenbaard worden. De ACE partners blijven onderling contact houden³⁷⁾.

3.4. EURODIF

3.4.1. Ontwikkeling van de organisatie.

Eurodif werd aanvankelijk (maart, 1972) op Frans initiatief opgericht als een studievereniging van 8 landen (Frankrijk, Italië, Zweden, België, Spanje, Groot Brittannië, Duitsland en Nederland) voor oprichting van een verrijkingsfabriek volgens het gasdiffusieprocedé. De laatstgenoemde drie landen zijn echter uitgetreden en richten zich nu op het ultracentrifugeprocedé^{38,40)}.

In november 1974 besloot Eurodif tot de bouw van een gasdiffusiefabriek die in 1979 een capaciteit van 4000 ton swu/j zou bereiken en in 1982 9300 ton swu/j. De fabriek waarvan de bouw 8 november 1974 begonnen is wordt gesitueerd te Triscatin in Frankrijk^{38,39)}. De kosten van deze fabriek, die in 1973 nog geraamd werden op 7 miljard Franse franc, worden nu geschat op 15 miljard Franse franc, exclusief de kosten van de 4 kerncentrales van elk 925 MWe, die gebouwd worden om de benodigde stroom van 3000 MWe te leveren³⁴⁾.

De planning voor de capaciteit is nu: in 1979 - 3000 ton swu/j, 1980 - 6800 ton swu/j, 1982 - 10700 ton swu/j⁴⁰⁾.

De participatie in Eurodif ziet er als volgt uit³⁸⁾

Frankrijk (CEA)	57,5 %
Italië (ENEL, Agip)	22,5 %
België	10 %
Spanje	10 %

Het aandeel van 10% dat Zweden aanvankelijk had is overgenomen door Frankrijk nadat Zweden begin 1974 uit het project is gestapt⁴¹⁾. Begin 1975 is een overeenkomst tussen Frankrijk en Iran gesloten waarbij Iran indirect deelneemt in Eurodif (deelname van Iran voor 40% in een Frans-Iraanse maatschappij waaraan 25% van het CEA kapitaal in Eurodif, overgedragen is). Iran zal 10% van het door Eurodif geleverde verrijkte uranium krijgen⁴²⁾.

3.4.2. Leveringscontracten.

In eerste instantie is de produktie van Eurodif bedoeld voor eigen aandeelhouders. Een deel van de produktie wordt echter direct op de markt gebracht. In dit verband zijn er 10-jarige contracten afgesloten met Japan voor de levering van 1000 ton swu/j vanaf 1980⁴⁰⁾. Andere contracten zijn o.a. afgesloten met Zwitserse maatschappijen voor 1270 ton swu van 1978 t/m 1989^{40,43)} en met Duitse maatschappijen (eerste lading + 3 naladingen voor 2 kerncentrales, van 1300 MWe elk, vanaf 1981)^{40,44)}.

3.4.3. Marktsituatie.

De schattingen die Eurodif geeft⁴⁰⁾ voor toekomstige vraag naar scheidingsarbeid (tabel III.10), liggen aanmerkelijk hoger dan die URENCO geeft (zie tabel III.9) en de USAEC (1974) (tabel III.2). Voor de USA en Japan verschilt het zelfs een faktor 2.

Tabel III.10 Vraag naar scheidingsarbeid (ton swu) Bron: ref.40

	1975	1980	1985	1990
EG + Zweden + Spanje	3.500	10.800	26.000	52.800
USA	7.800	21.600	48.500	83.400
Japan	1.700	4.500	10.800	15.900
Rest van de wereld	700	3.100	7.900	18.600
Totaal	13.600	40.000	93.100	170.700
Cumulatief	23.400	159.700	518.700	1.205.300

(Aanname 0.25% tails assay)

3.4.4. Toekomstplannen.

Op basis van de verwachte vraag naar scheidingsarbeid heeft Eurodif besloten de uiteindelijke capaciteit van de fabriek te Triscatin op te voeren van 9000 tot 10.700 ton swu/j. Verder heeft Eurodif besloten om gezamenlijk met het Franse Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) de bouw van een tweede gasdiffusiefabriek te bevorderen. Er zijn reeds verkennende besprekingen geweest met potentiële afnemers⁴⁰⁾. Volgens recente berichten⁴⁵⁾ zal met dit doel een nieuwe maatschappij, Coredif genaamd, opgericht worden (zie onder 3.5 Frankrijk)

3.5. Frankrijk

Frankrijks gasdiffusiefabriek te Pierrelatte, bedoeld voor militaire produktie, is tussen 1964 en 1967 in bedrijf gesteld⁴⁰⁾ met een capaciteit van 300 ton swu/j⁴⁵⁾. Frankrijk participeert via het Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) voor 57,5% in Eurodif die een gasdiffusiefabriek van 10.700 ton swu/j te Triscatin bouwt (zie Eurodif).

Frankrijk onderzoekt intensief de mogelijkheden om tot de bouw van een tweede grote gasdiffusiefabriek te komen⁴⁰⁾. De CEA maakt met 2 Canadese maatschappijen een studie voor

de bouw van een gasdiffusiefabriek van 9000 ton swu/j aan de James Bay, Quebec in Canada. De Canadese regering heeft reeds meegedeeld dat zij bereid is hiervoor een vergunning af te geven^{47,48)}. De Franse minister van Industrie, M. d'Ornano, verwacht mogelijk nog in 1975 een beslissing over de bouw van een gasdiffusiefabriek met als standplaats een Europees land, Canada, Australië of Brazilië⁴⁸⁾. Zeer recent is bericht⁴⁸⁾ dat ter bestudering van de mogelijkheden voor de bouw van een tweede gasdiffusiefabriek een nieuwe maatschappij (Coredif-Compagnie de Recherche et d'Etude pour la Diffusion Gazeuse) opgericht zal worden. Hierin krijgt Eurodif een belang van 51%, de Franse CEA 29% en de Iraanse Commissie voor kernenergie 20%.

3.6. Zweden

Zweden heeft zelf aanzienlijke voorraden uraniumerts, die echter nog nauwelijks geëxploiteerd worden. Het forse kernenergieprogramma (23000 MW in 1985) dat het land had is aanzienlijk teruggeschoefd (10000 MWe in 1985). Aanvankelijk participeerde Zweden in Eurodif voor 10% maar het is hier in 1974 uitgetreden, waarna haar aandeel in Franse handen overging⁴¹⁾. Zweden heeft in haar behoefte aan verrijkt uranium voorzien door langlopende contracten met de V.S. en de USSR

3.7. Sowjet Unie

Van de USSR is niet officieel bekend wat de capaciteit van haar verrijkingsinstallaties is die zij, net als de V.S. gebouwd heeft voor de produktie van verrijkt uranium t.b.v. kernwapens. Volgens Franse gegevens zou de verrijkingscapaciteit 6000 ton swu/j zijn, d.w.z. één derde van die der V.S.⁴⁹⁾. Er zouden plannen bestaan voor een uitbreiding met een capaciteit van 11000 à 12000 ton swu/j tussen 1980 en 1985.⁴⁹⁾ Sinds ongeveer 3 jaar sluit de USSR contracten af voor export van verrijkt uranium naar "westelijke landen". Het betreft hier vooral, West Duitsland, Zweden, Japan, Engeland en Oostenrijk. Een belangrijk deel van deze contracten betreft de levering van de eerste kernladingen van kerncentrales. De prijs is ongeveer 5% lager dan die van de

V.S. De Sowjet Unie heeft zelf slechts een geringe nucleaire capaciteit van ongeveer 8000 MWe, die de komende jaren wel opgevoerd wordt. Zij zal waarschijnlijk een belangrijke exporteur van verrijkt uranium willen worden. Gezien de overcapaciteit aan scheidingsarbeid die zij heeft en vermoedelijk houdt, wordt dit geschat op minstens 3000 ton swu/j.⁵⁰⁾.

3.8. West Duitsland

Behalve de deelname aan het ultracentrifugeproject van Urenco is West Duitsland ook nog zeer actief op het gebied van andere verrijkingstechnologieën. Het in het Kernforschungszentrum te Karlsruhe met financiële steun van de Duitse industrie STEAG ontwikkelde jet nozzle proces is in een vergevorderd stadium en heeft een proefcascade met een capaciteit van ongeveer 2 ton swu/j.

In West Duitsland wordt bovendien onderzoek verricht op het gebied van de laser verrijking.

West Duitsland wil waarschijnlijk zijn technologische kennis als ruilmiddel gebruiken in transacties met uranium bezittende landen om zich te verzekeren van voldoende toevoer van uranium voor zijn forse kernenergieprogramma.

West Duitsland hoeft in elk geval niet bang te zijn voor een tekort aan verrijkingcapaciteit voor zijn eigen kerncentrales omdat het via Urenco hierover, volgens het Verdrag van Almelo, voldoende kan beschikken (zie paragraaf 3.3.4.).

Het is niet duidelijk welke rol STEAG heeft gespeeld bij de ontwikkeling van het Zuid-Afrikaanse verrijkingproces⁵¹⁾.

Welzijn erberichtendat Duitsland een overeenkomst met India heeft gesloten voor toepassing van dat procedé aldaar⁵²⁾.

Ook Brazilië heeft grote belangstelling voor de bouw van een verrijkinginstallatie waarover contacten met West Duitsland zijn⁵³⁾.

3.9. Zuid Afrika

Zuid Afrika heeft na de Verenigde Staten de grootste voorraden uraniumerts "van de westelijke wereld". Zij heeft een

nieuwe verrijkingstechnologie ontwikkeld waarvan het principe strikt geheim gehouden werd. Naar alle waarschijnlijkheid betreft het een variatie van het Duitse jet-nozzle proces. Recente uitlatingen van de kant van Zuid Afrika op de kern-energie conferentie te Parijs in april 1975 ondersteunen dit⁵⁴⁾. De Duitse industrie STEAG die het Duitse jet-nozzle project financieel ondersteunt, heeft nauwe contacten met Zuid Afrika op het gebied van de verrijking. Vorster heeft meegedeeld dat de proeffabriek begin april 1975 begonnen is te draaien⁵⁵⁾. Zuid Afrika voert een politiek die er duidelijk op gericht is om vooral uranium in verrijkte vorm uit te voeren⁵⁶⁾. Zij is van plan een verrijkingsinstallatie van eventueel 10000 ton swu/j te bouwen⁵⁴⁾.

3.10. Canada

Canada is het derde land op de ranglijst van de westelijke wereld wat uranium betreft. Canada heeft zelf voornamelijk kerncentrales van het zwaar-water-type die draaien op natuurlijk uranium. In 1974 kondigde de regering een nieuwe exportpolitiek voor uranium aan. Hierbij moet in de eerste plaats de binnenlandse voorziening voor alle reactoren gedurende een bedrijfsperiode van 30 jaar veiliggesteld worden. Daaronder zijn ook begrepen de reactoren die pas over tien jaar gebouwd worden. De contracten met het buitenland zullen een looptijd van hoogstens 10 jaar mogen hebben. In het kader van deze politiek is al een belangrijk leveringscontract met Japan voor de tachtiger jaren geannuleerd. Bovendien zal het uranium voor zover mogelijk in verrijkte toestand geleverd moeten worden^{57,58)}. Canada is bereid (buitenlandse) particuliere industrieën in een uraanverrijkingsproject te laten deelnemen. In Quebec zou plaats zijn voor 2 verrijkingsfabrieken⁵⁹⁾. Voor deze projecten zijn onderhandelingen gaande met de V.S.⁶⁰⁾ en vooral met Frankrijk. In het kader van een Canadees-Franse samenwerking is het consortium Canadif opgericht, dat de bouw van een 9000 ton swu/j. gasdiffusiefabriek bestudeert, waarvan de productie in 1985 zou moeten beginnen en die uitsluitend voor West-Europa en Japan bestemd zou zijn. Het belangrijkste probleem hierbij lijkt op het ogenblik de financiering van de hoge kosten van het project te zijn (\$ 4 miljard)^{61, 62)}.

3.11. Volksrepubliek China.

De verrijking capaciteit van China ligt waarschijnlijk tussen de 80 en 160 ton swu/j. en is vermoedelijk vrijwel geheel nodig voor wapenproductie⁶³⁾. Volgens berichten zou China in 1980 zijn eerste kerncentrale willen bouwen⁶⁴⁾.

3.12. Zaire.

Zaire heeft belangrijke uraniumvoorraden. Het heeft plannen voor de bouw van een gasdiffusiefabriek van 9000 ton swu/j., die de benodigde elektriciteit van ongeveer 2000 MW zou kunnen betrekken van de hydro-elektrische centrale met een capaciteit van 3900 MWe die gebouwd zal worden te Inga aan de Zaire rivier. Om politieke redenen heeft Zaire besloten dat de eigenaar van de installatie een bijzondere liberale status zal krijgen, gegarandeerd door internationale verdragen. Deze geven een volledige vrijdom van belasting, in- en uitvoerrechten en een totale monetaire vrijheid, d.w.z. het recht om het inkomen van de maatschappij te investeren in elke willekeurige valuta in elk land⁶⁵⁾.

De plannen worden bestudeerd in samenwerking met het Belgian Syndicat d'Etude de l'Industrie Atomique.

3.13. Brazilië.

Brazilië beschikt over een aanzienlijke voorraad uranium o.a. als nevenproduct van de fosfaatwinning. Volgens berichten heeft Brazilië 8 kerncentrales van elk 1200 MW in Duitsland besteld en wil het met Duitse steun een verrijkingfabriek bouwen. Deze zou dan volgens het Duitse jet-nozzle proces moeten werken⁵³⁾. Brazilië beschikt over waterkrachtcentrales die de benodigde gigantische hoeveelheden elektriciteit goedkoop kan leveren.

3.14. Japan.

Japan heeft plannen voor de bouw van ongeveer 53 GWe aan nucleaire elektrisch vermogen voor 1985⁶⁶⁾. Tot nu toe betreft Japan het verrijkt uranium voornamelijk uit de V.S. Het poogt te komen tot een eigen verrijkingfabriek. Een klein proeffabriekje van 180 ultracentrifuges heeft op 26 oktober 1974 voor het eerst verrijkt uranium geproduceerd. Een iets groter fabriekje met 250 centrifuges zal in 1975 voltooid zijn en in 1979 verwacht de regering de bouw van een eenheid met enkele

duizenden centrifuges⁶⁷⁾. In 1976 wordt vermoedelijk beslist over de bouw van een proeffabriek van 350 ton swu/j. In 1985 zou dan een commerciële verrijkingsinstallatie gebouwd worden⁶⁸⁾. Met Urenco zijn contacten geweest over technologische samenwerking. Naast een eigen ultracentrifugeverrijkingsfabriek is Japan zeer geïnteresseerd in deelname aan een gasdiffusiefabriek in de Verenigde Staten, Canada, West-Europa of Australië. Bovendien heeft de Amerikaanse Bechtel Corp., waarschijnlijk in opdracht van Japan, de mogelijkheden onderzocht van een verrijkingsfabriek in het nu onafhankelijke Australisch Nieuw Guinea waar een 1800 MWe waterkrachtcentrale gebouwd zal worden die goedkope stroom kan leveren⁶⁹⁾.

3.15. Australië.

Australië heeft na de Verenigde Staten, Zuid-Afrika en Canada de grootste uraniumreserves van de "westelijke wereld". Zelf heeft Australië nauwelijks enige plannen voor toepassing van kernenergie. Met betrekking tot de export van uranium volgt het een politiek die in de toekomst naar alle waarschijnlijkheid ook door andere landen met grote voorraden aan uraniumerts gevolgd zal worden, n.l. om uitsluitend verrijkt uranium uit te voeren. Zoals de minister van mijnbouw R. Connor in mei 1974 meedeelde, zullen de grote uraanvoorraden pas in de tachtiger jaren geëxporteerd worden en dan nog slechts in verrijkte vorm⁷⁰⁾. Voor de bouw van een verrijkingsfabriek heeft Australië, wat betreft technologische en financiële samenwerking, contacten met Urenco, Eurodif, de V.S. en Japan⁷¹⁾. Volgens berichten is de Nederlandse regering bereid Australië de benodigde technologische informatie te verschaffen mits deze verder geheim gehouden wordt⁷²⁾.

3.16. India.

India heeft belangrijke voorraden uranium en heeft plannen voor een prototype verrijkingsinstallatie, waarschijnlijk van het jet-nozzle type⁵²⁾. Er zijn contacten hierover met de West-Duitse groep.

3.17. Israël.

Israël heeft besloten om een kernenergiecentrale van 600 à 800

Mwe te bouwen die in 1984 in werking moet treden⁷²⁾. Voor het benodigde verrijkte uranium zijn onderhandelingen met de V.S. gaande. Israël is wat verrijkingstechnologie betreft zeer ver gevorderd met het laserproces⁷³⁾.

3.18. Papoea (voormalig Australisch Nieuw Guinea).

Waarschijnlijk in opdracht van Japan heeft de Bechtel Corp. de mogelijkheden onderzocht voor een verrijkingsfabriek gesitueerd bij een waterkrachtcentrale van 1800 MWe die daar gebouwd zal worden⁶⁹⁾.

3.19. Slotopmerking.

Uit het bovenstaande overzicht is duidelijk dat vele landen voorbereidingen treffen voor een eigen uraanverrijkingsfabriek. Naast de gerapporteerde plannen zullen ongetwijfeld nog een groot aantal geheime contacten bestaan. Naast economische redenen spelen verder voor een aantal landen politieke en militaire motieven minstens impliciet een rol. We zullen daar in het volgende hoofdstuk op ingaan. Zeker lijkt wel dat het beeld van de uraanverrijkingssituatie over ongeveer 10 jaar een aanzienlijke structurele verandering zal hebben ondergaan.

4. Nieuwe concurrerende verrijkingstechnologieën.

Naast de vraag naar scheidingsarbeid en het aanbod door andere landen of organisaties is een derde factor van belang bij het nemen van beslissingen over hoge investeringen in verrijkingsinstallaties, n.l. de technologische ontwikkelingen. Deze zijn uitvoeriger besproken in hoofdstuk II. Het enige procédé dat tot nu toe op grote schaal is toegepast is het gasdiffusieproces. Daarnaast komt op het ogenblik het ultracentrifuge uit het stadium van de proeffabriek in de commerciële fase (Urenco)). Het jet-nozzle procédé, ontwikkeld in Duitsland en vermoedelijk ook in Zuid-Afrika is reeds beland in het stadium van proeffabrieken. Verrijkingsinstallaties op basis van deze technieken vergen zeer hoge investeringen en brengen grote financiële risico's met zich mee. Een onderlinge vergelijking van deze technologieën wat de economische aspecten betreft, wordt gegeven in appendix C.

Behalve deze technologieën heeft zich een nieuwe belangrijke

Tabel III.11. VERRIJKINGSCAPACITEIT (ton swu)

	1975	tot 1985, uitbreiding met		
		zeker	+ waarschijnlijk	+ speculatief
USA	17.200 G.D.*	10.500 G.D.	9000 G.D. 300 UC*(P)	
USSR	6000(?) G.D.		3000(?) G.D.	9000
URENCO	64 UC(P)	2000 UC	8000 UC	
EURODIF		10.700 G.D.		
Engeland	400 G.D.			
Frankrijk	300 G.D.			
W.-Duitsland	2 J.N.(P)		1000 JN	
Zuid Afrika	? (P)	5000 (JN?)	5000 (JN?)	
Canada			9000 (G.D.?)	
Japan			350 (UC)	5000
Australië			9000 (UC)	
Zaire				9000
Brazilië			?	
India				?
voormalig Austra. Nieuw Gui- nea				9000
Israël				?
Volksrep. China	80			
Totaal	24000	28200	44650	32000
Totale opgestelde capaciteit	24000	52200	96850	128.850

*G.D. is : gasdiffusie

J.N. is: jet-nozzle

UC is: ultracentrifuge

(P) is : proeffabriek

kandidaat gemeld, n.l. de laserverrijking, waarvoor mogelijk in 1976 in de V.S. reeds een proeffabriek gebouwd wordt. M.b.v. laserverrijking zou gemakkelijker een zeer lage tails assay te verkrijgen zijn, waardoor de behoefte aan uranium lager wordt (tot 25% lager). Ook zou het huidige afvaluranium met een tails assay van 0.2 à 0.3% verder uitgeput kunnen worden.

Dit laatste zou een aanvulling betekenen op de andere verrijkingstechnieken, maar tevens zou de laserverrijking een geduchte concurrent kunnen worden als zij op kleine schaal economisch zou blijken te zijn, wat niet onwaarschijnlijk is.

5. Conclusies.

In het licht van alle hiervoor genoemde onzekerheden is het interessant om te zien wat het aanbod van scheidingsarbeid in de toekomst is indien alle concrete en vage plannen verwezenlijkt worden. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de plannen die praktisch vaststaan, plannen die waarschijnlijk verwezenlijkt worden en speculaties. De situatie in 1975 en 1985 worden weergegeven in tabel III.11.

Tabel III.12: Prognoses scheidingsarbeidbehoefte in Europese Gemeenschap (1000 ton SWU)

1975	1980	1985	1990	1995	Opmerkingen	ref/jaar
1.6	5.9	12.6			EG van 6	a (1972)
1.7	9.7	24.3	43.7	59,2		b (1974)
2.3	6.4	12.0				c (1973)
1.5	5.8	15	28			d (1973)
1.8	7.5	15.8	28.1	42.5		e (1975)
3.5	10.8	26	52.8		EG + Zweden + Spanje	f (1975)

- a) "Tweede indicatief programma op het gebied van de kernenergie voor de Gemeenschap" Commissie van de Europese Gemeenschappen, 1 juli 1972
- b) "Een beleid voor de splijtstofvoorziening van de Gemeenschap" Commissie van de Europese Gemeenschappen, 27 november 1974 (COM(74)1973, def.)
- c) Jahrbuch der Atomwirtschaft 1974, pag. B46
- d) Jahrbuch der Atomwirtschaft 1974, pag. A36
- e) J.Szekezy e.a., "Uranium Enrichment-Market, Supply, Commercial Aspects", Int.Conf. on Uranium Isotope Separation, London 5-7 maart 1975
- f) G.Besse, "The Eurodif Program - Present Status of the Project", Int. Conf. on Uranium Isotope Separation, London 5-7 maart 1975.

Tabel III.13 Prognoses Scheidingsarbeidbehoefte Westelijke Wereld (1000 ton SWU)

1975	1980	1985	1990	1995	2000	opmerkingen	ref/jaar
8.4	21	41.7	70	95	111	0.3 procent TA, laag (A plus X)	a(1974)
8.8	29	59	108	168	220	0.3 procent TA, hoog (C plus Z)	
8.3	28	57	99	147	188		b (1975)
13	37	85	152			EG,Zweden,Spanje,Japan, VS	c (1975)
14	34	67	110	155		basisprogram OECD landen	d (1974)
14	42	91	142	207		versneld program OECD	d (1974)
11	29	58	103				e (1973)

a) "Nuclear Power Growth 1974-2000" WASH 1139 (74)

b) J.Szekessy e.a. "Uranium Enrichment - Market, Supply, Commercial Aspects" Int. Conf. on Uranium Isotope Separation, London 5-7 maart 1975

c) G. Besse, "The Eurodif Program - Present Status of the Project" Int. Conf. on Uranium Isotope Separation, London 5-7 maart 1975

d) "Energy Prospects to 1985" OECD, Parijs 1974

e) Jahrbuch der Atomwirtschaft 1974, pag. A 36.

Tabel III.14 Prognoses scheidingsarbeidsbehoefte van de wereld (1000 ton SWU)

1975	1980	1985	1990	1995	2000	opmerkingen	ref/jaar
9,7 10,1	24 32	51 68	89 128	127 201	151 260	0,3%TA;laag(A+X) 0,3%TA;hoog(C+Z)	a (1974)
13 14	26 33	45 68	61 124			laag hoog	b (1974)
9,7	40	93	170				c (1975)

- a) "Nuclear Power Growth 1974-2000" WASH 1139 (74)
- b) J.T. Roberts "Uranium Enrichment: Supply, Demand and Costs" Bulletin IAEA 16, febr/apr. 1974 pag. 14.
- c) G. Besse "The Eurodif Program - Present Status of the project" Int Conf on Uranium Isotope Separation, London 5-7 maart 1975.

In tabel III.12, III.13 en III.14 worden bovendien een aantal recente prognoses van de vraag naar scheidingsarbeid gegeven voor de landen van de Europese Gemeenschap de "westelijke wereld" en de totale wereld. Deze prognoses lopen ver uiteen, waarbij de hoogste schatting zo'n tweemaal zo groot is als de laagste (zie ook fig. III.4 en III.5). Doordat verrijkingcapaciteit vaak in grote eenheden wordt gebouwd (met name voor het gasdiffusieproces) is deze industrie zeer kwetsbaar t.a.v. veranderingen in de vraag naar scheidingsarbeid. Als de kernenergieprogramma's in het begin van de tachtiger jaren een vertraging van bij voorbeeld twee jaar zouden ondervinden betekent dit een dramatische vermindering van de behoefte aan scheidingsarbeid (tot 40%) volgens deze prognoses.

In 1975 was de totale opgestelde verrijkingcapaciteit in de wereld 24000 ton swu/j. In dat jaar is al begonnen met een uitbreiding van deze capaciteit tot minstens 52.200 ton (inclusief de 5000 ton swu/j. die Zuid-Afrika aangekondigd heeft), zodat deze capaciteit in 1985 zeker opgesteld zal staan. Uit de vrij concrete plannen die een aantal landen en organisaties hebben m.b.t. de bouw van verrijkinginstallaties volgt dat de in dat jaar opgestelde capaciteit naar alle waarschijnlijkheid veel

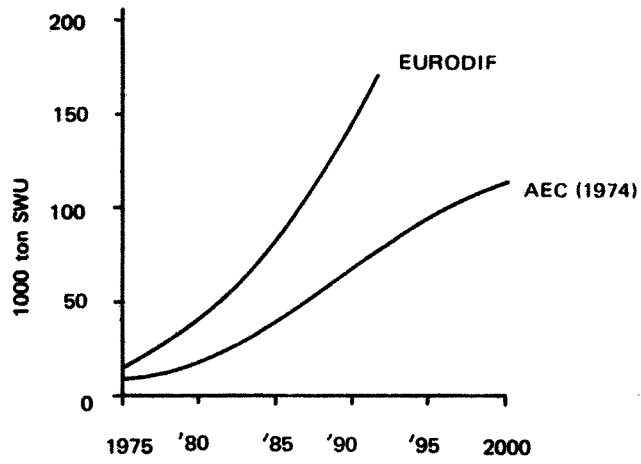


Fig.III.4 Scheidingsarbeidbehoefte westelijke wereld, hoogste en laagste schatting.

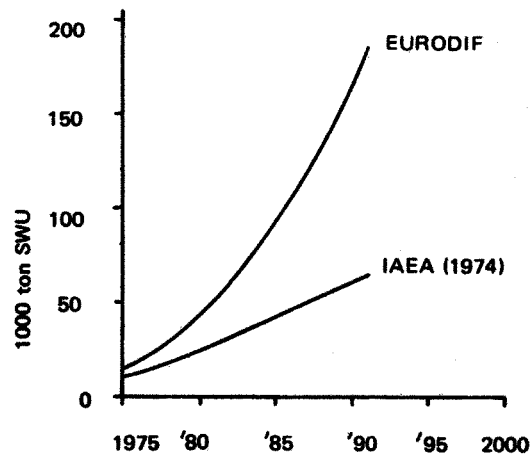


Fig.III.5 Scheidingsarbeidbehoefte wereld, hoogste en laagste schatting.

hoger zal zijn, n.l. 96850 ton swu/j.

Daarenboven worden de mogelijkheden voor de bouw van nog eens 32000 ton swu/j. aan verrijgingscapaciteit onderzocht. Als alle plannen verwezenlijkt worden is de opgestelde capaciteit dan 128000 ton swu/j.

De met zekerheid opgestelde capaciteit van 52.200 is ongeveer gelijk aan de behoefte aan scheidingsarbeid in de laagste schatting van de AEC in 1974 (scenario A+X in WASH 1139(74)). De hoeveelheid van 96.850 ton swu/j. die naar alle waarschijnlijkheid opgesteld zal staan betekent daarin een overcapaciteit van ruim 44000 ton swu/j. en is in ditzelfde scenario pas in 1991 nodig. In de hoogste schatting van de AEC (C + Z) is deze hoeveelheid nodig in 1987/88 en in het fantastische programma dat Eurodif presenteerde op een conferentie die in maart 1975 te Londen is gehouden, in 1985/86.

Gezien het terugschroeven van de kernenergieprogramma's zoals o.a. in de V.S., Zweden, Frankrijk en Nederland gebeurt, zowel door een tragere groei in het elektriciteitsverbruik als door publieke weerstand, valt te verwachten dat er in 1985 een aanzienlijk overschot aan verrijgingscapaciteit is. Daarbij zullen de landen of organisaties, die zelf de beschikking hebben over natuurlijk uranium, in een gunstiger positie zijn in vergelijking met de landen of organisaties, die dit niet hebben. De te verwachten overcapaciteit zal bestendigen dat economisch-politieke argumenten een doorslaggevende rol blijven vormen bij de bouw van uraanverrijgingsfabrieken. Bovendien valt te verwachten dat van deze overcapaciteit opnieuw een druk zal uitgaan om het aantal kernenergiecentrales met verrijkt uranium verder uit te breiden.

Hoofdstuk III. REFERENTIES.

1. "Kans op teveel verrijkingcapaciteit", Atoomenergie, februari 1974, p. 26.
2. "£ 700 m orders for enriched uranium announced by Urenco group", Times, 4-3-1975.
3. "Power games in the nuclear fuel enrichment battle", Fin. Times, 5-3-1975.
4. "Nuclear Power Growth 1974-2000", WASH 1139(74), USAEC, febr. 1974.
5. "Energie en Europa", uitgave Europese Gemeenschappen, Den Haag, 1974.
6. "Communautair energiebeleid, doelstellingen voor 1985", COM(74)-1960-N def, Commissie van de Europese Gemeenschappen, Brussel, 27 nov. 1974.
7. "Energy prospects to 1985", OECD, Parijs, 1974.
8. Atomwirtschaft, juni 1974, p. 265.
9. Latzko, D.G.H., Wetenschap en Samenleving, aug. 1974, p. 37. De hierin gehanteerde cijfers zijn gebaseerd op gegevens van de SEP die uitgingen van een investering van f. 1350/kWe.
10. Hill, J.H., "Uranium Enrichment in the United States", International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7 mrt. 1975.
Hill geeft als investeringskosten op 500 à 700 dollar per kwe geïnstalleerd vermogen. In industriële kringen wordt voor investeringen een dollarkoers van \$ 1 = f. 3- als de meest realistische vergelijkingsbasis gezien.
11. Chapman, P.F., Mortimer, N.D., "Energy inputs and outputs for nuclear power stations", Research Report ERG 005, sept. 1974.
12. a. NSF/NASA, "Solar Energy as a National Resource", (1972), p. 3,
b. Proposed Final EIS for LMFBR Program Vol. IV, p. 11.1-19 en 11.1-20, geciteerd uit "Bypassing the Breeder", van T.B. Cochran, J.G. Speth en A.R. Tamplin, NRDC, Washington, mrt. 1975.
13. "Elektriciteit in Nederland", Arnhemse Instellingen, Arnhem, 1973.
14. Comey, D.P., "Will idle capacity kill nuclear Power?", Bullet. of At. Sc., nov. 1974, p. 23,
"Chasing down the facts", Bullet., of At. Sc., febr. 1975, p. 40.

15. Jasani, B.M., "Nuclear fuel reprocessing plants", in "Nuclear Proliferation Problems", SIPRI, 1974, p. 89.
16. Hill, J.H., "Uranium Enrichment in the United States", International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7 mrt., 1975.
17. "Schlesinger: Meer belangstelling voor Ultracentrifuge bij AEC", Atoomenergie 15, febr. 1973, p. 28.
18. "Verrijkingsgesprekken in de Verenigde Staten", Atoomenergie 15, april 1973, p. 80.
19. "98 Kernkraftwerke vom Anreicherungsstopp betroffen", Atomwirtschaft, aug/sept. 1974, p. 382.
20. "Amerika verleent toch exportvergunning voor vijf uraniumleveringen", Fin. Dagblad, 19-21 april 1975.
21. "Een beleid voor de splijtstofvoorziening van de Gemeenschap", Commissie van de Europese Gemeenschappen, Brussel, 27 nov. 1974, COM(74), p. 15.
22. "AEC Anreicherungskriterien leicht geändert", Jahrbuch der Atomwirtschaft 1974, p. 201.
23. "Nur noch sieben Anreicherungsanwärter", Jahrbuch der Atomwirtschaft, 1974, p. 203.
Afwijkende cijfers hierover worden echter gegeven door Hill¹⁶⁾.
Zie hoofdstuk V.4.
24. "Anreicherungsanwärter überwiegend für Gaszentrifugen", Jahrbuch der Atomwirtschaft 1974, p. 204.
25. "Reynolds gab Anreicherungspläne auf", Jahrbuch der Atomwirtschaft 1974, p. 204.
26. "Anreicherungs-Studien ohne Reaktorfirmen", Atomwirtschaft, nov. 1974., p. 552.
27. O'Donnell, Ashton J., "Uranium Enrichment associates, a private initiative", International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7 mrt. 1975.
28. "Private Anreicherung in Bewegung", Atomwirtschaft, mrt. 1975, p. 105.
29. "Anträge für Zentrifugenanreicherung", Atomwirtschaft, jan. 1975, p. 7.
30. Zie p. 11 van ref. 16 - verklaring van president Ford op 6 aug. 1974.

31. Allday, C., Kehou, R.B., (URENCO), "Urenco-Centec Progress and Plans", International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7- mrt., 1975.
32. Dagblad van het Oosten, 11-2-1975.
33. O'Donnell, A.J., "Uranium Enrichment Associates, a private initiative", International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7 mrt., 1975.
34. "Eurodif-Anlagenkosten verdoppelt", Atomwirtschaft, febr. 1975, p. 57.
35. Szekessy, J., Messer, K.P., (URENCO), Briggs, D.S. (BNFL), en Dibbert, H.J., (URANIT), "Uranium Enrichment - Market, Supply, Commercial Aspects", International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7 mrt., 1975.
36. "Internationale belangstelling voor gascentrifuge", Atoomenergie, Vol. 15, april 1973, p. 78.
37. "ACE-Program beëndet", Atomwirtschaft, nov. 1974, p. 521.
38. "Zustimmung mit Eurodif-Anlage", Atomwirtschaft, jan. 1974, p. 9.
39. "Eurodif Standort festgestellt", Atomwirtschaft, april 1974, p. 161.
40. Besse, G., Eurodif S.A., "The Eurodif Program-Present Status of the project", International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7 mrt., 1975.
41. "Zweden bedankt voor Europees uranium projekt", Volkskrant 22-3-1974.
42. "Französisch-Iranische Uranabkommen", Atomwirtschaft, febr. 1975, p. 56.
43. "Kaiseraugst-Anreicherungsvertrag mit CEA/Eurodif abgeschlossen", Atomwirtschaft, juni 1974.
44. "Deutsche EVU kauft angereichertes Uran bei Eurodif", Atomwirtschaft, okt., 1974, p. 463.
45. "Tweede Europese maatschappij voor uraniumverrijking", Trouw, 23 mei 1975.
46. Kelling, F.E.T., Atoomenergie, vol. 14, dec. 1972, p. 297.
47. "Französisch-Kanadische Anreicherungsstudie", Atomwirtschaft, okt. 1974, p. 463.
48. "Zweites Eurodif-Projekt bis Ende 1975?", Atomwirtschaft, mrt. 1975, p. 105.
49. "Verrijking in Rusland", Atoomenergie 16, april 1974, p. 77.
50. Szekessy, J., Messer, K.P., Briggs, D.S., Dibbert, H.J.,

- "Uranium Enrichment - Market, Supply, Commercial Aspects", International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7 mrt. 1975.
51. "Ein Trenndüsen Prozess?", Jahrbuch der Atomwirtschaft 1974, p. 17.
52. "India Buys German Route to Enriched Uranium", New Scientist, Vol. 53, 9 mrt. 1972, p. 546.
53. a. "Acht Kernkraftwerke für Braziliën?", Frankf. Allg. Zeitung, 1 mrt. 1975.
- b. "W.-German Firm to Provide Nuclear Capability to Brazil", Int. Herald Tribune, 2 juni 1975.
54. "La République Sud-Africaine lance un appel à la coopération internationale", Le Monde, 25-4-1975.
55. "South Africa uranium process release", Fin. Times, 11-4-1975.
56. "Nuclear Proliferation Problems", SIRPI, Almqvist & Wiksell, Uppsala, 1974.
57. "Neue Uran-Exportpolitik", Atomwirtschaft, nov. 1974, p. 521.
58. "Canada onderwerpt export uranium aan voorwaarden", Atoomenergie, nov. 1974., p. 244.
59. "Zwei Anreicherungsanlagen nach Quebec?", Atomwirtschaft, mei 1974, p. 217.
60. "Brinco will US-Anreicherungs know-how", Atomwirtschaft, juli 1974, p. 325.
61. "Französisch-Kanadische Anreicherungsstudie", Atomwirtschaft, okt. 1974, p. 463.
62. "Canadian Energy: Power-The French Connection", Fin. Times, 2-4-1975.
63. Murphy, C.H., "Mainland China's Evolving Nuclear Deterrent", Bulletin of the Atomic Scientists, jan. 1972, p. 28.
64. "China gaat kerncentrale bouwen", Atoomenergie 16, mei 1974, p. 100.
65. Spek, J.H. van der, "Project for a Uranium Enrichment Plant at Inga (Zaire)", International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7 mrt. 1975.
66. "Nuclear Power Growth 1974-2000", USAEC, WASH 1139(74).
67. "Ontwikkeling kernenergie heeft allerhoogste prioriteit in Janpan", Financieel Dagblad, 1-3-1975.
68. "Erste Ergebnisse der Anreicherungsstudie", Jahrbuch der Atomwirtschaft 1974, p. 142.

69. "Anreicherungsstudie für Papua", Atomwirtschaft, mei 1974, p. 217.
70. "Ab 1980 nur Export von angereichertem Uran", Atomwirtschaft, juni 1974, p. 268.
71. "Nuclear proliferation problems", SIPRI, Almqvist & Wiksell, Uppsala, 1974, p. 195.
72. "Israël gaat kerncentrale bouwen", Fin. Dagblad, 1-5-1975.
73. "US issues second patent on laser enrichment of uranium: another is sought in Israël", Laser Focus, maart 1974, p. 10.

IV. POLITIEKE EN SOCIALE IMPLICATIES, MILIEUPROBLEMEN.

"Maybe the surface of the earth cannot accommodate both man and uranium. One of us may have to go underground".

H. Alfvén, Proceed
21st - Pugwash Conferentie
(1971)

1. Inleiding.

We zullen in dit hoofdstuk bespreken welke implicaties de uraanverrijkingstechnologie heeft op politiek en sociaal gebied en welke milieu-problemen uraanverrijkingsinstallaties geven. Voor wat betreft de politieke en sociale implicaties gaat het daarbij enerzijds om het vraagstuk van de verspreiding van kernwapens i.h.b. de waterstofbom naar vele landen, anderzijds om de grootscheepse toepassing van kernreactoren met verrijkt uranium voor de elektriciteitsopwekking. In beide processen speelt de uraanverrijking, zoals ook al in hoofdstuk I opgemerkt, een zeer belangrijke rol. Een evaluatie van de uraanverrijkingstechnologie is dan ook niet realistisch, als ze niet vanuit een dergelijke context plaats vindt. We zullen in paragraaf 2 van dit hoofdstuk een overzicht geven van de stand van zaken op het gebied van de verspreiding van kernwapens en de houding van een aantal in uraanverrijking geïnteresseerde landen in dit opzicht bespreken. In paragraaf 3 wordt kort aangegeven welke problemen aan de invoering van kernenergie op grote schaal zijn verbonden en wat de indirecte milieu-effecten van de uraanverrijking zijn.

Tenslotte zijn er de meer directe milieuproblemen van een uraanverrijkingsfabriek. Die worden in paragraaf 4 besproken.

2. Politieke en militaire implicaties van uraanverrijking.

2.1. Inleiding.

Hoog verrijkt uraan is, zoals reeds in hoofdstuk I beschreven, een belangrijk kernwapenexplosief. Hoeveelheden van ongeveer 15 kg van meer dan 90% ^{235}U zijn geschikt voor splijtingswapens tot honderden kTon. De constructie van dergelijke wapens is nauwelijks meer geheim en enkele fysici en chemici zijn in staat in een paar maanden een bom te maken, als ze eenmaal over

het verrijkt uranium beschikken. De daarvoor benodigde materialen en uitrusting zijn standaard in de handel te verkrijgen en verschillen niet van normale laboratoriumuitrustingen¹⁾. Staten, die een enigszins uitgebreid wapenprogramma opzetten, zullen ongetwijfeld minder primitief te werk gaan, maar deze gegevens illustreren, dat ook met beperkte middelen splijtingswapens te maken zijn. Bovendien kan het voor een land al van grote politieke betekenis zijn over een klein aantal bommen te beschikken. En voor subgoevernementele groepen (politiek dissidente organisaties of zgn. terroristische groepen) kan het hebben van één of twee bommen en het dreigen met gebruik ervan al van geweldige invloed zijn. Overigens, al boven een verrijking van 50% moet uranium geschikt worden geacht voor een ruwe bom met een explosief vermogen van tientallen tonnen TNT equivalent. Uranium met een verrijkingsgraad van minder dan 10% is vrijwel ongeschikt als kernwapenexplosief (Zie ook hoofdstuk I). UF_6 is als verbinding voor bomconstructie ongeschikt, en moet worden omgezet in uraanoxyde of metaal²⁾. Beide processen vereisen echter geen bijzonder moeilijke chemische bewerkingen.

Voor de waterstofbom is een splijtingsbom als "slaghoedje" nodig. Daarvoor is waarschijnlijk hoog verrijkt uranium noodzakelijk. Tot nu toe hebben alle kernwapenlanden deze weg gevolgd.

De constructie van de waterstofbom is nog geheim en veel moeilijker dan de constructie van een splijtingsbom³⁾.

Voor de evaluatie van de intenties van landen met betrekking tot hun eventuele belangstelling voor kernwapens, i.h.b. de waterstofbom, is echter het zelf de beschikking hebben over uraanverrijkingsfabrieken een belangrijk gegeven. Immers, daardoor wordt de technologische en economische drempel voor het maken van wapens aanzienlijk verminderd. De verspreiding van uraanverrijkingsfabrieken naar vele niet-kernwapenstaten betekent dan ook dat de barrières voor het maken van kernwapens op verschillende plaatsen in de wereld minder wordt.

Uiteraard is op zeker ogenblik een politieke beslissing nodig om kernwapens te gaan maken. Maar de internationaal politieke situatie van een land is vaak over langere periodes

nogal variabel. Men denke in dit verband aan de belangrijke verschuivingen van de laatste jaren, waardoor verschillende landen hun veiligheidssituatie opnieuw evalueren. Bij een steeds lager wordende technologische en economische drempel voor het maken van kernwapens zal dan steeds gemakkelijker het politieke besluit vallen, een eigen bom te maken.

Van bijzonder grote betekenis is in dit verband, dat de nieuwere technologieën voor uraanverrijking al op kleine schaal zijn te bedrijven en daardoor gemakkelijk binnen het bereik van kleine landen komen. Een proeffabriek als die in Almelo wordt al van potentieel militaire betekenis. En als de verwachte productie met de laser, beschreven in het Israëliësch patent (zie hoofdstuk II) juist blijkt, wordt het mogelijk op semi-laboratoriumschaal hoeveelheden hoog verrijkt uranium van militaire betekenis te produceren. Te verwachten is op basis van de conclusie van hoofdstuk II, dat hierdoor in de toekomst één van de belangrijkste drempels voor de waterstofbom in vele kleine en middelgrote landen door de ontwikkelingen van de uraanverrijkingstechnieken zal wegvallen. Uit het oogpunt van internationale veiligheid is dan ook een grote mate van terughoudendheid wenselijk met betrekking tot de verspreiding van de gehele civiele nucleaire technologie en in het bijzonder met betrekking tot de verspreiding van uraanverrijkingstechnieken. Dat kan slechts als ook de landen, die reeds hierover beschikken een grote terughoudendheid betrachten met betrekking tot hun eigen ontwikkeling in dezen⁴⁾.

2.2. Uraanverrijking en het non-proliferatieverdrag.

Om de verspreiding van kernwapens naar meerdere landen te voorkomen is in 1970 in het kader van de Verenigde Naties het zgn. non-proliferatieverdrag tot stand gekomen. In het verdrag beloven kernwapenstaten (gedefinieerd als landen die voor 1 januari 1967 een kernwapen hebben laten exploderen) niet-kernwapenstaten op geen enkele wijze direct of indirect te helpen bij het krijgen van de bom. Niet-kernwapenstaten beloven geen kernwapens te zullen maken of zich kernwapens op een andere manier te zullen verschaffen. Dit zal worden gecontroleerd door een VN-orgaan, het International Atomic Energy Agency IAEA in Wenen, in essentie door een contro-

le op de boekhouding van het splijtbaar materiaal, aangevuld met maatregelen van verzegelde bewaring en toezicht. Deze "Safeguards" zijn bedoeld om te kunnen vaststellen wanneer in niet-kernwapenlanden splijtbaar materiaal onttrokken wordt aan het civiele gebruik. Verboden is alleen om er kernwapens van te maken; het onttrekken van verrijkt uranium aan het safeguards-systeem voor andere militaire activiteiten, zoals het gebruik in reactoren van onderzeeboten, is niet verboden en wordt niet gecontroleerd.

Het safeguardssysteem kan slechts achteraf vaststellen dat er splijtbaar materiaal is verdwenen. Het is slechts een detectiesysteem en niet een systeem dat werkelijk kan voorkomen dat splijtbaar materiaal aan de civiele sector wordt onttrokken. Het verdrag discrimineert tussen kernwapenstaten en niet-kernwapenstaten, doordat in kernwapenstaten de IAEA-controle niet hoeft plaats te vinden. De niet-kernwapenlanden accepteren dus verplichtingen, die niet voor de kernwapenstaten gelden.

De filosofie ervan is verder om te differentiëren tussen de civiele en de militaire toepassing van de kernenergie. Om de discriminatie zo klein mogelijk te laten en toetreding tot het verdrag te bevorderen, wil het daarom de vreedzame toepassing door internationale samenwerking zo veel mogelijk stimuleren (art. IV). Het verdrag krijgt daarmee onvermijdelijk iets ambivalentes. De bevordering van de verspreiding van de civiele nucleaire technologie betekent immers tegelijkertijd dat de drempel voor het maken van kernwapens in vele landen lager wordt, waardoor reeds zwakke politieke motieven voor niet-kernwapenstaten de doorslag kunnen geven om toch kernwapens te gaan maken. In dit opzicht is het gedrag van de kernwapenstaten dan ook van doorslaggevende betekenis. In artikel VI verplichten zij zich tot onderhandelingen om zo snel mogelijk te komen tot een beëindiging van de kernwapenwedloop en nucleaire ontwapening. Tot nu toe heeft dat geen resultaten van werkelijke betekenis opgeleverd.

De stand van zaken met betrekking tot het verdrag is niet rooskleurig. Slechts 3 van de 5 kernwapenstaten zijn tot het verdrag toegetreden. Frankrijk en China vinden het verdrag te discriminerend (zie ook hoofdstuk V). Op 1 juni 1974

hadden slechts 95 niet-kernwapenstaten het non-proliferatieverdrag getekend. Daarvan zijn 79 landen partij bij het verdrag, d.w.z. dat het verdrag geratificeerd is en het ratificatieprotocol is gedeponereerd. Pas dan is het verdrag voor een land bindend. Van die 79 hebben 23 significante nucleaire activiteiten. Voor 32 landen zijn de safeguards-overeenkomsten van het verdrag met de IAEA in werking getreden.

Een groot aantal landen, die geacht moeten worden in staat te zijn zonder al te veel moeite kernwapens te maken, nemen niet aan het verdrag deel. Daaronder zijn Argentinië, Brazilië, Egypte, Japan, Pakistan, Zuid-Afrika, Israël en India. Israël is naar eigen zeggen binnen korte tijd in staat splijtingswapens te maken en bevindt zich in ernstige veiligheidsproblemen. India heeft in 1974 blijk gegeven kernexplosies te kunnen maken.

Naast veiligheidsoverwegingen zijn in verschillende landen (o.a. West-Duitsland, Zuid-Afrika, Japan) ook van de zijde van de industrie bezwaren naar voren gebracht m.b.t. het verdrag. Het betreft de verplichting van safeguards en controle van de zijde van de IAEA, die niet voor de kernwapenlanden geldt. Ze vrezen dat daardoor hun concurrentiepositie verslechtert en ze zijn bang voor industriële spionage.

Het non-proliferatieverdrag verbiedt niet de export van technologische kennis naar landen, die geen partij bij het verdrag zijn. Voor wat betreft de export van instrumentarium (b.v. verrijkingfabrieken) geldt dat er safeguards voor het verwerkte splijtbaar materiaal moeten komen. Dit punt is voor de uraniumverrijking van specifiek belang. Zoals reeds in hoofdstuk III besproken, is er een ontwikkeling gaande, waarbij de geïndustrialiseerde landen, die wel over verrijkingstechnologieën beschikken maar niet over uranium, deze technologie gaan exporteren naar landen met grote hoeveelheden uranium en geen verrijkingstechnologie. Bij deze transacties proberen ze dan tevens hun eigen behoefte aan uranium zeker te stellen.

Door een aantal (8) landen, die nucleaire technologie exporteren, is in 1974 per briefwisseling met de IAEA in het kader van art. III.2 een lijst van apparatuur afgesproken, waarvoor geldt dat bij export van deze apparatuur het met de apparatuur

te produceren, bewerken of te gebruiken splijtbaar materiaal onder de safeguards van de IAEA moet komen. Bij deze apparatuur komt ook instrumentarium dat speciaal is ontworpen of gemaakt voor de scheiding van uraniumisotopen of daarvan de belangrijkste onderdelen⁵⁾. De Nederlandse regering doet aan deze regeling mee.

Mei 1975 heeft in Geneve een conferentie plaats gevonden ter evaluatie van de werking van het verdrag. Daarbij is nog eens gebleken dat het er voor een effectief functioneren van het verdrag somber uitziet. De eerste zgn. vreedzame nucleaire explosie van India, de snelle verspreiding van grote energie-reactoren naar het Midden-Oosten en het gebrek aan vorderingen bij de besprekingen over strategische kernwapens tussen de VS en de USSR, de zgn. SALT-besprekingen, brengt velen tot de conclusie dat het verdrag de verspreiding van kernwapens niet zal weten te voorkomen⁶⁾.

2.3. Het Verdrag van Almelo en Europese kernwapens.

Het verdrag van de tripartite samenwerking van Engeland, West-Duitsland en Nederland, waarmee het gezamenlijke ultracentrifugeproject is geregeld (Verdrag van Almelo), is aangegaan voor 10 jaar. Voor wat betreft de mogelijkheden van militaire toepassing is een formulering gekozen, die grotendeels letterlijk overeenstemt met het op dat ogenblik nog door geen der partijen geratificeerde non-proliferatieverdrag (art. VI). Ook zal in het kader van dit verdrag geen hoog verrijkt uraan voor kernwapens worden geproduceerd. De controle op de naleving van dit artikel is opgedragen aan EURATOM en zal bij inwerkingtreding van de overeenkomst in het kader van het non-proliferatieverdrag worden geverifieerd door de IAEA. In het verdrag is verder afgesproken dat de export van technologische kennis de instemming van alle partijen moet hebben.

Bij de discussies over het Verdrag van Almelo zijn terecht vele woorden gewijd aan het probleem van de proliferatie. Van regeringszijde is daarbij betoogd dat ze dit als een uitermate belangrijk probleem ziet. Vanuit dat standpunt is het enigszins verbazingwekkend dat in 1960, als er in geen enkel opzicht nog sprake is van een aanzet om te komen tot een wereldwijd verdrag tegen verspreiding van kernwapens, besloten wordt in een

nationaal kader over te gaan tot de ontwikkeling van een technologie, die in verschillende opzichten een sleutelpositie inneemt met betrekking tot de ontwikkeling van kernwapens. Het starten van ontwikkelingswerk m.b.t. de ultracentrifuge betekent in die tijd vanuit andere landen gezien, dat Nederland inspanningen pleegt, die zouden kunnen leiden tot een optie op kernwapens. Deze militaire betekenis moet de Nederlandse regering op dat ogenblik duidelijk zijn: het voldoen aan het Amerikaanse verzoek tot geheimhouding bewijst dat. De conclusie ligt voor de hand, dat overwegingen van industriepolitiek en niet overwegingen van vrede en veiligheid, indertijd toch wel de doorslag hebben gegeven.

Diezelfde vermenging van motieven speelt onvermijdelijk ook weer bij het Verdrag van Almelo. De belangrijkste problemen van militair-politieke aard zijn de mogelijkheid van een Westduits kernwapen en de versterking van ontwikkelingen in de richting van een Westeuropese kernmacht. Door het instellen van een tripartite commissie van de landen, waar iedere partij een veto-recht heeft, denkt de Nederlandse regering greep te kunnen houden op de ontwikkeling. Maar de vraag dient gesteld te worden wat dit nu feitelijk inhoudt.

In dit verband is belangrijk dat het verdrag na 10 jaar, dus in 1980, door ieder der partijen kan worden opgezegd. In hoofdstuk VI zal uitvoeriger worden uiteengezet dat de feitelijke ontwikkeling gaat in de richting van twee aparte ondernemingen, een Engelse tak en een Westduits-Nederlandse tak. Het lijkt dan ook niet uitgesloten dat er sprake is van een langzame uitholling van de mogelijkheden gebruik te maken van het veto-recht.

De Westduitse positie met betrekking tot kernwapens is bovendien nog steeds niet geheel en al duidelijk. Weliswaar heeft de Bondsrepubliek na een uitvoerige discussie het non-proliferatieverdrag geratificeerd, maar daarbij is een voorbehoud gemaakt. Het non-proliferatieverdrag geeft (art. X) partijen bij het verdrag het recht het verdrag op te zeggen, als ter beoordeling van dat land zelf, bepaalde gebeurtenissen samenhangend met het verdragsontwerp haar "supreme interests" in gevaar brengen. Bij de toetreding heeft de Bondsrepubliek verklaard dat het uiteenvallen van de NAVO door haar als een

dergelijke gebeurtenis zou kunnen worden beschouwd. Van officiële Amerikaanse zijde is gesteld dat zij het met zo'n interpretatie eens zou kunnen zijn⁷⁾. Deze reserves zijn door de Bondsrepubliek gemaakt mede op grond van het feit dat bepaalde groeperingen de toetreding tot het verdrag niet wenselijk achtten.

Bij de toelating van de Bondsrepubliek tot de NAVO in 1954 heeft de Westduitse regering verklaard, niet op eigen grondgebied kernwapens te zullen maken. We komen hier in hoofdstuk V op terug. Dit is ongetwijfeld mede een reden geweest de Westduitse proeffabriek in Almelo te gaan bouwen. Onduidelijk is of de Bondsrepubliek op basis van haar belofte in 1954 op eigen grondgebied uranium mag verrijken tot meer dan 2.1%. Daarboven wordt n.l. volgens deze verklaring het uranium beschouwd als "nuclear fuel", een begrip gebruikt voor de definitie van wat een "atomic weapon" is. Uit de Nederlandse kamerdiscussie over het Verdrag van Almelo blijkt, dat onze regering van mening is dat volgens de Westduitse verklaringen uit 1954 op het grondgebied van de Bondsrepubliek wel verder verrijkt mag worden⁸⁾. Andere interpretaties zijn echter ook mogelijk.

Een eigen uraanverrijkingsfabriek impliceert een completering van de Westduitse optie op kernwapens, in het bijzonder de waterstofbom. Het Verdrag van Almelo biedt geen garanties tegen dergelijke ontwikkelingen na 1980. Het kan dan ook verdere ontwikkelingen in de richting van een Westduits kernwapen of, wat waarschijnlijker is, een substantiële Westduitse participatie in een Westeuropese kernmacht, niet voorkomen.

2.4. Landen met plannen voor eigen uraanverrijking en hun houding m.b.t. het non-proliferatieverdrag.

We zullen in deze paragraaf de houding van de in hoofdstuk III genoemde niet-kernwapenlanden met plannen voor uraanverrijking t.o.v. het non-proliferatieverdrag bespreken. Het betreft Australië, Brazilië, Canada, India, Israël, Japan, Zaïre, Zuid-Afrika en de landen van Eurodif (Spanje, Italië, België) en URENCO (Nederland, West-Duitsland). Partij bij het verdrag waren op 15 januari 1975 Australië, Canada, Zaïre. De EURATOM-landen, uitgezonderd Frankrijk, zijn in mei 1975 toegetreden.

Getekend, maar nog niet geratificeerd heeft Japan. Niet getekend hebben Brazilië, India, Israël, Zuid-Afrika en Spanje.

2.4.1. De EEG-landen.

Voor de EEG-landen, die gezamenlijk in EURATOM een eigen controlesysteem voor splijtbaar materiaal hebben, zijn de onderhandelingen met de IAEA over een verificatie van de controle positief geëindigd. In West-Duitsland, Nederland, België en Italië is de parlementaire ratificatieprocedure beëindigd en heeft de laatste formele stap van toetreding in mei 1975 plaatsgevonden. Van West-Duitsland is in de vorige paragraaf reeds vermeld, welke reserves gemaakt zijn. Ook Italië heeft expliciet de mogelijkheid van een west-europese kernmacht opengelaten.

2.4.2. Japan.

Japan heeft belangrijke activiteiten in de gehele sector van de civiele nucleaire technologie en bevindt zich in een regio met sterke politieke veranderingen. De weerstand in de publieke opinie tegen kernwapens, die in Japan begrijpelijkerwijs zeer sterk is geweest, neemt enigszins af. Het hebben van een eigen uraanverrijking capaciteit zou voor een Japanse optie op kernwapens belangrijk zijn. Japan heeft een hoog ontwikkelde technologie op raketgebied en een kernmacht bestaande uit een aantal onderzeeboten met raketten zou Japan een onkwetsbare vergeldingsmacht kunnen opleveren.

De Japanse industrie is ook enigszins terughoudend met betrekking tot controlemaatregelen, vanwege het mogelijke gevaar van industriële spionage en de verslechtering van haar concurrentiepositie. De laatste tijd zijn er echter aanwijzingen dat Japan tot ratificatie van het verdrag zal overgaan, vooral om niet de aansluiting bij andere ontwikkelingen te missen.

2.4.3. Brazilië.

Brazilië is geen lid van het non-proliferatieverdrag, wel partij bij het verdrag van Tlatelolco, waarbij een (militaire) denuclearisering van Zuid-Amerika wordt afgesproken.

Bij toetreding heeft Brazilië echter een voorbehoud gemaakt. Ze beschouwt dit verdrag pas als bindend als alle bij het verdrag betrokken landen het geratificeerd hebben en alle bijgevoegde protocollen zijn geratificeerd. O.a. Argentinië heeft het verdrag niet geratificeerd, zodat Brazilië zich nog steeds niet heeft gebonden. Brazilië vindt het non-proliferatieverdrag discriminerend, omdat eenzijdig door de niet-kernwapenlanden van nucleaire wapens moet worden afgezien. Er zijn stemmen opgegaan in Brazilië voor het openhouden van de nucleaire optie in de toekomst. Zeer recent is door de Braziliaanse regering bevestigd dat ze van plan is zgn. vreedzame nucleaire explosies teweeg te brengen⁹⁾. Deze zijn niet verschillend van kernwapenexplosies.

Brazilië heeft recentelijk grote aankopen voor reactoren gedaan in West-Duitsland. Deze ontwikkeling en de gerapporteerde plannen voor het bouwen van een jet-nozzle verrijkingcapaciteit maakt het land tot een potentiële kernwapenstaat in de toekomst.

2.4.4. India.

India is vaak spreekbuis geweest voor de ontwikkelingslanden, die in het non-proliferatieverdrag een poging van de VS en de USSR zien om hun dominerende positie in de wereld te consolideren. Door de ondergrondse zgn. vreedzame nucleaire explosie van 1974 heeft India blijk gegeven zelf een kernexplosief te kunnen maken. Algemeen wordt deze proefexplosie beschouwd als een aanwijzing dat India zelf kernwapens wil gaan maken. Ook de structuur van de ontwikkelingen in nucleaire technologie en rakettechniek versterken de optie op een India's kernwapen. Dat zou het karakter kunnen hebben van een soort "force de frappe", zoals soms het Franse kernwapen wordt betiteld. Uit de reacties op de proefexplosie van 1974 in India mag worden geconcludeerd, dat zowel in de publieke opinie als in overheidskringen het hebben van een nationaal kernwapen positief wordt geëvalueerd. De plannen voor een eigen uraanverrijkinginstallatie zouden voor India een belangrijke stap naar de waterstofbom kunnen betekenen.

2.4.5. Israël.

Israël heeft ernstige veiligheidsproblemen. Algemeen wordt aangenomen dat het in staat is met het plutonium van de reactor in Dimona binnen zeer korte tijd splijtingsbommen te maken of dat het deze al klaar heeft. De Israëlische president heeft verklaard dat Israëlische wetenschapsmensen zeker in staat zijn kernwapens te maken. Het uraanverrijkingsonderzoek m.b.v. de lasermethode vindt in militaire laboratoria plaats. De methode is zeer geschikt voor de productie van hoog verrijkt uranium voor wapens, vooral door de zeer sterke verrijking, die per trap kan worden verkregen. Het maakt de methode, gegeven de geschatte productiecapaciteit van 7 gram per 24 uur, uiterst geschikt voor wapenproductie.

Israël zal niet tot het non-proliferatieverdrag toetreden zolang ook Egypte, dat wel getekend heeft, het verdrag niet ratificeert. Hoewel de betekenis van een Israëlisch kernwapen voor de nationale veiligheid zeer verschillend wordt beoordeeld, wordt algemeen rekening gehouden met het feit van een Israëlisch kernwapen.

2.4.6. Zuid-Afrika.

Zuid-Afrika zegt de doelstellingen van het non-proliferatieverdrag te onderschrijven, maar niet toe te treden vanwege de mogelijkheid van industriële spionage en extra kosten voor de industrie vanwege het safeguardssysteem. Het is duidelijk dat de geheime methode van uraanverrijking hierbij een rol speelt. Zuidelijk Afrika is potentieel een zeer ernstig conflict gebied, maar het is niet duidelijk hoe kernwapens daarbij een belangrijke rol zouden kunnen spelen. Het laat zich denken, dat, indien bij een toekomstig conflict in Zuid-Afrika de nabuurlanden grootscheepse faciliteiten voor guerrilla-activiteiten beschikbaar stellen, het dreigen met kernwapens tegen deze landen op de plaatsen waar de bases zijn, als drukmiddel zou kunnen worden gebruikt.

2.4.7. Spanje.

Spanje heeft een ambitieus nucleair programma. Er zijn reeds 3 energiereactoren in bedrijf en hun aantal zou voor 1980 tot

ll moeten worden opgevoerd. Spanje heeft zelf voorraden uranium. Het land is om veiligheidsredenen niet tot het non-proliferatieverdrag toegetreden. Het land bevindt zich geografisch (ingang Middellandse Zee) in een strategisch belangrijke positie. Bij de discussie over het non-proliferatieverdrag heeft Spanje gezegd, dat het de garantie van de kernwapenstaten m.b.t. de veiligheid van de niet-kernwapenstaten onvoldoende vindt. Momenteel behoort Spanje niet tot de NAVO, maar het heeft wel Amerikaanse kernwapens op zijn grondgebied. Spanje heeft ook grote twijfel m.b.t. de effectiviteit van het verdrag. Wat Spanje in de toekomst zal gaan doen zal erg bepaald worden door de politieke ontwikkelingen in het Middellandse Zeegebied.

3. Problemen van de kernenergie.

Uraanverrijking is één van de vele stappen in de nucleaire splijtstofcyclus die doorlopen moet worden om elektriciteit op te wekken met behulp van kernenergie. Deze splijtstofcyclus bestaat uit de volgende stappen: in de uranium mijnen wordt het uraanerts gewonnen waarna het uranium hieruit wordt gewonnen. Dit uranium wordt omgezet in uraniumfluoride, de vorm waarin het vervolgens in de verrijkingsfabrieken verrijkt wordt tot gewoonlijk 3% ^{235}U . Bij dit proces blijft verarmd uranium over, dat opgeslagen wordt terwijl het verrijkt uranium naar de splijtstoffabriek gaat al waar de splijtstofstaven gefabriceerd worden. Deze worden naar de kernenergiecentrales vervoerd en leveren gedurende een paar jaar de energie voor elektriciteitsopwekking. Bij dit splijttingsproces wordt een grote hoeveelheid radioactieve splijttingsproducten, actiniden en activeringsproducten geproduceerd. Na verwisseling (bij lichtwaterreactoren ongeveer elk jaar één derde van de aanwezige splijtstofstaven) worden de hoog radioactieve staven gedurende een afkoelingsperiode van 3 tot 12 maanden bij de kerncentrale onder koeling opgeslagen en daarna vervoerd naar de opwerkingsfabriek. Hier wordt het grootste deel (99,5%) van het overgebleven uranium en geproduceerde plutonium uit dit radioactieve afval gehaald en daarna tijdelijk opgeslagen om vervolgens weer in kernenergiecentrales gebruikt te worden. Het radioactieve afval moet vervolgens voor vele honderdduizenden jaren opgeslagen worden.

In al deze stappen kunnen radioactieve stoffen in het milieu verspreid worden. Bij verschillende processen geschiedt dit ook bewust door middel van beheerste lozing van deze stoffen in de atmosfeer of in het (koel-)water. Behalve deze bewuste lozingen kunnen echter ook grote hoeveelheden radioactiviteit in het milieu verspreid worden door ongelukken met b.v. kerncentrales, opwerkingsfabrieken en opslagplaatsen van radioactief afval. Deze ongelukken kunnen ongewild plaats vinden maar ook moedwillig veroorzaakt worden door sabotage of in geval van oorlog.

Het toepassen van kernenergie voor civiele doeleinden heeft verder tot gevolg dat allerlei staten over de mogelijkheid gaan beschikken kernwapens te maken. Het gemakkelijkst kan dit door daarvoor het plutonium te gebruiken dat in grote hoeveelheden in kernreactoren geproduceerd wordt. Naast nationale staten zouden echter ook politieke of misdadige organisaties via diefstal van plutonium de beschikking kunnen krijgen over kernwapens. Niet alleen echter met behulp van plutonium kunnen kernwapens geproduceerd worden, maar ook met hoog verrijkt uranium, zodat landen die over verrijkingsinstallaties beschikken ook op deze wijze toegang tot kernwapens kunnen krijgen waaronder zelfs thermo-nucleaire. Het gebruik van deze wapens zal tot een aanzienlijke radioactieve besmetting van het milieu leiden. Het is de mogelijke radioactieve besmetting van het milieu hoe dan ook veroorzaakt, die toepassing van kernenergie op grote schaal problematisch maakt. Uraniumverrijking is een wezenlijk onderdeel van het gebruik van kernenergie en daarmee op indirecte wijze een belangrijke oorzaak van het radioactieve milieu probleem. In het hierna volgende wordt dit milieuprobleem verder gekarakteriseerd. Een volgende paragraaf beschrijft een aantal specifieke milieu eigenschappen van verrijkingsinstallaties. In de eerste plaats vorm toepassing van kernenergie op grote schaal een macrorisico. Hiermee wordt bedoeld dat de risico's van de radioactieve besmetting een risico is dat op wereldschaal speelt en het voortbestaan van de gehele mensheid (op lange termijn) in het geding brengt¹⁰⁾. In de tweede plaats vormt de kernenergie een mesorisico doordat wanneer ongelukken plaats vinden, grote landstreken besmet kunnen worden en grote

bevolkingsgroepen getroffen worden. (In dichtbevolkte gebieden, in de orde van grootte van 100.000 slachtoffers). Het grote aantal slachtoffers en de onbewoonbaarheid voor lange tijd van een groot gebied t.g.v. radioactieve besmetting zou in de Nederlandse situatie een aanzienlijke ontwrichting van de samenleving betekenen. In de derde plaats geeft kernenergie een microrisico, d.w.z. de groep van werkers in de nucleaire industrie kunnen schade aan hun gezondheid oplopen door een hogere stralingsbelasting. Op het eerste risico wordt hier nader ingegaan, voor de andere wordt verwezen naar het augustusnummer 1974 van Wetenschap en Samenleving¹¹⁾.

Aan het probleem van de radioactieve vervuiling van het milieu kunnen twee facetten onderscheiden worden. a) Wat zijn en hoe groot is de omvang van de gevolgen van deze radioactieve belasting voor de gezondheid van mens, dier en plant? b) Hoe groot zal de radioactieve belasting van de biosfeer worden bij groot-scheepse toepassing van kernenergie?

a) Radioactieve straling is bij hoge doses in korte tijd, dodelijk. Voor doses hoger dan 650 rem is de sterfte praktisch 100%, bij 450 rem 50% en beneden 150 rem is het directe sterftepercentage praktisch nihil. Lage stralingsdoses (en ook hoge) kunnen effecten veroorzaken die vaak pas na vele jaren (5 tot 30) zichtbaar worden in de vorm van leukemie en tumoren. Dit zijn de zgn. laat-somatische effecten. Bovendien veroorzaken lage stralingsdoses erfelijke schade die overgedragen wordt aan latere en veel latere generaties. De kennis over het ontstaan van kanker en over de gevolgen van de genetische schade is zeer beperkt. Bovendien zijn de statistische gegevens over de dosis-effect relatie betrekkelijk gering met name wat betreft de genetische gevolgen van straling. Deze empirische gegevens zijn verder vooral afkomstig van experimenten met dieren en het is onzeker in hoeverre deze vertaald kunnen worden naar de gevolgen voor de mens. Er bestaat dan ook nog al enig verschil van mening over deze gevolgen en de schattingen hierover lopen sterk uiteen. T.a.v. de genetische schade is met name onduidelijk hoe omvangrijk de gevolgen zullen zijn wat betreft de vermindering van weerstand tegen ziekten. Eveneens onzeker is, in hoeverre er een toename van de vele ziekten zal optreden die een genetische component

hebben en wat de gevolgen op psychisch terrein zijn.

b) Hoe groot de stralingsbelasting van de biosfeer zal worden wordt bepaald door de hoeveelheid radioactiviteit die in het milieu terecht komt en door het gedrag van deze radioactieve isotopen in de biosfeer. De hoeveelheid radioactiviteit die in het milieu zich verspreidt wordt bepaald door routinelozingen (vooral bij kerncentrales en opwerkingsfabrieken) door het optreden van ongelukken (bij centrales, transport, opwerkingsfabrieken en opslagplaatsen van radioactief afval) en door het gebruik van kernwapens. Het is praktisch onmogelijk, gezien deze factoren, hier een reële voorspelling voor te maken. De tijden gedurende welke deze stoffen radioactief blijven wordt bepaald door de halveringstijd van de radioactieve isotopen. Deze varieert sterk van isotoop tot isotoop en loopt uiteen van fracties van een seconde tot miljoenen jaren. Met name de radioactieve isotopen met lange halveringstijd vormen een groot probleem omdat de productie van de radioactieve stoffen een onomkeerbaar proces is. Er zijn geen technieken bekend waarmee op industriële schaal de radioactiviteit, waar het hier om gaat, vernietigd kan worden. Door chemische en/of biochemische processen kunnen ze niet omgezet worden in onschadelijke stoffen.

Als de radioactieve stoffen in het milieu terecht komen zijn ze bovendien niet homogeen verdeeld over de gehele aarde maar kunnen grote lokale concentraties optreden die tot een grote stralingsbelasting in de biosfeer leiden.

Bovendien treden concentratiemechanismen op via voedselketens waardoor een hoge stralingsbelasting van levende organismen veroorzaakt kan worden. Ook deze verspreiding in de biosfeer is in feite een niet omkeerbaar proces.

Om een indruk te geven van hoeveelheid radioactiviteit die in het geding is, geven we 2 voorbeelden:

Indien in het begin van de volgende eeuw 2000 kerncentrales van 1000 MWe op de wereld opgesteld staan, betekent dit een jaarlijkse toename van Sr-90 (halveringstijd ongeveer 30 jaar) met 18 miljard curie. De totale hoeveelheid van alleen al Sr-90 in een evenwichtssituatie zou dan 400 miljard curie zijn, dat is ongeveer 300 maal groter dan de natuurlijke radioactiviteit van al het uranium aanwezig in zeewater¹²⁾.

Volgens de USAEC prognoses van 1974 zal de jaarlijkse productie van splijtbaar plutonium in 2000 ongeveer 700 ton per jaar bedragen terwijl de totale productie tot dat jaar ongeveer 5000 ton zal zijn. Een half procent hiervan blijft achter in het radioactief afval. Plutonium heeft een halveringstijd van 24000 jaar en blijft hierdoor zeker voor enkele honderdduizenden jaren biologisch gevaarlijk. Ongeveer 10 kg plutonium is reeds voldoende voor het produceren van een kernbom. Door de grote hoeveelheden plutonium die geproduceerd worden, wordt zo bovendien de mogelijkheid gecreëerd van een vergaande verspreiding van kernwapens. In fig. A5 en A6 van appendix A wordt de door de AEC geschatte plutonium productie gegeven.

De meeste van de kunstmatig geproduceerde radioactieve isotopen komen oorspronkelijk niet in de natuur voor. Het gedrag en de invloed hiervan in de biosfeer is op het ogenblik niet te overzien en maakt dan ook dat, vanwege de onomkeerbaarheid van de introductie van deze isotopen, er een sterke terughoudendheid zou moeten zijn met betrekking tot het invoeren van kernenergie op grote schaal. Ten aanzien van het voortbestaan van de mensheid mogen geen risico's genomen worden.

4. Gevaren en milieu effecten van een verrijkingsfabriek.

4.1. Inleiding.

Een uraniumverrijkingsfabriek is onderdeel van de nucleaire splijtstofcyclus. Enkele eenvoudige beschouwingen (b.v. over de radioactieve inhoud van de verschillende installaties) maken direct duidelijk dat een verrijkingsfabriek een van de minder gevaarlijke schakels in de brandstofketen is. De gevaren van een verrijkingsfabriek zijn ettelijke grootteorders lager dan die van b.v. een reactor of een splijtstofopwerkingsbedrijf¹³⁾. Daarmee is uiteraard niet gezegd dat een verrijkingsfabriek gevaarloos is. In dit hoofdstuk zullen we eerst een afschatting maken van de gevaren en vervolgens van de milieu effecten (m.n. thermische belasting) van de verschillende verrijkingsmethoden. De gevaren die een industriële installatie oplevert kunnen naar hun oorzaak in vier klassen worden onderverdeeld:

- A) Gevaren veroorzaakt door menselijke fouten en/of machinestoringen binnen het bedrijf (in ruime zin: inclusief vervoer).
- B) Gevaren veroorzaakt door menselijke fouten en/of machinestoringen buiten het bedrijf (b.v. het neerstorten van een vliegtuig op de installatie).
- C) Natuurrampen.
- D) Op destructie gerichte menselijke activiteiten (oorlog, terrorisme, politiek geweld).

De kansen op een ongeluk zijn buitengewoon moeilijk te schatten. Alleen voor die gebieden waarop veel ervaring bestaat (b.v. wegvervoer van gevaarlijke stoffen) zijn realistische schattingen te maken. Op andere gebieden zeggen schattingen over kansen vaak meer over degene die de schatting maakt, dan over de reële situatie. Daaronder vallen in ieder geval b.v. de gevaren uit klasse D. Verrijkingsfabrieken zijn goed bewaakte installaties. Een saboteur kan met minder moeite een zeker zo groot direct effect bereiken door, in plaats van bij een verrijkingsfabriek, een bom te plaatsen bij een van de vele chemische fabrieken, waar koolwaterstoffen onder hoge druk worden verwerkt. Anderzijds heeft een aanslag op een nucleaire installatie ongetwijfeld een groot psychologisch effect. Het is mogelijk dat op die grond een verrijkingsfabriek een "aan-trekkelijk" object is voor terreurgroepen. Realistische schattingen daarover zijn moeilijk te maken. Geconstateerd kan slechts worden dat de Almelose verrijkingsfabriek tenminste eenmaal is bedreigd, door een al of niet bestaande "werkgroep Industriële Guerilla"¹⁴).

Wij zullen ons hier niet bezighouden met het schatten van kansen, maar louter een schatting geven van de gevolgen wanneer er, door welke oorzaak dan ook, een ongeluk gebeurt. Die gevolgen zijn de radiologische (straling-) effecten en de chemotoxische effecten.

4.2. Radiologische effecten.

De relevante isotopen zijn ^{235}U en ^{238}U , beide alfa-stralers en daarnaast producenten van gamma-straling en bèta-straling door conversieëlectronen. De radioactieve vervalproducten in de beide uranium-reeksen zijn ook weer alfa, bèta, gamma-

stralers.

Alle straling veroorzaakt biologische effecten. Bij lage doses gaat het steeds om lange termijn-effecten: kankervorming en genetische schade. Wij zullen aannemen dat de belangrijkste vorm van besmetting verspreiding door de lucht is. Contaminatie van grondwater zal niet nader worden beschouwd.

Voor het berekenen van de stralingsbelasting is gebruik gemaakt van het volgende model (ICRP)¹⁵⁾.

Van het in de ingeademde lucht opgenomen materiaal wordt 25% direct weer uitgeademd, 50% wordt doorgeslikt en komt in het maag-darmkanaal terecht, 25% blijft in de longen. De oplosbare delen daarvan worden opgenomen in het lichaam. De onoplosbare delen blijven voor de helft in de longen (biologische halveringstijd 120 dagen) de andere helft komt binnen 24 uur in het maag-darmkanaal terecht. Voor uranium geldt dat 25% van het ingeademde materiaal verdeeld wordt over het gehele lichaam (biologische halveringstijd 100 dagen), 2.8% komt in de nieren (biologische halveringstijd 15 dagen), 8.3% in het bot (biologische halveringstijd 300 dagen). Gegeven de effectieve energieën van de betreffende isotopen in deze organen kan met een eenvoudig model de radiologische belasting worden uitgerekend, wanneer gedurende een bepaalde tijd lucht wordt ingeademd met een gegeven concentratie aan radioactief materiaal. In appendix B zijn de berekeningswijze en de relevante gegevens verantwoord. Wij vinden de volgende resultaten (tabel IV.1 en IV.2).

Tabel IV.1. Stralingsdosis t.g.v. inademing van lucht met 1 g natuurlijk uranium per m³, gedurende 1 uur.

orgaan	eerste week dosis	50 jaar dosis
totale lichaam	0.02 rem	0.4 rem
longen (onopl.)	0.67 rem	17.0 rem
nieren	0.43 rem	1.6 rem
bot	0.23 rem	14.5 rem

Tabel IV.2. Stralingsdosis t.g.v. inademing van lucht met 1 g 3% verrijkt uranium per m³, gedurende 1 uur.

orgaan	eerste week dosis	50 jaar dosis
totale lichaam	0.02 rem	0.45 rem
longen (onopl.)	0.75 rem	19.0 rem
nieren	0.49 rem	1.77 rem
bot	0.26 rem	16.0 rem

Bij inademing via lucht zijn nieren en bot voor uranium de kritische organen, wanneer het gaat om oplosbare verbindingen; de longen zijn kritische organen voor onoplosbare uraniumverbindingen.

Volgens internationale normen (ICRP-1959)¹⁵⁾ is voor niet in de nucleaire industrie werkzame individuen een maximaal gemiddelde stralingsbelasting van 0.01 rem/week voor geslachtsdelen en totale lichaam en 0.03 rem/week voor zacht weefsel (uitgezonderd huid en schildklier) toegestaan. Deze normen zijn sinds de zestiger jaren echter omstreden. Amerikaanse onderzoekers (m.n. Gofman en Tamplin) bij voorbeeld pleiten voor het verlagen van deze normen met zeker een factor 10. Dit is echter niet de plaats om deze dosis-effect controversen te evalueren.

De laatste tijd zijn er discussies gaande over een aanzienlijk grotere stralingsbelasting van de long dan op grond van de aannames zoals die in Appendix B zijn gebruikt, zou zijn te verwachten. Kleine deeltjes niet-oplosbaar radioactief materiaal (alfa-stralers) zouden een aanzienlijk grotere lokale belasting veroorzaken dan op grond van een uniforme (moleculaire) verdeling van het materiaal over de longen zou worden berekend. ("Hot-particle effect".) Voor het uranium zoals dat in verrijkingsfabrieken wordt verwerkt lijkt deze discussie niet relevant. Bij vrijkomen van het gebruikte UF₆ wordt door hydrolyse UF₂O₂ gevormd, wat een in water oplosbare stof is.

4.3. Chemotoxische effecten.

Uranium wordt in verrijkingsfabrieken verwerkt in de vorm van UF₆. Dit is een agressieve stof, die bij vrijkomen aan de lucht met de daarin bevatte waterdamp reageert, voornamelijk

volgens



Zowel UF_2O_2 , UF_6 als HF zijn buitengewoon giftig.

Voor UF_2O_2 en UF_6 zijn de maximaal toelaatbare concentraties volgens Amerikaanse normen (limietwaarden die nimmer mogen worden overschreden) 50 microgram van U/m^3 . Bij dierproeven is gebleken dat 20 mg UF_6 of UF_2O_2 per m^3 gedurende 1 maand geïnhaleerd voor de meeste diersoorten fataal was; 2.5 mg/ m^3 voor sommige soorten, terwijl 0.2 mg/ m^3 voor een enkel dier fataal bleek. 0.05 mg/ m^3 bleek geen histologische schade voor enig diersoort op te leveren¹⁶⁾.

Voor HF is de Amerikaanse limietwaarde 2 mg/ m^3 . Dergelijke normen zijn echter "grotendeels gebaseerd op bespiegelingen, of meningen, of een zeer beperkt aantal experimenten bij laboratoriumdieren. Zeer zelden zijn de normen gebaseerd op onderzoek bij mensen en gecorreleerd met goed milieu-onderzoek"¹⁷⁾. Het is dan ook niet verwonderlijk dat in de literatuur nogal verschillende waarden zijn te vinden. (zie Appendix B). Gewaarschuwd wordt dan ook tegen het letterlijk toepassen van dergelijke normen voor gebruik voor doeleinden waarvoor zij niet zijn bedoeld, zoals in wetten¹⁸⁾. We zien dan ook dat wanneer HF niveau in wettelijke regelingen worden vastgelegd, de maximale immissie-waarde voor korte perioden aanzienlijk lager komen te liggen, b.v. 0.0040 mg/ m^3 volgens richtlijnen van de Westduitse overheid¹⁹⁾. Van HF kan 26 mg/ m^3 gedurende enige minuten getolereerd worden, zij het met een schrijnende pijn aan ogen en neus²⁰⁾.

4.4. Gevolgen van een ongeluk.

Voor een ultracentrifugefabriek kunnen we de volgende categorieën plaatsen van ongelukken onderscheiden:

1. aanvoer van natuurlijk uranium als UF_6 (wegtransport in stalen vaten)
2. opslag van natuurlijk uranium als UF_6 (korte tijd)
3. opwarmen UF_6
4. centrifugeren
5. koelen UF_6
6. opslag UF_6 verrijkt (korte tijd)

7. opslag UF_6 verarmd (lange tijd, in stalen vaten)
8. vervoer UF_6 verrijkt (wegtransport in stalen vaten).

Ongelukken bij centrifuges geven slechts in zeer uitzonderlijke gevallen emissies naar de omgeving. Voor de plaatsen 3, 4 en 5 geldt bovendien dat in de verrijkingsfabriek vermoedelijk een wasinstallatie is opgenomen om te voorkomen dat, wanneer ongelukken zouden plaatsvinden, emissies naar de buitenlucht optreden.

De grootste gevaren liggen dan ook in het vervoer naar en van de verrijkingsfabriek. UF_6 voor de Almelose fabriek komt in Nederland aan over zee (uit Engeland of V.S.), mogelijk t.z.t. ook Frankrijk of België. Het verrijkte UF_6 gaat naar een splitsbofelementenfabriek, b.v. in West-Duitsland. Daarnaast vormt de opslag van verarmd UF_6 een probleem. Een 1000 ton swu/j. fabriek produceert 1300 ton verarmd (0.26%) uranium per jaar. Deze voorraad zal, bij Almelo, in de vorm van UF_6 op het fabrieksterrein worden opgeslagen.

Wanneer materiaal fijn verdeeld of gasvorming vrij komt in de lucht, wordt het in de richting van de wind verspreid. Daarbij treedt al vrij snel concentratievermindering op, sterk afhankelijk overigens van de windcondities. In tabel IV.3 zijn voor een aantal condities, de afstanden genoemd waarop de respectievelijke grenswaarden zullen worden overschreden. Daarbij is aangenomen dat de emissies gedurende 1 uur plaatsvinden, en dat individuen gedurende 1 uur verontreinigde lucht inademen. Opgemerkt moet worden dat voor m.n. de grotere afstanden geldt dat de getallen slechts grootteordes aangeven.

In de stalen vaten waarin het UF_6 zich bevindt heerst bij kamertemperatuur een onderdruk (ca. 8 cm kwikdruk). Bij breuken zal daardoor lucht instromen waarmee UF_6 reageert en waarna HF en UF_2O_2 kan uitstromen. Indien naast breuk ook brand uitbreekt (b.v. bij een verkeersongeval), neemt de druk in het vat aanzienlijk toe en kan UF_6 ook uitstromen en pas later met de waterdamp in de lucht reageren. Te verwachten valt dat alleen in dat geval zeer grote hoeveelheden UF_6 kunnen ontsnappen. Overigens, 100 kg UF_6 is slechts 1% van de hoeveelheid per transport.

Tabel IV.3.

		Afstand waarbij aangegeven waarden worden overschreden, in de richting van de wind, uitgedrukt in meters.				
Vrijkomen van:	weersconditie	ICRP, eerste week 0.03 rem nieren	UF ₂ O ₂ 2.5 mg/m ³	UF ₂ O ₂ 50 microg. van U/m ³	HF 26 mg/m ³	HF 0.004 mg/m ³ .
1 kg UF ₆	A	<10	30	200	<10	330
	D	<10	40	300	<10	550
	F	25	150	1500	20	3000
10 kg UF ₆	A	15	100	600	15	900
	D	15	100	1000	17	2500
	F	80	450	9000	80	18000
100 kg UF ₆	A	60	300	1500	60	2000
	D	50	400	5000	60	12000
	F	250	1900	60000	250	100000

Weerscondities: A: windsnelheid 1 m/sec.; sterke isolatie overdag (midzomer), onbewolkt.

D: windsnelheid 6 m/sec.; winterdag of 's nachts al of niet bewolkt.

F: windsnelheid 2 m/sec.; 's nachts, licht- of onbewolkt.

4.5. Milieu-effecten van de verrijningsfabriek.

Twee milieu-effecten zijn in eerste instantie van belang: de thermische belasting en de opslag van verarmd uranium.

Zoals gezegd zullen bij commerciële productie op grote schaal grote hoeveelheden verarmd uranium moeten worden opgeslagen, waarvoor nog geen bestemming is gevonden. (T.z.t. mogelijk verdere verarming m.b.v. lasers.) Dit gebeurt in de vorm van UF_6 in stalen vaten.

De thermische belasting van een gasdiffusiefabriek is gigantisch. Een 10000 ton swu/j. diffusiefabriek vraagt ca. 3000 MWe vermogen.

De elektrische installaties die een dergelijk vermogen moeten opwekken vragen een koelwaterstroom in de grootteorde van de gemiddelde waterafvoer van de IJssel.

De thermische belasting van een ultracentrifugefabriek is een factor 10 lager.

Een 1000 ton swu/j. ultracentrifugefabriek vraagt 30 MWe vermogen. De totale thermische belasting ligt voor een fabriek met deze omvang dus (bij fabriek en centrale) in de orde van 100 MWth.

Hoofdstuk IV. REFERENTIES.

1. Willrich, M., Taylor, Th.B., "Nuclear Theft: risks and safeguards", Ballinger Publishing Company, Cambridge, Mass., 1974. p. 21.
2. Willrich, M., Taylor, Th.B., op.cit. p. 18.
3. Hopkins, J.C., "Nuclear weapon technology", Nuclear Proliferation Problems, SIPRI, 1974, p. 115.
4. Deze conclusie wordt ook getrokken in het (ongepubliceerde) "Rapport naar aanleiding van de toetsingsconferentie als bedoeld in Art. VIII, lid 3, van het Non-proliferatieverdrag", van de Adviescommissie inzake vraagstukken van ontwapening en internationale veiligheid en vrede van het ministerie van Buitenlandse Zaken, april, 1975.
5. INFCIRC/209 van de IAEA, 3 sept. 1974.
6. Zie b.v. Th.A. Halsted, "The spread of nuclear weapons: Is the dam about to burst?", Bull. of Atomic Scientists, mei 1975., p. 8.
7. Zie b.v. "Nuclear Proliferation Problems", SIPRI, Almqvist and Wiksell, 1974, p. 102.
8. Zie Handelingen Tweede Kamer, Zitting 1970/71, p. 3098.
9. Tubantia, 3 juni 1975.
10. Groenewold, H.J., in "Problemen van de kernenergie", Wetenschap en Samenleving, aug. 1974, p. 4.
11. Zie referentie 10.
12. Lindop, P.J., Roblat, J., "Radiation Pollution of the Environment", Bull. of At. Sc., sept. 1971, p. 17.
13. Holdren, J.P., "Hazards of the Nuclear Fuel Cycle", Bull. of At. Sc., 70 (1974), 8, p. 14-23.
14. De betreffende brief bevindt zich in het archief van de Twentse Courant.
15. "ICRP, Report of Committee II on Permissible Dose for Internal Radiation", New York, London, 1959.
16. F.A. Patty (ed.), "Industrial Hygiene and Toxicology", 2nd ed., 1963, Vol. II, p. 1167.
17. Sax, N.I., "Dangerous Properties of Industrial Materials", 2nd. ed., 1963.
18. Idem.
19. Gemeinsames Ministerialblatt Z3191A, UB.. Wasserwirtschaft, Ab-

fallwirtschaft, Luftreinhaltung, Lärmbekämpfung, hrsg. von
Bundesministerium des Innern, Bonn, 4 sept. 1974, p. 432.

20. Patty, F.A., op.cit., p. 843.

V. DE GESCHIEDENIS VAN DE URAANVERRIJ KING.

Thus, unavoidably, the time will come, a few years from now, when the last top-secrecy stronghold, the technology of uranium enrichment, will yield in its turn. Then the last stage in the vulgarization of nuclear techniques will have been reached.

B. Goldschmidt, 1974¹⁾.

1. Inleiding.

De geschiedenis van de uraanverrijking is om vele redenen interessant. De uraanverrijking verschaft een goed voorbeeld van de problematiek van geavanceerde, grootschalige technologieën, waarvan de ontwikkelingskosten zo hoog zijn, dat nationale regeringen en bedrijfsleven gezamenlijk de projecten financieren en daarmee ook allerlei gemeenschappelijke belangen krijgen. De geschiedenis van de uraanverrijking laat iets zien van de betrekkelijkheid van de betekenis van geheimhouding van technologische procédés, wanneer er grote militaire of bedrijfsbelangen op het spel staan. Zij laat ook iets zien van het krachtenveld van internationale en industriële betrekkingen en de partiële rationaliteit daarin. Achtereenvolgens zal in dit hoofdstuk de geschiedenis tot ongeveer de helft van de vijftiger jaren, de periode waarin de relatie tussen de V.S. en de USSR de belangrijkste rol speelt, daarna de periode waarin vraagstukken van de verspreiding van kernwapens naar andere, m.n. Europese, landen centraal staat en tenslotte de opzienbarende samenwerking tussen Engeland, Nederland en West-Duitsland op het gebied van de ultracentrifuge en de recente ontwikkelingen daarvan, worden besproken. Daarmee is het stadium aangebroken dat uraanverrijking, naast de specifieke bomconstructie het laatste onderdeel van de kerntechnologie dat nog geheim is, niet meer uitsluitend in handen van kernwapenmogendheden is.

2. Het tijdperk van het monopolie van de VS en de USSR.

Meestal wordt de indruk gewekt alsof het Amerikaanse atoombomproject tijdens de oorlog een conflictloze geschiedenis is geweest tussen de geallieerden. Niets is echter minder waar. De groep Engelse onderzoekers, die aan het project

hebben meegedaan, zijn zorgvuldig buiten een aantal essentiële zaken gehouden en voor een aantal uitgeweken Franse natuurkundigen geldt dat nog sterker. De regering van de VS heeft verder ieder denkbare maatregel genomen om de derde geallieerde, de Sowjet-Unie, buiten het project te houden.

Deze restricties golden o.a. voor de uraanverrijking, uiteraard een crucieel onderdeel van het project. Terwijl de Engelsen al in het begin van de oorlog serieus aandacht hebben besteed aan de mogelijkheid van gasdiffusie, worden ze buitengesloten van de Amerikaanse ontwikkelingen. Zo krijgen britse medewerkers aan het project geen toestemming de gasdiffusiefabriek in Oak Ridge te bezoeken²⁾. Voorjaar 1943 denken de Engelsen er zelfs over maar weer opnieuw met een eigen project te beginnen.

Terwijl de strubbelingen op het uitvoerend niveau voortdurend blijven bestaan, wordt op topniveau tussen Roosevelt en Churchill in augustus 1943 weer tot volledige samenwerking besloten in de zgn. Quebec-overeenkomst. Afgesproken wordt (n.b.!) de te maken bom niet tegen elkaar te zullen gebruiken. Verder dat geen van beide landen de bom zonder toestemming van de ander tegen een derde partij zal gebruiken en dat slechts met gemeenschappelijke toestemming informatie aan derden zal worden gegeven. Vooral dit laatste is erg belangrijk en speelt nog steeds een rol. Op de achtergrond spelen ook al commerciële belangen voor latere industriële toepassingen. Churchill doet hier een belangrijke concessie. Afgesproken wordt dat belangrijke informatie voor commercieel en industrieel gebruik aan Engeland zal worden beperkt overeenkomstig een naar de beoordeling van de president van de VS eerlijke verhouding met betrekking tot de door beide landen in het project ingebrachte middelen³⁾. Hoe ondergeschikt de Amerikanen de Engelse bijdrage zien, blijkt b.v. uit het Smyth-rapport⁴⁾ van vlak na de oorlog, waarin het project wordt beschreven. Pas in de tweede druk is een Engelse en Canadese verklaring toegevoegd, die een bijdrage van die landen beschrijft. Het gaat met de samenwerking tussen Amerika en Engeland na de

oorlog dan ook direct mis. De in het geheim aangegane Quebec-overeenkomst wordt in de VS ernstig gekritiseerd en door sommige Amerikanen zelfs als strijdig met de grondwet gezien. In 1946 besluit de VS tot strikte geheimhouding voor nucleaire zaken (McMahon-wet).

Al voor de eerste proef met een atoombom, in juni 1945, wordt in het zgn. Frankreport gepleit voor controle en internationalisering van de nucleaire technologie. Wanneer die stap niet gezet wordt, zo wordt daarin voorspeld, zal binnen tien jaar een wapenwedloop ontstaan waar geen natie voordeel bij haalt. Na Hiroshima en in het jaar 1946 wordt er publiek veel gediscussieerd over het thema van internationalisering van de kerntechnologie. De Amerikaanse regering presenteert in de Verenigde Naties het zgn. Baruchplan, waarin wordt voorgesteld internationale controle en inspectie op het gebied van de atoomenergie aan een VN-orgaan toe te wijzen, dat ook het wereldmonopolie op de productie en het beheer van splijtbaar materiaal toegewezen zou krijgen. Wanneer dit zou zijn geregeld, zou de Amerikaanse productie van kernwapens worden stopgezet, en de bestaande voorraden vernietigd. Het plan blijkt voor de Sowjet-Unie niet aanvaardbaar. Het regelen van de controle voorafgaand aan de vernietiging van de Amerikaanse voorraden betekent het voorlopig continueren van het Amerikaanse monopolie op kernwapens. Daarnaast maken de Russen bezwaar tegen inspectie ter plaatse. De Sowjet-Unie komt met een tegenvoorstel (Gromyko-plan) waarin voorraden-vernietiging zou moeten plaatsvinden vóór de controle wordt geïnstitutionaliseerd. Dit plan is voordeliger voor de Sowjet-Unie, maar nu onaanvaardbaar voor de Verenigde Staten. In oktober 1948 komt de Sowjet-Unie nog eens met een voorstel waarin controle en vernietiging van bestaande voorraden gelijktijdig zou moeten plaatsvinden. Inmiddels zijn de relaties echter zodanig verslechterd dat van een dergelijke regeling geen sprake meer kan zijn. De besprekingen over internationalisatie van de kernenergie leiden alle schipbreuk. Bij de besprekingen die voorafgingen aan het Baruchplan, in een commissie waarin o.m. Dean Acheson en

Robert Oppenheimer zitting hadden, wordt zelfs door vermoedelijk de toenmalige voorzitter van de Amerikaanse AEC, Lilienthal, opgemerkt dat het misschien, om tot een houdbare regeling m.b.t. de kernwapens te komen, noodzakelijk is volledig af te zien van gebruik van kernenergie, ook civiel. Deze opmerking, die in het licht van de discussies 25-30 jaar later opmerkelijk is, speelt echter in de verdere besprekingen geen rol⁵⁾.

De Engelsen gaan na de oorlog zelf aan de slag op basis van de bij hun groep aanwezige kennis en bouwen een gasdiffusiefabriek voor de productie van hoog verrijkt uranium⁶⁾. Deze fabriek, in Capenhurst, krijgt een productiecapaciteit van 400 ton swu/j. en komt tussen 1955 en 1957 in productie, aanvankelijk louter voor militaire toepassingen.

Intussen zijn de Amerikaans-Engelse betrekkingen op het gebied van de nucleaire samenwerking weer wat beter geworden. In 1948 is een modus vivendus gevonden, waarbij de Engelsen met betrekking tot atoomgegevens weer een enigszins bevoorrechte positie krijgen. In de vijftiger jaren vinden een reeks declassificatie-conferenties plaats, waarbij langzamerhand weer meer gegevens vrij komen. Daarbij wordt onderscheid gemaakt naar graden van restricties die op de verschillende delen van de kennis over nucleaire technologie moeten rusten. Op deze wijze wordt Frankrijk dat ook kernwapenaspiraties heeft, van voor de productie van nucleaire wapens noodzakelijke kennis uitgesloten.

De strikte geheimhoudingspolitiek van de VS heeft een groot aantal motieven. Deels is ze erop gericht te voorkomen dat de Sowjet-Unie informatie krijgt. Dat speelt al tijdens de oorlog, als de VS en de SU nog geallieerden zijn. Een deel van de Amerikaanse achterdocht tegen de Engelsen komt voort uit het feit dat Engeland in december 1942 een overeenkomst met de Russen heeft gesloten voor een volledige uitwisseling over nieuwe wapens⁷⁾. Na de oorlog is dit een inzichtelijke verklaring voor het beleid van de VS, tot ongeveer 1953 als ook de USSR het geheim van de water-

stofbom kent. Daarna verliest dit argument voor b.v. de uraanverrijking veel van zijn betekenis.

Zoals o.a. blijkt uit Nieburg's analyse⁸⁾, vindt in de VS dan ook een wijziging van de geheimhoudingspolitiek plaats. De algemene geheimhouding wordt meer en meer vervangen door een selectieve geheimhouding voor gevoelige onderdelen van de nucleaire technologie. De uraanverrijking is daarvan een voorbeeld. Doel van de geheimhoudingspolitiek wordt nu het voorkomen van het verlies van de eigen monopoliepositie. Dat betreft zowel de militaire aspecten als de industriële. Via samenwerking op het gebied van de kernreactoren voor de energievoorziening in het kader van het "Atoms for Peace"programma wordt dit beleid van selectieve informatievervalsing met behulp van technologische ondersteuning en materiaalvoorziening gevoerd. De Verenigde Staten hoopten zo een greep op de ontwikkelingen te houden.

Ook de Sowjet-Unie gaat een soortgelijke politiek voeren voor zijn invloedssfeer. Daarbij is China de belangrijkste partij, maar ook tegenover een aantal Oost-europese socialistische landen wordt dit beleid gevoerd. Voor beide supermachten zijn er met betrekking tot hun respectievelijke invloedssfeer overeenkomstige situaties ontstaan.

Voor de VS zijn de ontwikkelingen in de intussen van de oorlog herstelde geïndustrialiseerde landen in West-Europa van primair belang. De verlichte regels voor geheimhouding met betrekking tot Engeland geven de VS via de Quebec-overeenkomst een greep op het beleid daar. Zo mag Engeland geen gegevens over uraanverrijking aan derden geven.

Internationaal bieden de supermachten tegen elkaar op en er kan zelfs gesproken worden van een prestigewedloop tussen de VS en de Sowjet-Unie op het gebied van de levering van kleine kernreactoren, vergelijkbaar met de ruimtevaartcampagne van de zestiger jaren. Terwijl de eerste energie-reactoren van enige omvang nog nauwelijks werken en de geschiktheid ervan als energiebron nog in het geheel niet doordacht is, om maar te zwijgen over de andere problemen

verbonden aan de kernenergie, worden er grootscheepse plannen gemaakt en gepropageerd voor de toepassing van kernenergie op grote schaal. Als in 1955 de eerste grote VN-conferentie in Geneve plaats vindt over de vreedzame toepassing van de kernenergie, hebben de VS al 22 bilaterale contracten afgesloten met verschillende westerse landen en heeft de Sowjet-Unie al met 7 socialistische landen overeenkomsten voor de ontwikkeling van de kernenergie gesloten. Het is een voorbeeld van hoe het primair met militaire motieven ontwikkeld onderzoek zijn invloed laat gelden in een veel groter gebied. Historisch gezien is een groot deel van het aanprijzen van de kernenergie uit de vijftiger en ook de zestiger jaren als nieuwe energiebron, niet gebaseerd geweest op een evaluatie van de mogelijkheden en problemen van deze technologie, maar vooral gestimuleerd door politiek prestige en machtsoverwegingen van de Koude Oorlog.

Daarmee worden industriële en technische posities ingebouwd, die op hun beurt factoren van betekenis worden voor de verdere civiele ontwikkelingen. Interessant is in dit verband een passage uit het advies R-34⁹⁾ van de Nederlandse Wetenschappelijke Raad voor de Kernenergie uit 1964 over de invloed van het militaire programma in de VS op de technologische ontwikkeling van de vreedzame toepassing van de kernenergie. De Raad schrijft aan de Minister op 22 oktober 1964:

"Hoewel de nu volgende gedachtengang niet is gepubliceerd en vermoedelijk ook nooit voor publicatie in aanmerking kan komen, ziet de Raad de navolgende samenhang. Voor het militaire programma moesten grote hoeveelheden uranium 235 worden geproduceerd. Hiervoor werden in Tennessee-Valley kostbare diffusie-installaties gebouwd. Deze installaties kunnen, nu voor het militaire programma geen behoefte aan de aanmaak van uranium 235 bestaat, niet worden gesloten omdat weder in gebruik stelling een zeer lange periode van wellicht twee jaren zou vorderen. De installaties moeten dus althans ten dele in bedrijf blijven en voor het geproduceerde uranium moest een markt worden gevonden. Nu

is uranium 235 een geschikte nucleaire energiestof voor licht-water-reactoren. Dat door de Amerikaanse industrie reactoren van dit type kunnen worden aangeboden, die op daarvoor geëigende plaatsen tegen concurrerende prijzen elektriciteit kunnen leveren is het directe gevolg van het uranium-overschot bij het militaire programma. Bij de berekening van de uranium-prijzen worden de ontwikkelingskosten van de diffusie-installaties, die ten laste zijn gebracht van het militaire programma, buiten beschouwing gelaten. Ook de prijs van de reactoren berust op een kunstmatige kostenberekening. Slechts langs deze kunstmatige weg is het volgens de gedachtengang van de Raad immers mogelijk op korte termijn een markt voor het uranium te scheppen."

Een zelfde teneur spreekt uit de opmerking van Guéron¹⁰⁾ met betrekking tot de keuze van de lichtwaterreactoren, die nu juist (ca. 3%) verrijkt uraan als brandstof nodig hebben en daarmee een substantieel deel van de markt voor verrijkt uranium vormen:

"The pressured or boiling light water reactors, which now dominate the field and will do so for the next 20-30 years at last, have not been chosen as a result of careful and balanced experimentation and comparison, up to the prototype stage of the various possible types (or rather of a thoughtful selection among these). They overcame their possible competitors in a confuse confrontation. Neither technical assessment nor overall economic evaluation - including that of social costs - played their desirable role in decisions of great and lasting consequences. These were reached in a not too rational way, when fears and ignorance played at least as great a part as clear sight and courage."

Overigens, de politiek van beheersing via selectieve corporatie faalt. China gaat na conflicten met de USSR zijn eigen gang en ook Frankrijk ontwikkelt zijn eigen nucleaire technologie. Als dat zo in het midden van de zestiger jaren gebeurd is, ontstaat op initiatief van de supermachten en

Engeland de gedachte van een algemeen verdrag tegen de verspreiding van kernwapens, het zgn. non-proliferatieverdrag. Vele betrokkenen zien het primair als een verdrag om te voorkomen dat West-Duitsland kernwapens gaat maken. Maar de strekking van het verdrag, dat in maart 1970 in werking treedt, is veel algemener. Frankrijk noch China doen echter mee, beiden beschouwen het verdrag als een nieuwe poging van de supermachten hun hegemonie te bevestigen. Ook een aantal andere belangrijke landen treden niet toe en de toekomst van het verdrag ziet er bij de eerste evaluatieconferentie in mei 1975 uitermate somber uit.

3. Uraanverrijking in Europa.

Door de hoge ontwikkelingskosten en de noodzakelijke grootschaligheid van het gasdiffusieproces, bij het achterwege blijven van verrijgingsprocessen die op kleinere schaal rendabel operationeel te maken zijn, blijft de uraanverrijking lange tijd een politiek gemakkelijk controleerbaar onderdeel van de totale nucleaire technologie.

In de vijftiger jaren wordt dat een belangrijk probleem in Europa. Frankrijk begint omstreeks 1952 met een ambitieus programma dat duidelijk militaire oogmerken heeft. (De formele politieke beslissingen vinden overigens veel later plaats.) De uraanverrijking is daarbij een belangrijke stap op weg naar de waterstofbom. In 1955, als de Engelse uraanverrijkingfabriek in Capenhurst wordt opgestart, vragen de Fransen de Engelsen eenzelfde soort fabriek in Frankrijk te bouwen. Dat wordt door de VS geblokkeerd o.a. op basis van de overeenkomst van Quebec, omdat uraanverrijking bij uitstek een proces is met mogelijk militaire toepassingen¹¹⁾.

Intussen vinden in West-Europa belangrijke politieke veranderingen plaats. De Koude Oorlog is op zijn hoogtepunt en de hereniging van Duitsland is een centraal probleem. Zowel in Oo - als in West-Europa bestaat bij nogal wat groepen angst voor de mogelijkheid dat West-Duitsland zelfstandig kernwapens zal krijgen. In 1949 is West-Duitsland

door de westelijke geallieerden verboden meer dan 500 g. plutonium per jaar te maken, een bepaling die in de vijftiger jaren weer wordt opgeheven. In 1954 besluit het Westen dat de Bondsrepubliek zich weer mag bewapenen en lid van de NAVO mag worden. Bij die gelegenheid verklaart de Bondsrepubliek in de zgn. protocollen van Parijs, dat ze geen ABC-wapens op eigen grondgebied zal maken¹²⁾.

Bij het ontstaan van de EEG van de zes wordt besloten tot de oprichting van een supranationaal orgaan op het gebied van de atoomenergie EURATOM dat het splijtbaar materiaal in eigendom krijgt en dat een internationaal controlesysteem bewaakt. Vele zien het als een middel om controle te houden op de ontwikkelingen in West-Duitsland. De franse nucleaire militaire ontwikkelingen blijven overigens buiten EURATOM. Eén van de belangrijkste taken van EURATOM wordt verder de bouw van een gezamenlijke uraanverrijkingsfabriek. Vooral de fransen zijn hiervoor, na hun ervaringen met de engelsen, zeer geporteerd. De benodigde investeringen aan wetenschappelijk-technisch potentieel en geld zijn zo groot dat het een erg grote inspanning voor een land alleen zou zijn.

Begin 1956 wordt een studiegroep opgericht, die later de naam "Research Association for the Construction of a European Plant" krijgt en waaraan behalve de Zes, ook Denemarken, Zweden en Zwitserland meedoen. Er wordt een uitvoerige discussie gevoerd over de te kiezen technologie. De Duitsers en Nederlanders zijn nogal voor de centrifuge-technologie (dan al!); de Duitsers brengen ook de jet-nozzle techniek in. De fransen willen gasdiffusie. De meningen zijn ernstig verdeeld en niet iedereen wil impliciet meebetalen aan de franse atoombom.

In 1957 gaat Frankrijk nieuwe initiatieven ontwikkelen om zijn uraanverrijkingsplan van de grond te krijgen. Met de Bondsrepubliek wordt een overeenkomst gesloten voor samenwerking bij de ontwikkeling en de productie van "moderne wapens". Het zal o.a. gaan om Duitse financiële en technische hulp voor een gezamenlijke nucleaire ontwikkeling op

frans grondgebied¹³⁾. De fransen betrekken ook de itali-
anen bij de ontwikkeling, die zou moeten gaan over alle
sectoren van wapenproductie, inclusief de kernwapens¹⁴⁾.
Frankrijks nieuwe premier Gaillard verklaart begin 1958¹⁵⁾:

"The three countries are ready to prove their efforts
to a certain extent on research and manufacture of
arms so that they can benefit from a position of
equality in NATO.... Germany can contribute scientific
corporation or certain manufacture not in themselves
nuclear, but which enter into the construction of
atomic missiles".

D.U. Stikker, oud secretaris-generaal van de NAVO, citeert
in een recent artikel¹⁶⁾ de toenmalige italiaanse ambassa-
deur in Parijs, die in 1971 heeft geschreven: Een verdrag
werd getekend in de herfst van 1957 tussen de ministers van
defensie van Frankrijk (Chaban Delmas), Italië (Turriani)
en Duitsland (Strauss) voor de gezamenlijke productie van
de atoombom. Volgens Stikker heeft Strauss later nog aange-
drongen op het nakomen van het verdrag. Het verdrag is ove-
rigens strikt geheim, zoals ook blijkt uit de antwoorden van
Van der Stoel op recente kamervragen. Maar dat de uraanver-
rijking een centraal punt is geweest, leidt nauwelijks
twijfel.

Het geheel gaat echter niet door, vooral om politieke rede-
nen. De VS bieden West-Europa verrijkt uranium aan voor hun
toekomstige reactoren voor zeer lage prijs van \$ 26 waarte-
gen in West-Europa niet te concurreren valt. Daarbij spelen,
zoals gezegd, ook economische motieven een rol: de ameri-
kaanse voorraden verrijkt uranium zijn groot genoeg en de
verrijkingsfabrieken moeten om te blijven draaien nieuwe
afzetgebieden voor hun product vinden. Maar het is tevens
de gelegenheid voor de Amerikaanse uraanverrijkingsfabrie-
ken om zich een monopoliepositie op de nucleaire markt op
te bouwen, die moeilijk weer te veranderen is. Kort daarna
komt in Frankrijk De Gaulle aan de macht, die volstrekt
tegen een samenwerking met West-Duitsland is op militair

nucleair gebied. De fransen beginnen dan een nationale verrijkingsfabriek op gasdiffusiebasis in Pierrelatte van 300 ton swu/j, die hen uiteindelijk 4.5 miljard frank gaat kosten, na een eerdere begroting van 1.8 miljard¹⁷⁾. Het verrijkt uranium is primair voor militair gebruik, de laatste jaren voor een deel ook voor civiele doelen.

Het onderzoek op het gebied van de centrifugetechniek in West-Duitsland en Nederland begint na enige doorbraken omstreeks 1960 veelbelovend te worden. Opnieuw grijpt de VS in en vermoedelijk op amerikaans verzoek worden de projecten strikt geheim verklaard met belemmeringen voor de uitwisseling van gegevens tussen de landen¹⁸⁾. Vanaf die tijd begint ook de Amerikaanse AEC meer aandacht aan de centrifuge te besteden.

De industriële belangstelling voor de toepassing van kernenergie begint in de vijftiger jaren snel toe te nemen. Voor het begin van de zestiger jaren wordt een energietekort voorzien. De Suezcrisis van 1956 versterkt het besef van de afhankelijkheid in de energievoorziening van het Midden-Oosten. Het levert de nu bekende verschijnselen op: zo wordt in Engeland besloten tot een fors reactorprogramma, waarbij in 1975 40% van de elektriciteit met kernenergie zal moeten worden opgewekt. In de kernenergienota van 1957 voorziet de Nederlandse regering dat in 1975 35% van het opgesteld vermogen nucleair zal zijn en dat na 1975 nog slechts kernenergiecentrales zullen worden gebouwd. Het niet uitkomen van deze prognoses levert een interessant voorbeeld van de beperkte betekenis daarvan, door de effecten van wishful thinking, en specifieke groepsbelangen.

Wel blijft een wat rozig optimisme over de toekomst van de civiele nucleaire energie aanwezig. Omstreeks 1967 wordt in de VS verwacht dat de kernenergie zo ongeveer economisch competitief met de fossiele brandstoffen gaat worden voor grote centrales. Daarmee liggen er voor de industrie geweldige markten open. In Europa is in die tijd de "technological gap" in de mode: de Europese technologie kan het volgens velen niet bolwerken tegen de Amerikaanse vooral

voor wat de geavanceerde sectoren betreft. De Europese regeringen zijn allerminst ongevoelig voor deze argumenten en vaak bereid in een ontwikkelingsfase grote industriële projecten te steunen. Zij dragen dan een belangrijk deel van de research en ontwikkelingskosten; is het project eenmaal in de industriële fase, dan neemt het bedrijfsleven het project volledig over. De ontwikkeling van de ultracentrifuge in Nederland wordt door de Nederlandse regering op deze wijze bekeken. Het is een structuur, waarin in toenemende mate industriële belangen en gouvernementele belangen parallel gaan lopen.

Ook de Bondsrepubliek start in de zestiger jaren met een uitgebreid programma op het gebied van de nucleaire technologie. Het programma, grotendeels gestart vanuit Amerikaanse patenten, verloopt voorspoedig en omstreeks 1970 is de Bondsrepubliek een land met een niet onbelangrijke nucleaire technologie. In 1966 komt van Duitse en Italiaanse zijde opnieuw de gedachte naar voren van een gemeenschappelijke Europese fabriek voor uraanverrijking. Noch de Engelsen noch de Fransen willen dan echter hun gasdiffusietechnologie aan de Duitsers ter beschikking stellen. Wel wordt door de Engelsen voorgesteld dat de Duitsers een economisch en commercieel aandeel kunnen krijgen in een uitbreiding van de Engelse uraanverrijkingsfabriek in Capenhurst. Dat weigeren de Duitsers¹⁹⁾.

Kort daarna breekt de Europese eenheid compleet. Eind 1968 komt de aankondiging dat de Bondsrepubliek, Nederland en Engeland gaan samenwerken op het gebied van de ultracentrifuge, op basis van de in die landen afzonderlijk op dit gebied bereikte vooruitgang. Daarmee start tevens de eerste serieuze verrijkingsactiviteit, waarbij niet-kernwapenlanden betrokken zijn. Het wordt door verschillende groepen gezien als een nieuwe stap in het proces van de proliferatie van kernwapens.

De ontwikkeling leidt in 1970 tot het verdrag van Almelo, dat in 1971 in werking treedt. In de preambule wordt nog

de hoop uitgesproken dat het verdrag zal leiden tot de economische integratie van Europa en de bereidheid beleiden de samenwerking in te passen in het verband van een grotere Europese gemeenschap, en ook het Nederlandse Parlement spreekt zich duidelijk in die richting uit (zie hfdst. VI). Maar voorlopig is het vooral een groot intern conflict in West-Europa. Dat wordt niet opgelost: Frankrijk besluit in samenwerking met enkele andere landen, tot een grote nieuwe verrijkingsfabriek op basis van het gasdiffusieproces (Eurodif); de landen van de tripartite overeenkomst gaan hun eigen weg met plannen voor groot-scheepse industriële productie. Daarbij is het onduidelijk in hoeverre de tripartite samenwerking intussen bezig is in twee nogal onafhankelijke subgroepen uiteen te vallen: West-Duitsland en Nederland enerzijds en Engeland anderzijds (zie hfdst. VI). Op de conferentie van regeringsleiders in Kopenhagen 1973 tijdens de energiecrisis belooft men elkaar tenslotte nog eens te streven naar²⁰⁾ "une capacité européenne d'enrichissement de l'uranium recherchant un développement concentré et harmonieux des projets existants". Voorlopig blijven het slechts woorden. Of het ooit verder zal komen is, gelet op de marktsituatie, twijfelachtig.

4. De commercialisering van de uraanverrijking.

Als in de zestiger jaren duidelijk wordt dat er voor de industrie een enorm onontgonnen gebied van activiteiten ligt in de nucleaire technologie, beginnen in toenemende mate motieven van internationale vrede en veiligheid het af te leggen tegen de economische. Het is één van de onderliggende dilemma's van het non-proliferatieverdrag en het komt veelvuldig naar voren bij de onderhandelingen daarover. Recentelijk zijn er interessante voorbeelden van te geven bij de verkoop van reactoren naar landen in het Midden-Oosten en naar Brazilië.

In de VS neemt de AEC een centrale plaats in. De diffusiefabrieken in de VS worden voor de AEC bedreven door particuliere aannemers. De AEC besteedt eveneens veel geld op

het gebied van research en ontwikkeling van nieuwe scheidstechnieken. De AEC heeft sinds 1969 een zgn. toll-enrichment service, waarbij de klanten zelf het natuurlijk uranium leveren en betalen voor de geleverde scheidingsarbeid. Ze werkt daarbij met twee types contracten. Het eerste type contract heet "requirements contract" en levert verrijkinsarbeid overeenkomstig de behoefte aan verrijkt uraan bij de reactor. Het andere type heet "long term-fixed commitment contract" en levert op vastgestelde data in de toekomst afgesproken hoeveelheden. Deze contracten kunnen zowel definitief als voorwaardelijk worden afgesloten. Gegeven de vele onzekerheden bij de bouw van een reactor is dit tweede type contract minder aantrekkelijk.

De AEC wil de verrijkinsfabrieken aan de industrie verkopen en toekomstige door de industrie zelf laten bouwen. Ze "will afford American industry the opportunity to determine realistically the role it deserves in the enrichment phase of the nuclear fuel cycle" en gelooft dat "the private sector of an economy will make a major contribution to new enriching capacity on the time scale that we believe be necessary"²¹⁾. Deze politiek heeft in 1971 geleid tot het zgn. Industrial Participation Program, in het kader waarvan geheime informatie over zowel de gasdiffusietechniek als de ultracentrifuge wordt vrijgegeven naar de industrie. Tot nu toe hebben 30 bedrijven inzage gehad en 15 bedrijven doen actief mee²²⁾. Opvallend is echter dat een aantal grote bedrijven, die verder zeer actief zijn in de kernenergie, zich hebben teruggetrokken (vgl. hfdst. III). De overgang van de uraanverrijking naar het particuliere bedrijfsleven zal vermoedelijk wel in de komende jaren plaatsvinden. Twijfelachtig is echter of de verschillende overheden zich volledig zullen terugtrekken. Zolang de prijzen van de producten van de verrijkinsindustrie nog steeds, internationaal gezien, voor een belangrijk deel bepaald worden door politieke motieven, zullen bedrijven ongetwijfeld voor hun grote financieringsrisico's garanties blijven vragen van de overheid.

Grote onzekerheden blijven verder voorlopig bestaan met betrekking tot de keuze van een technologie, waardoor vrij plotselinge en radicale veranderingen mogelijk blijven. Waar voorlopig in deze sector de overheid en het bedrijfsleven wel belangrijke gemeenschappelijke projecten zullen blijven houden, valt te verwachten dat deze industriële sector zich mag blijven verheugen in niet onaanzienlijke steun. Het zal daardoor een belangrijke druk op de besluitvorming kunnen blijven geven. Daarbij zal de industriële geheimhouding het nog wel lange tijd moeilijk maken voor parlementen om enige greep op het geheel te krijgen.

Het betekent ook dat uraanverrijking op vele plaatsen in de wereld zal worden ingevoerd. Een momenteel nog zeer belangrijke stap op weg naar de waterstofbom zal daarmee binnen het bereik van vele landen zijn gekomen. Het non-proliferatie verdrag lijkt, zonder verdere belangrijke vorderingen op het gebied van wapenbeheersing en ontwapening, te zwak om te voorkomen dat door deze verlaging van de technologische en economische drempel voor het verkrijgen van kernwapens, verschillende landen in de toekomst de stap naar kernbewapening zullen nemen. De waarde internationale vrede en veiligheid zal het ook hier vermoedelijk af moeten leggen tegen de meer concrete en harde economische belangen.

Hoofdstuk V. REFERENTIES

1. "Nuclear Proliferation Problems", SIPRI, MIT press, London, 1974, p. 214.
2. H. York, ed., "Arms Control", San Francisco, 1973, p. 10.
3. Zie b.v. Pierre, A.J., "Nuclear Politics", Oxford, 1972, p. 45.
4. Smyth, H.D., "Atomic Energy for Military Purposes", New York, 1945.
5. USAEC, "In the Matter of J. Robert Oppenheimer", Cambridge Mass., 1971, p. 544 e.v.
6. De geschiedenis van het Engelse kernwapen wordt uitvoerig besproken in M. Gowing, "Independence and Deterrence", 2 vol., London, 1974.
7. Nieburg, H.L., "Nuclear Secrecy and Foreign Policy", Washington, 1964, p. 58.
8. Nieburg, H.L., op.cit., hoofdstuk VI.
9. Advies aan Zijne Excellentie de Minister van Buitenlandse Zaken betreffende de invloed van kernbewapening op de technologische ontwikkeling van de vreedzame toepassing der kernenergie, nr. R-34, d.d. 22 oktober 1964.
10. Guéron, J., "On nuclear energy", Colloquium J.F. Kennedy Institute, Tilburg, 24 mei 1974.
11. Goldschmidt, B., "Nuclear Proleferation Problems", SIPRI, London, 1974, p. 211.
12. Zie b.v. "NATO, Facts and Figures", Brussel, 1971, p. 319. De letterlijke tekst luidt: "The Federal Chancellor declares that the Federal Republic undertakes not to manufacture in its territory any atomic weapons or biological weapons, as detailed in paragraphs I, II and III and the attached list".
13. Kohl, W.L., "French Nuclear Diplomacy", Princeton, New Yersey, 1971, p. 20.
14. Le Monde, 14 december 1957.
15. Geciteerd uit W.L. Kohl, op.cit., p. 57.
16. NRC, 19 april 1975.
17. Kohl, W.L., op.cit., p. 193.
18. Goldschmidt, B., op.cit., p. 211.

19. Zie b.v. Goldschmidt, B., op.cit., p. 211.
20. Jaarboek van Buitenlandse Zaken 1973-74, p. 27B.
21. Johnson, W.E., Sapirie, S.R., "Uranium Isotope Enrichment", Peaceful Uses of Atomic Energy, Vol. 9, New York, 1972, p. 31-41.
22. Hill, J.H., Parks, J.W., "Uranium Enrichment in the US", paper voor de International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7 mrt. 1975. Vergelijk overigens de berichten over de deelname van particuliere bedrijven aan de Amerikaanse uraanverrijking, in hfdst. III 3.2.4, waar sprake is van 22 aanvankelijk deelnemende bedrijven, waarvan zich inmiddels meer dan 15 zouden hebben teruggetrokken.

VI. GESCHIEDENIS VAN DE NEDERLANDSE BESLUITVORMING.

1. Inleiding.

De geschiedenis van de Nederlandse bemoeienissen met uraanverrijking valt ruwweg in drie periodes uiteen: de periode voor 1960, het tijdvak 1960-1970 en de tijd na het Verdrag van Almelo dat op 4 maart 1970 werd ondertekend.

Het idee isotopen m.b.v. centrifuges te scheiden is op zich tamelijk voor de hand liggend en dateert reeds van 1919. Pas na het ontdekken van de kettingreactie in 1939, wanneer het duidelijk wordt dat op basis van kernsplijtingsprocessen energie kan worden opgewekt, wordt het duidelijk dat isotopenscheiding van uranium industrieel en militair van groot belang zal worden¹⁾. Engeland en de V.S. kiezen voor de isotopenscheiding, die nodig is voor het crashprogramma om een atoombom te produceren, echter geen ultracentrifuge, maar elektro-magnetische separatie en later gasdiffusie. Voor zover er in Nazi-Duitsland serieus is gewerkt aan onderzoek naar kernwapens²⁾, is wel aan centrifuges gewerkt. Dat heeft in de Nederlandse discussie geleid tot de nodige verwarring over oorlogsverleden en naoorlogse machinaties van aan de centrifuges werkende onderzoekers (m.n. Kistemaker)³⁾.

De huidige centrifuges liggen echter niet in de lijn van het (o.a. door Groth) in Nazi-Duitsland verrichte werk. Zij zijn gebaseerd op principes die werden onthuld op een symposium over isotopenscheiding in Amsterdam, 1957, en die waren ontwikkeld door een groep Duitse onderzoekers (o.a. Steenbeck), aanvankelijk in Russische gevangenschap. Door Zippe, een van de vroegere medewerkers van Steenbeck, werden deze types in de V.S. gepatenteerd⁴⁾.

Pas na het symposium van 1957 komt er schot in het Nederlandse onderzoek. In de eerste helft van 1960 wordt voor het eerst de scheiding van uraniumisotopen d.m.v. een ultracentrifuge in Nederland tot stand gebracht. Snel daarna wordt op Amerikaans verzoek het onderzoek geheim verklaard⁵⁾. Daarin spelen van Amerikaanse zijde waarschijnlijk naast militaire ook commerciële redenen een rol. Begin 1961 wordt een uit-

voerige evaluatie van het project gemaakt door een commissie onder voorzitterschap van ir. Tromp, directeur van de N.V. Philips, die later ook voorzitter van de Raad van Bestuur van UCN zal worden.

Na 1960 begint in Nederland ook ontwikkelingswerk aan de ultracentrifuge, vanaf 1962 onder verantwoordelijkheid van het RCN, dat tenslotte 25% van haar inspanningen aan dit project besteedt⁶⁾. Het onderzoek wordt gefinancierd uit de begroting van het ministerie van Economische Zaken. Wanneer van de kant van de PvdA in oktober 1970 in een kamercommissie⁷⁾ aan de regering vragen worden gesteld over de gelden die de Nederlandse staat tot aan het Verdrag van Almelo aan het project heeft besteed, antwoorden de ministers Luns en Nelissen⁸⁾ dat zij bereid zijn "zulks vertrouwelijk ter kennis van de betrokken kamercommissie te brengen". Op een V.W.O.-symposium te Leiden⁹⁾ begin 1971 heeft Prof. Kistemaker de jaarlijkse kosten van het UC-onderzoek gedurende tien jaar geschat op ca. 1% van de totale investering in research van de Nederlandse staat. Dat zou betekenen dat in de grootte-orde van 10-15 miljoen gulden is besteed. 25% van de RCN-inspanningen zou betekenen dat per jaar ca. 8 miljoen gulden werd besteed in de latere jaren¹⁰⁾. W. Klinkenberg komt met het cijfer van 4-5 miljoen voor de periode 1955-1960. Uiteraard gaat het hier steeds om grootteordes. In 1969 heeft de staat 6.44 miljoen gulden in UCNederland geïnvesteerd¹²⁾. In totaal is de aanvankelijk investering in de Nederlandse proeffabriek van 25 ton swu 35.05 miljoen gulden geweest¹³⁾. In 1974 staat UCN voor 44.9 miljoen, in 1975 tenslotte voor 90.0 miljoen op de Rijksbegroting. Daarmee krijgt UCN in de onderscheiden jaren resp. 21.5% en 30% van de totaal door de Nederlandse regering aan kernenergie uitgegeven R en D fondsen. Dat is een aanzienlijke verhoging in vergelijking met de 4.7% die UCN in 1972 uit de kernenergie R en D fondsen betrok¹⁴⁾.

2. De periode rondom het Verdrag van Almelo.

De rol van het parlement in de besluitvorming rond het UC-project is beperkt geweest. Daarvoor zijn verschillende oorzaken aan te wijzen. Aanvankelijk is het onderzoek naar de ultracentrifuge een onderzoek onder velen. Zeker is het niet zo dat van meet af aan duidelijk was dat dit een "succes-story" zou worden. Tot 1957 werd gewerkt op wat later een dood spoor zou blijken te zijn.

Ook de geheimhoudingsverklaring rond 1960 leidt niet tot een diepgaande parlementaire aandacht voor het project. Dit is te meer opvallend omdat het hier gaat om een project, dat vanuit het oogpunt van internationale veiligheid en vrede van wereldwijde betekenis is: het gaat om een mogelijk toegang tot de waterstofbom voor een klein land. In deze tijd is er bovendien in het geheel nog geen sprake van internationale verdragen om de verspreiding van kernwapens tegen te gaan, een punt dat later bij de discussie over het Verdrag van Almelo grote aandacht krijgt.

Af en toe zijn er ook grote moeilijkheden geweest om de financiering van het project rond te krijgen. Tot in 1967 het project door kamerlid De Goede (D'66) in de kamer wordt gebracht, heeft de kamer er eigenlijk weinig mee te maken gehad¹⁵⁾.

Een belangrijke reden voor het achterblijven van een diepgaande bemoeienis van het parlement met dit project is het kennelijk onvoldoende geëquipeerd zijn van het parlement voor de evaluatie van dit soort ondernemingen. Voor het overgrote deel van hun kennis zijn de parlementariërs afhankelijk van de informatie die de minister bereid is te geven. En wanneer dan een minister weinig geneigd is het parlement in de zaak te betrekken en dit gedrag kan legitimeren door een beroep op de geheimhouding, is het parlement vleugellam. Dat is de situatie geweest rond het UCproject. De eerste serieuze debatten over het UCproject worden dan ook niet door de minister, maar door een oud RCN-medewerker (De Goede) geëntameerd, en dit, zoals uit de Handelingen blijkt tot grote ontsteltenis en irritatie van de bewindsman, De Block¹⁶⁾.

"De invloed van het parlement is in deze zaak beperkt gebleven tot het stellen van vragen en het doen van suggesties aan de ministers en tot een goedkeuring achteraf van de bijdrage van de staat aan de Nederlandse proeffabriek en van de samenwerkingsovereenkomst tussen Engeland, West-Duitsland en Nederland. De commissies werden achteraf ingelicht over de vorderingen in het project, zodat een reële invloed van de volksvertegenwoordiging achterwege is gebleven. Waar het een zo belangrijke zaak als de energievoorziening betreft, die bovendien nog zoveel mogelijkheden tot misbruik in zich draagt, lijkt derhalve kritiek op de aanpak van regering en volksvertegenwoordiging volledig op zijn plaats", stelt de Twentse VWO-werkgroep in haar rapport uit 1970 terecht.

De debatten over het Verdrag van Almelo¹⁷⁾ staan inhoudelijk gezien op een hoger niveau, maar dat wil niet zeggen dat het parlement nu reële invloed krijgt. In het debat wordt zelfs enkele keren het argument gebruikt dat het wijzigen van het verdrag grote complicaties met zich mee zal brengen en het parlement dat soort voorstellen maar niet moet doen. De niet onbelangrijke kwestie, om transacties met derde landen die niet voldoen aan de voorwaarden van het non-proliferatie verdrag, uit te sluiten, wordt dan ook niet (zoals een aanvankelijk ingediende motie van Van der Stoel en Visser¹⁸⁾ vroeg) alsnog in de verdragstekst geregeld, maar buiten het verdrag om, in een briefwisseling tussen de regeringen van Engeland, West-Duitsland en Nederland¹⁹⁾. Het Verdrag van Almelo wordt ongewijzigd goedgekeurd.

In de debatten over het Verdrag van Almelo nemen, zoals te verwachten zou zijn, proliferatievraagstukken een belangrijke plaats in. Twee van de drie partijen (Nederland en de Bondsrepubliek) in de Almelose overeenkomst hadden op het moment dat het verdrag geratificeerd zou moeten worden het non-proliferatie verdrag nog niet bekrachtigd. Dat is de achtergrond van het indienen van de motie door Van der Stoel en Visser. Anderzijds kon de toenmalige minister van Buitenlandse Zaken, Luns, er op wijzen dat het Verdrag van Almelo in zekere zin

verder gaat dan het non-proliferatie verdrag, omdat ook uitvoer van know-how aan restricties is gebonden. De uiteindelijke waarborg voor het door ieder gedeelde standpunt dat verspreiding van kernwapens moet worden voorkomen, zag Luns, m.n. in het Nederlandse vetorecht in de Gemengde Commissie, een commissie waarin ieder van de deelnemende landen een vertegenwoordiger heeft en die besluiten neemt over safeguards, geheimhouding, deelneming van andere landen, en voorwaarden voor uitvoer van informatie, apparatuur of verrijkt uranium. Op die manier zou kunnen worden voorkomen dat verrijkt uranium (eventueel via Frankrijk, dat wel Euratomlid is, en als zodanig met Nederland en West-Duitsland in een kernenergieverband is betrokken, maar dat geweigerd heeft tot het non-proliferatie verdrag toe te treden) aan landen beschikbaar komt die kernwapenaspiraties zouden kunnen hebben.

Een tweede belangrijk onderwerp in de kamerdebatten van 1971 vormt de Europese samenwerking. In een (aangenomen) motie van Oele en De Goede wordt gesteld dat "niets mag worden nagelaten om dit project een meer communautair karakter te geven". Met name wordt gedacht aan het betrekken van België en Italië in het project. België en Italië kiezen later echter voor Eurodif, een onderneming die een (Frans-georiënteerde) gasdiffusiefabriek gaat bouwen. Ook Westerterp, die namens de drie christelijke partijen het woord voert, en met, wat later genoemd zal worden, "tien geboden" komt (een parlementaire nouveauté, een soort motie zonder stemming) merkt op, dat Nederland "de totstandkoming van een band tussen de tripartite samenwerking en Euratom, welke verenigbaar is met het industriële en vreedzame karakter van het ultracentrifugeproject" dient te bevorderen²⁰⁾. Dit "gebod" is dus een vrome wens gebleven.

Een aspect waaraan in de kamerdebatten betrekkelijk weinig aandacht is besteed, is de industriële kant van de zaak. Geen van de sprekers stelt de toch voor de hand liggende vraag waarom die bedrijven, die tenslotte in UCNederland deelnemen, dat doen, en geen andere. Het zijn Philips (voor 10%), Shell (voor 10%), DSM (voor 10%), VMF (voor 7.5%) en Rijn-Schelde-Verolme (voor 7.5%). Het gaat voor deze bedrijven om kleine

bedragen (in de orde van 5 miljoen gulden voor de eerste proeffabriek), maar door deze mini-investering zitten zij op de eerste rang, wanneer het UC-procédé economisch vruchten zou blijken af te werpen. De memorie van toelichting op de wet waarbij de Nederlandse staat gaat deelnemen aan UCN bericht slechts dat deze grote concerns bereid zijn de ontwikkeling ter hand te nemen, mits de staat het leeuwenaan-deel van het risico (55%) draagt²¹⁾.

De Nederlandse staat draagt wel het aanvangsrisico (in 1971 door minister Nelissen voor een 350 ton swu fabriek geschat op 200 miljoen gulden²²⁾), maar de toenmalige regering had het uitdrukkelijke plan om, zodra het project commercieel gezond zou blijken te zijn, de staat te laten terugtreden. Op een vraag van de kant van de PvdA of de staat niet ook in de commerciële fase een beslissende invloed moet hebben, antwoorden de toenmalige ministers Luns en Nelissen eenvoudig dat zij "niet vermogen in te zien, waarom een zodanige beslissingsbevoegdheid van de overheid in een op commerciële basis werkend bedrijf noodzakelijk zou zijn"²³⁾. Dit is het standpunt van de Nederlandse regering gebleven, ook nu de PvdA aan de regering deelneemt. In de Energienota wordt dan ook opgemerkt dat "voortzetting van dit (UC-)project en de daaruit voortvloeiende bouw van verrijkingsfabrieken alleen dan zinvol is als het project commercieel gemaakt wordt. Dat wil zeggen dat de overheid wel bereid moet zijn in de ontwikkelingsfase een bepaalde onrendabele top voor haar rekening te nemen, maar dat het commerciële risico in beginsel door het bedrijfsleven gedragen zal moeten worden. Zou deze bereidheid bij het bedrijfsleven ontbreken, dan ontvalt hiermede een belangrijke grondslag aan dit project"²⁴⁾. In dat verband zijn de opmerkingen die gemaakt zijn door de directeur van UCN, Prof.dr. M. Boogaardt, in een lezing in Groningen interessant. Prof. Bogaardt ziet, aldus het verslag in de pers²⁵⁾, financieringsmoeilijkheden voor het project, en doet - als menig ander - daarom een beroep op de Nederlandse "aardgaspot".

Wel zal de Nederlandse regering steeds betrokken blijven bij de Gemengde Commissie, die alle besluiten met mogelijke poli-

tieke of militaire consequenties moet nemen.

De keuze van de bij het project betrokken Nederlandse bedrijven is volledig buiten het parlement gebleven. In feite is die keus grotendeels gevallen vóór het parlement ook maar serieus een woord aan de UC had vuilgemaakt, nl. in de zomer van 1967. De gegevens die aanvankelijk de kamer onthouden werden, en later slechts vertrouwelijk aan de vaste commissies voor Buitenlandse Zaken en de Kernenergie werden meegedeeld, zijn in 1967 wel voor Shell beschikbaar, die op verzoek van het RCN een economische evaluatie van de merites van het UC-procédé heeft gemaakt. Philips was al veel eerder, vanaf begin 1961, toen de evaluatie van het project gemaakt is door een commissie onder voorzitterschap van ir. Tromp, directeur van de N.V.-Philips, op de hoogte. Met Werkspoor (VMF) zijn bovendien reeds vanaf het eind van de vijftiger jaren contacten gelegd, voor het uitvoeren van experimenten. Slechts één bedrijf (Kon. Zout) dat wel de (geheime) informatie van de toenmalige minister van Economische Zaken, De Block, heeft gekregen, heeft tenslotte besloten niet deel te nemen aan de onderneming.

Zoals uit fig. 1 blijkt²⁶⁾ is uraanverrijking niet de enige bemoeienis binnen de nucleaire sector van (op DSM na) alle bij de UCN betrokken concerns. Dat zou een reden kunnen zijn vóór de keuze van deze specifieke bedrijven, wanneer de betreffende concerns meer in te brengen hadden dan louter kapitaal. Dat is echter (uitgezonderd Philips) niet het geval. Het enige dat Shell, DSM etc. kunnen claimen als specifieke inbreng is een zekere kennis van de markt. Dat lijkt echter ook te gelden voor niet-deelnemende ondernemingen als elektriciteitsondernemingen, etc. Overigens is door Urenco-Centec begin 1973 getracht de financieringsbasis van het UCproject te verbreden en de verkoop van de technologie te bevorderen, door het oprichten van de Association for Centrifuge Enrichment (ACE). Daaraan nemen 18 ondernemingen, banken en nationale kernenergie-bureaux uit 12 landen deel. Zij krijgen op deze wijze informatie over het wel en wee van Urenco-Centec. Zo wordt gepoogd een "beter begrip" te kweken

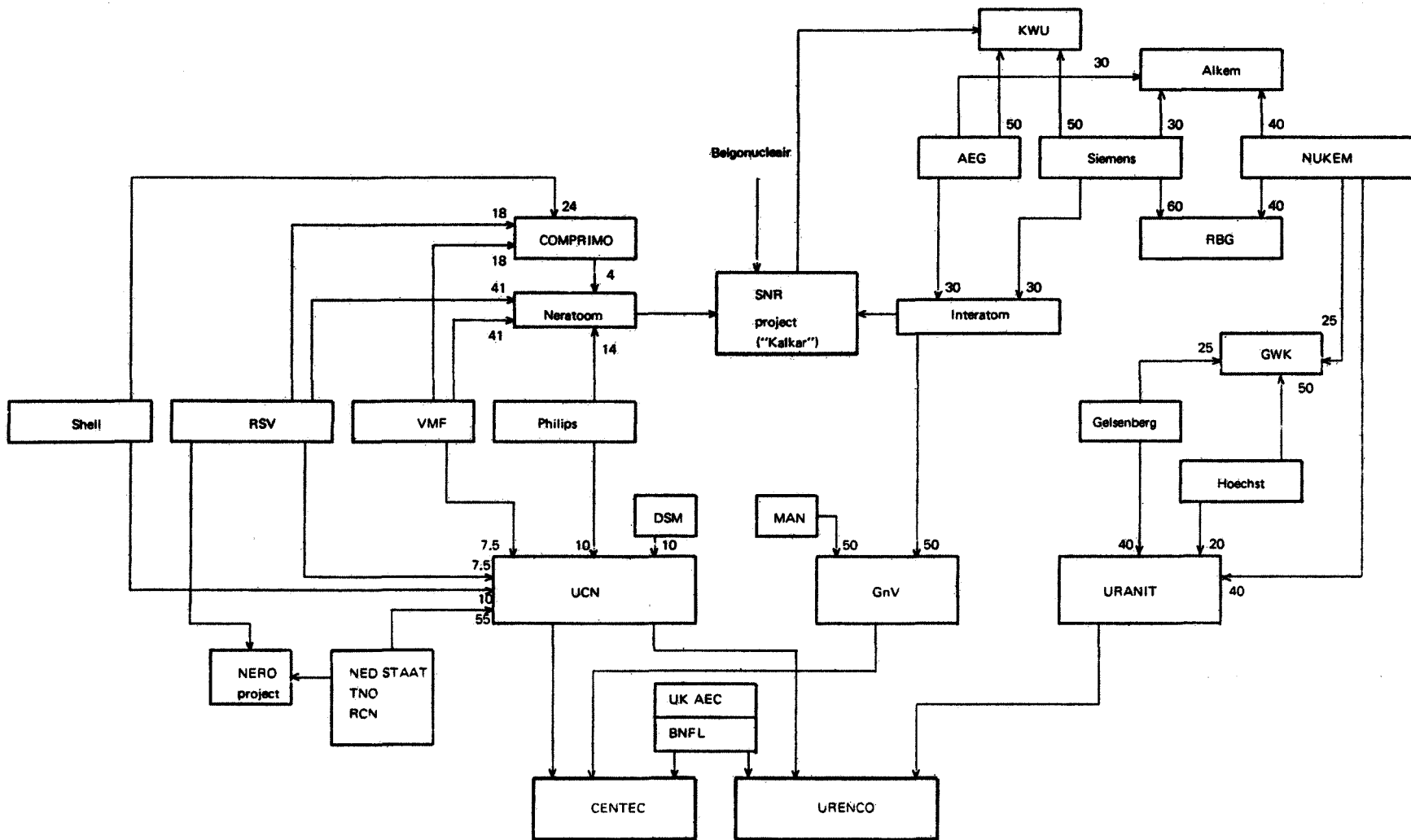


Fig. 1

(Deel van de) economische infrastructuur nucleaire sector (Ned.+W.Duitsland) (1971)
 De getallen in de figuur geven percentages weer

voor het UCproject²⁷⁾.

3. De periode na het Verdrag van Almelo.

Er zijn tijdens het debat in de Tweede Kamer over het Verdrag van Almelo een aantal uitspraken gedaan, die interessant worden in het licht van de latere ontwikkelingen.

Bij het Verdrag van Almelo was overeengekomen drie proeffabrieken te bouwen, t.w. een 25 ton swu/j. proeffabriek onder Engels beheer in Capenhurst en twee 25 ton swu/j. proeffabrieken in Almelo onder respectievelijk Nederlands (UCN) en Duits (Uranit) beheer. De opzet was om, nadat elk van deze proeffabrieken bewezen had gedurende langere tijd in staat te zijn verrijkt uranium te produceren, de gegevens onderling te vergelijken en te kiezen voor de bouw van 350 ton swu/j. op basis van de beste technologie, een fabriek waarvan verwacht werd dat deze commercieel zou kunnen draaien. (In 1969 was de verwachting dat in 1973 met deze 350 ton swu/j. kon worden begonnen.)

Een belangrijk deel van deze plannen is niet uitgevoerd²⁸⁾. De Duitse proeffabriek draait sinds eind 1973 op ca. 5 ton swu/j. en wordt op dit ogenblik uitgebreid tot 25 ton swu/j., een uitbreiding die in de herfst van 1975 voltooid zal zijn. De Britse proeffabriek produceert 8 ton swu/j. en zal tot 14 ton swu/j. worden uitgebreid (midden 1975 gereed). De Nederlandse proeffabriek tenslotte draait op dit ogenblik op ca. 12 ton swu/j. en wordt eveneens tot 25 ton swu/j. uitgebreid, met nieuwe centrifuges.

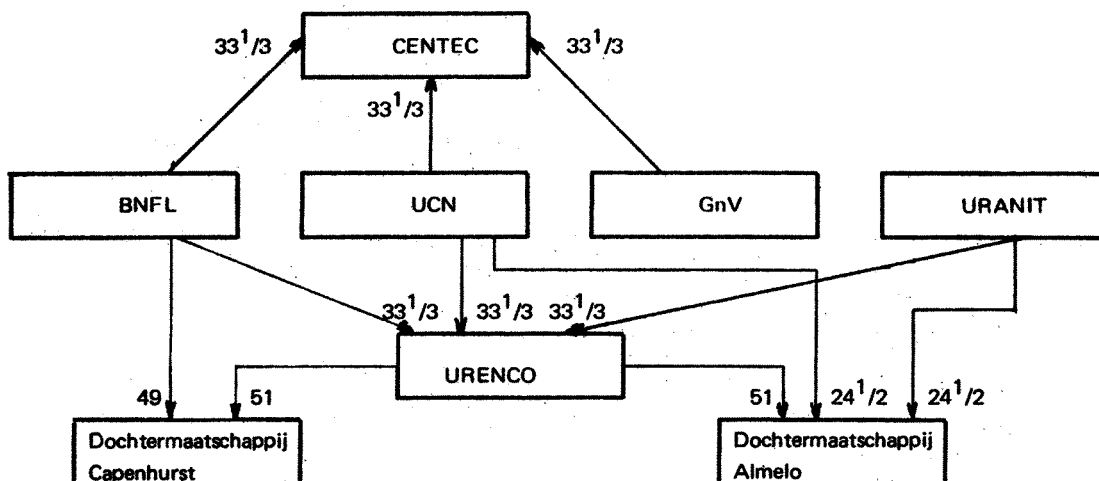
Inmiddels heeft wel de evaluatie van de verschillende technologieën door Centec plaatsgevonden. In plaats van gezamenlijk met één type centrifuge voort te gaan is besloten om met twee types centrifuges verder te werken. Op zich is dat natuurlijk niet zo vreemd. Het kan, wanneer de keuze niet evident voor één type kan worden gemaakt, verstandig zijn die keus niet te forceren en alles op een kaart te zetten. Kennelijk is er echter meer aan de hand, want er zijn tegelijkertijd tamelijk ingrijpende organisatorische wijzigingen in de tripartite samenwerking aangebracht. In plaats van de oorspronkelijke gezamenlijke onderneming (Urenco Ltd.) zijn twee ondernemingen

opgericht, Urenco UK en Urenco Nederland. De eerste onderneming zal de ontwikkelingen in Capenhurst onder zijn hoede nemen en wordt in meerderheid (75%) geleid door British Nuclear Fuel Ltd., een "volle" dochter van de U.K. AEC, met minderheidsaandelen van UCN en Uranit (ieder 12.5%). De tweede onderneming wordt geleid door "volle" dochters van UCN en Uranit (ieder 43.75%), met een minderheidsaandeel (12.5%) van BNFL, en bouwt in Almelo. Ieder van deze beide ondernemingen (Urenco UK en Urenco Nederland) heeft een 200 swu/j. fabriek in aanbouw. In plaats van het éne zwaartepunt (Urenco Ltd.) zijn nu twee zwaartepunten ontstaan. Fig. 2 laat de organisatorische verandering zien.

Voor de nieuwe in Almelo te bouwen verrijgingsfabrieken is dus niet meer Urenco Ltd., de gezamenlijke verrijgingsorganisatie, de beheerder, maar Urenco Nederland. In Urenco Nederland treden bij onderlinge overeenkomst tussen de vennoten, een 100% dochter van UCN N.V., zijnde UCN Deelnemingen B.V., en een 100% dochter van Uranit, zijnde Uranit Beteiligungsgesellschaft mbH, op als de beherende vennoten (met BNFL als minderheids- (12½%) aandeelhouder)²⁹⁾. Urenco Nederland is overigens slechts een "papieren" firma (evenals UCN Deelnemingen B.V. en Uranit Beteiligungsgesellschaft mbH). De bouw van de verrijgingsfabriek en het beherend personeel zal in dienst zijn van Urenco Almelo B.V., een dochter van UCN Deelnemingen B.V. en Uranit Beteiligungsgesellschaft. De toch al weinig doorzichtige tripartite organisatie is nu nog ondoorzichtiger geworden en bovendien minder controleerbaar, door het optreden van de papieren besloten vennootschappen, die niet verplicht zijn een jaarverslag te publiceren. Daarmee lijkt de vanzelfsprekendheid waarmee de regering in 1971 de openbaarheid van de financiële positie van UCN verdedigde ("het is toch een N.V.") achterhaald.

In plaats van één onderneming die verrijgingsfabrieken (in meerderheid) beheert, zijn twee verrijgingsorganisaties ontstaan, een voornamelijk Britse en een Duits-Nederlandse. Dat kan tot een aantal politieke consequenties leiden. Het is mogelijk dat deze boedelscheiding een voorbode is voor het uiteenvallen van de tripartite samenwerking. De drie landen zijn door het Verdrag van Almelo gebonden voor een termijn van 10 jaar. Wanneer de ontwikkelingen die nu zijn ingezet voortgaan is een scheiding in

Verdrag van Almelo (10469, 10733, no 7 Memorie van Antwoord (1970)



Situatie mei 1975

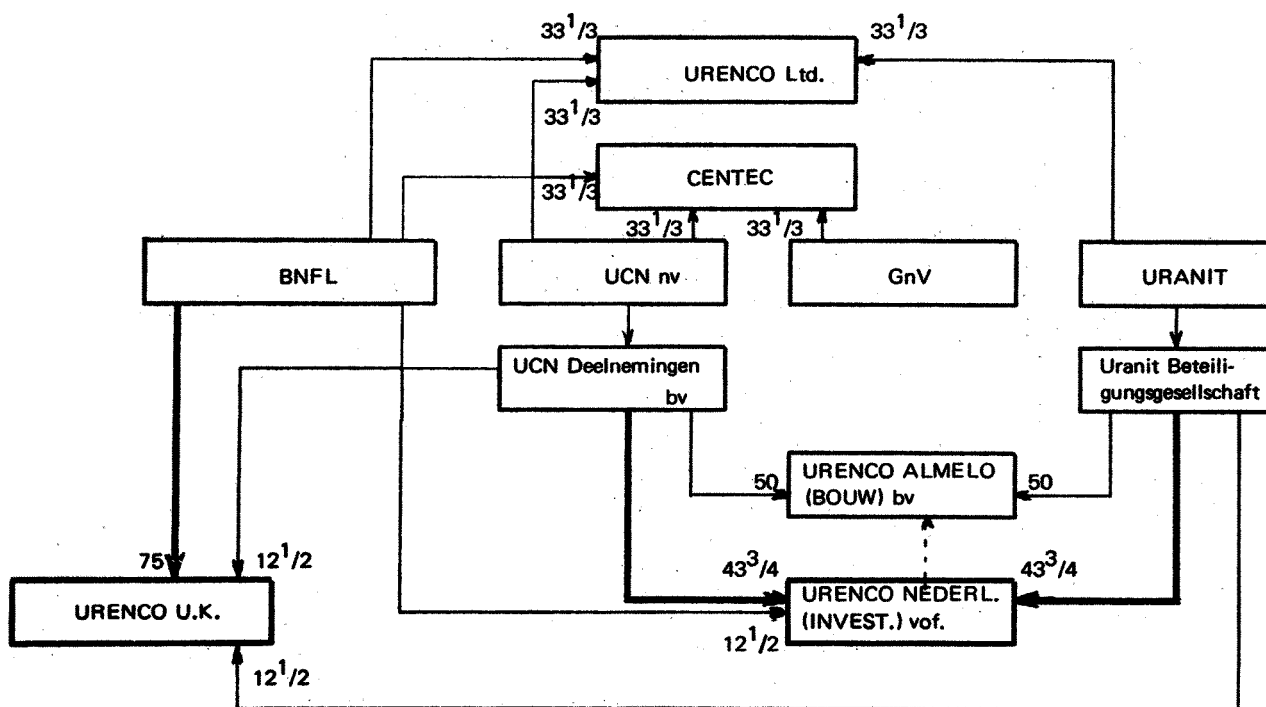


Fig. 2

De getallen in de figuur geven procenten weer.

1980 tussen een Nederlands-Duitse en een Engelse tak niet onmogelijk. Het UCproject zou niet het eerste Europese kernenergieproject zijn dat mislukte. Een tweede consequentie van de organisatorische ontwikkelingen kan een verschuiving in de feitelijke macht zijn binnen het politiek erg belangrijke "joint committee". Weliswaar heeft ieder van de drie landen formeel binnen dit gezamenlijke comité een veto, maar de vraag is of dat bij voortgaande boedelscheiding de facto het geval zal blijven. Een onafhankelijke koers van Engeland lijkt zeker mogelijk. Dan zou in het overblijvend deel West-Duitsland feitelijk ongetwijfeld de grootste invloed krijgen.

Het is gelet op deze mogelijke ontwikkelingen en op het - ook voor het parlement - ondoorzichtiger worden van de verrijkingorganisatie merkwaardig dat de organisatorische wijzigingen niet in het parlement besproken zijn.

Een tweede punt waarop zowel parlement als regering in gebreke zijn gebleven is het uitvoeren van de motie die op 3 maart 1971 door Oele en De Goede werd ingediend, en later door de kamer is aanvaard. In de motie wordt gesteld dat "de kamer (...) nader overleg tussen kamer en Regering (verlangt) alvorens tot de bouw van een commerciële installatie met een scheidend vermogen van meer dan 350 ton per jaar wordt besloten"³⁰⁾. Dit overleg heeft nimmer plaats gevonden. Eind 1973 echter heeft de Almelose gemeenteraad een besluit moeten nemen over de verkoop van 235.000 m² grond aan Urenco-Nederland voor verdere uitbouw, en op dit ogenblik is de bouw van twee verrijkingfabrieken van elk 200 ton (één in Almelo, één in Capenhurst) in volle gang³¹⁾. Het besluit om uit te breiden naar 2000 ton swu/j. is begin 1974 gevallen, verdeeld over 1320 ton swu/j. in Almelo en 660 ton swu/j. in Engeland³²⁾. Deze plannen kunnen niet meer ongedaan worden gemaakt, omdat er al voor 5.8 miljard gulden verrijkingcontracten zijn afgesloten (zie hoofdstuk III), die het noodzakelijk maken dat de genoemde verrijkingfabrieken inderdaad worden gebouwd. Voordat deze verrijkingcontracten zijn afgesloten heeft o.a. de Nederlandse minister van Economische Zaken zijn fiat daaraan moeten geven. Het is merkwaardig dat hij daarbij niet de kamer heeft geraadpleegd³³⁾, te meer omdat op deze contracten grote verliezen zullen worden geleden

(in de orde van 1 à 2 miljard gulden over 12 jaar), waarvan de helft door de Nederlandse staat moeten worden opgebracht. Het parlement staat daarbij voor de zoveelste keer in de geschiedenis van het UCproject, voor een fait accompli.

Na de debatten in 1971 over het Verdrag van Almelo wordt het UCproject in de kamer nauwelijks meer genoemd. Op 8 maart 1972 merkt de minister van Economische Zaken tegenover de vaste commissie voor kernenergie nog op dat het UCproject "vooral van belang is in verband met de ontwikkeling op korte termijn"³⁴⁾, een opmerking die hem vermoedelijk door Urenco niet in dank zal zijn afgenomen. In januari 1973 worden door Wieldraayer vragen gesteld³⁵⁾ over de stopzetting van de centrifugeproductie bij UCN, waarbij 76 mensen ontslagen werden (zie verder hoofdstuk VII). Kort daarna wordt de productie van centrifuges - volgens een nieuw Duits-Nederlands ontwerp - weer hervat, en staan weer een aantal personeelsadvertenties in Twentse dagbladen.

De parlementaire kant van de geschiedenis vermeldt nog vragen van eerste kamerlid Van Riel over het al dan niet zinvol zijn van contacten met Zuid-Afrika³⁶⁾, en vragen van de kant van PvdA-PPR over contacten Urenco-Eurodif³⁷⁾. De reeds geciteerde opmerkingen in de Energienota vormen het voorlopig slot van de beperkte parlementaire bemoeienissen met het UCproject. Ondertussen staat UCN voor in totaal 90 miljoen gulden (f. 31.600.000 exploitatie, f. 58.400.000 investeringen) op de begroting van Economische Zaken voor het dienstjaar 1975.

Hoofdstuk VI. REFERENTIES

1. Zie voor een korte geschiedenis van de militaire en industriële aspecten van kernsplijting b.v. P. Boskma en G. de Vries, "Een kernmacht voor West-Europa", deel I, "De Geschiedenis van de bom", Transaktie, april 1974, p. 23 en hoofdstuk V.
2. Vergelijk voor een erg interessante reconstructie van die pogingen het Z.D.F. (t.v.)programma "Der Wettlauf um der Atom-bombe". Het is beschikbaar op video bij het AVC van de THTWente onder codenummers 68109/6 en 68109/7.
3. Vergelijk W. Klinkenberg, "De Ultracentrifuge 1937-1970", Amsterdam, 1971 en Handelingen Tweede Kamer, 31 maart 1971, blz. 3614-3619.
4. Vgl. A.H. Lindhout, "Geschiedenis van de Ultracentrifugeontwikkeling in Nederland", Atoomenergie, dec. 1972, p. 26.
5. Over de vraag hoe dit precies is gebeurd lopen de lezingen uiteen. (Vermoedelijk bilateraal Nederland-Verenigde Staten.)
6. "Nota inzake het kernenergiebeleid", kamerstuk 11761, no. 2, p. 10.
7. Kamerstuk 10469, 10733, nr. 5, p. 7 (14 okt. 1970).
8. Kamerstuk 10469, 10733, nr. 7, p. 9 (onderstreping toegevoegd).
9. 10 februari 1971. Sprekers waren Kistemaker, Van der Stoel en Boskma.
10. "Nota inzake het kernenergiebeleid", p. 21 (jaar 1970).
11. Klinkenberg, W., op.cit., p. 118.
12. Vgl. kamerstuk 10469, nr. 2, p. 1 en 10460, nr. 3.
13. "Nota inzake het kernenergiebeleid", p. 21.
14. In 1972 werd door de Nederlandse staat f. 122.01 miljoen besteed aan R en D op het gebied van de kernenergie. In 1974 en 1975 was dit resp. 207.2 miljoen en 302.4 miljoen gulden. Daarbij is niet het kernfysisch onderzoek aan universiteiten, CERN, etc. gerekend (ook altijd nog in de orde van 70 miljoen gulden). Het is merkwaardig te zien dat in een periode waarin meer en meer publiek over de aanvaardbaarheid van kernenergie wordt gesproken, de uitgaven voor het betreffende onderzoek verhoogd worden met een factor 2.5.

15. Eind 1960 zijn een aantal vragen gesteld door Hazenbosch (AR) en beantwoord door minister Cals. Zowel vragen als antwoord zijn uiterst oppervlakkig. In 1961 is in de begrotingscommissie voor B.Z. over de geheimhouding gesproken.
16. Deze debatten (2 nov. 1967, 20 dec. 1969, 18 jan. 1968, 3 en 4 april 1968) zijn geëvalueerd in "De Ultracentrifuge", VWO-afd. Twente, Enschede, z.j.(mei 1970), p. 4-15.
17. Vergadering Tweede Kamer 3 maart 1971, Handelingen p. 3087-3135, Voorlopig verslag van de vaste commissie voor BZ en voor EZ, 30 maart 1971, kamerstuk 10733 en 10469, Eerste Kamer zitting 1970-71, nr. 187, Memorie van Antwoord daarop, 20 april 1971 (no. 187a), Handelingen I, 1970-71, p. 1058-1065.
18. Kamerstuk 10733 en 10469, no. 10, Handelingen II, p. 3093.
19. Handelingen II, p. 3117, 3128, kamerstuk 10733 en 10469, no. 12.
20. Handelingen II, p. 3103.
21. Kamerstuk 10469, nr. 3, p. 4.
22. Handelingen II, p. 3121.
23. Kamerstuk 10469, 10733, nr. 7, p. 9.
24. "Energienota", kamerstuk 13122, no. 2, p. 139. Vergelijk ook de opmerking van de Min. van EZ. in een mondeling overleg met de vaste commissie voor Kernenergie, 19 aug. 1974: "Zo is er een evaluatie gaande van het UCproject, waarbij verdere inschakeling van de industrie overwogen wordt. Als hierover beslissingen genomen moeten worden voor de behandeling van de Energienota, zal dit gemotiveerd ter kennis van de kamer worden gebracht". Kamerstuk 11761, nr. 10., p. 2.
25. Twentsche Courant, 25 april 1975.
26. Fig. 1 is gebaseerd op gegevens die in aug. 1973 door het Min. van EZ aan een van de auteurs werden verstrekt.
27. Allday, C., Kehoe, R.B., (URENCO Ltd.), "Urenco-Centec Progress and Plans", paper voor de International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7 mrt. 1975.
28. Idem.
29. "Uraniumverrijking in Nederland", Atoomenergie, jrg. 17 (1975), nr. 5 (mei), p. 98, 99.
30. Kamerstuk 10469, 10733, nr. 11.
31. Deze twee 200 ton swu/j. fabrieken worden genoemd in de Energienota, kamerstuk 13122, no. 2, p. 138, aangeboden aan de kamer op 26 sept. 1974. De bouw was op die datum al begonnen,

de Energienota zal vermoedelijk niet voor september 1975 worden besproken.

32. Allday, C., Kehoe, R.B., (URENCO Ltd.), "Urenco-Centec Progress and Plans", International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7 mrt. 1975, en Dagblad van het Oosten, 11-2-1975.

Volgens andere gegevens is dit uitbreidingsbesluit al een jaar eerder genomen (zie hoofdstuk III 3.3.2.)

33. Deze transacties worden door minister Lubbers wel terloops vermeld in zijn antwoord op vragen van tweede kamerleden mevr. Epema-Brugman, Van der Hek en Janssen op 14 febr. 1974. Zie Atoomenergie, jrg. 16 (1974), p. 100.
34. Kamerstuk 11500, nr. 34, p. 2.
35. Handelingen II, 1972-73, Aanhangsel, p. 729.
36. Handelingen I, 1973-74, Aanhangsel, p. 21.
37. Zie referentie 33).

VII. REGIONALE ASPECTEN.

1. Inleiding.

Uraanverrijking is een zaak met grote belangen van nationale staten en grote, doorgaans multinationale ondernemingen. Hoofdrolspelers in de ontwikkelingen zijn dan ook topmensen van grote ondernemingen, natuurwetenschappers en ingenieurs, hoge ambtenaren en zich met internationale ontwikkelingen bezighoudende politici. Het gaat over machtsrelaties tussen staten, internationale veiligheid en vrede, marktposities van concurrerende bedrijven en kapitaalsinvesteringen op internationale schaal. Zoals uit de vorige hoofdstukken duidelijk zal zijn lopen hierbij nogal eens de belangen van overheid en bedrijfsleven parallel, zodat economische en politieke motieven vrijwel onontwarbaar worden.

Vanuit de regio ziet het beeld er nogal wat anders uit. Dan gaat het primair om een fabriek, waarvan geclaimd wordt, dat het tot een industrie van wereldbetekenis kan uitgroeien, waarvoor een zware geheimhouding en uitvoerige bewaking geldt en de werknemers bij aanstelling zelfs moeten beloven de honden van de bewakers niet te voeren, en waarvoor van officiële zijde wordt meegedeeld dat het veel welvaart en een belangrijke hoeveelheid werkgelegenheid zal opleveren. Veel van de uitspraken doen verder een beroep op een aanwezig verondersteld chauvinisme. Het is echter ook een fabriek, waarvan door sommigen gezegd wordt, dat die een gevaar voor de vrede kan inhouden, dat er bij ongelukken gevaren voor de omgeving zijn en dat de fabriek ernstige milieu-effecten heeft.

In de regionale pers wordt vanaf het begin van de plannen uitvoerig over het project gerapporteerd. In totaal zijn zo'n 300 artikelen in de regionale pers verschenen over het UCproject sinds 1969¹⁾. De inhoud van die artikelen varieert van overzichten over de plaats en problemen van uraanverrijking tot aan berichten over grondaankoop door UCN. Daarnaast zijn in een blad als b.v. Tubantia relatief veel berichten te vinden over de uraanverrijkingmarkt, uitbreidingsplannen in Frankrijk, etc. In het algemeen worden de gegeven berichten niet geëvalueerd, veranderingen t.o.v. vroegere informatie niet doorgege-

ven en op tegenstrijdigheden wordt niet gewezen. Eventuele kritiek wordt zelden uitgewerkt, het blijft veelal bij vraagtekens in de kantlijn.

De komst van verrijgings- en tollenfabrieken naar Almelo heeft golven van regionaal chauvinisme losgemaakt bij Twentse bestuurders en de regionale pers. En ondanks de grote hoeveelheid informatie die wordt gepubliceerd, worden de opvattingen en algemene stemming bij de spraakmakende gemeente nauwelijks gehinderd door de feiten. De komst van het UCproject geeft b.v. een commentator van het Dagblad van het Oosten de inspiratie voor het volgende snorkende proza:

"Als er een stad is in Twente, zeg maar Nederland, waarvan de ontwikkeling zo direct afhankelijk is van de nieuwste en machtigste krachtbron aller tijden: de kernenergie, dan is dat Almelo. Zoals Philips Eindhoven maakte van niets tot veel, zo zal Almelo's toekomst bepaald worden door de ontwikkeling van de ultracentrifuge fabrieken, die straks misschien duizenden zeer hoog gekwalificeerde krachten vergen. Deze kernenergie-arbeiders kunnen de stad onherkenbaar veranderen en Almelo een enorme groeiimpuls geven.

De volgende cijfers" (over inwonertallen en aantallen te bouwen huizen in 1985 en 2000)" moet men daarom extra voorzichtig hanteren, want als de ultracentrifugefabrieken tienmaal zo groot worden als gepland - zoals professor Kistemaker beweert - dan zijn de huidige groeiprognoses veel te bescheiden. (...)."

Het ontbreken van structuur in de berichtgeving en het te weinig evalueren van de relatie van actuele berichten met vroegere belemmeren de vorming van een enigszins objectief beeld van het project.

Maar deze mogelijkheid van evaluatie wordt nog veel sterker belemmerd door de voorlichting door plaatselijke bestuurders. Soms zijn deze berichten nog ongenueanceerder optimistisch en aanprijzend van toon dan die van het bedrijf zelf. Terwijl verwacht zou kunnen worden, dat al te rooskleurige uitspraken van de zijde van het bedrijf wel van kritische kanttekeningen door de bestuurders, die toch een veel algemener belang vertegenwoor-

digen, zouden worden voorzien, lijken ze soms nog betere promotors van het bedrijf dan de directie van de onderneming zelf. Waarschijnlijk zullen hierbij voor de bestuurders wel dezelfde soort problemen hebben meegespeeld als voor parlement en regering die we in het vorige hoofdstuk hebben besproken. Maar het is moeilijk zich aan de indruk te onttrekken dat het ideaal Almelo en omgeving ongeclausuleerd zo veel mogelijk industrieel te laten groeien, nogal eens de doorslag heeft gegeven en dat daarbij de waarde van een zo open en democratisch mogelijke besluitvorming nog al eens tweede prioriteit is geworden. Tot ongeveer 1971 hebben de bestuurders vrijwel vrij spel. Slechts kleine groepen komen met kritiek. Daarna wordt ook in Twente het leven lastiger voor de bestuurders. Ook hier heeft "het bestel" het niet meer per definitie bij het rechte eind en ontstaan allerlei groepen uit de burgerij, die hen ter verantwoording roepen. Eind 1971 maken B & W van Almelo in een nota nog eens duidelijk, dat er haars inziens geen veiligheidsproblemen zijn. De fabriek begint daarna ook iets toeschietelijker met voorlichting te worden en na enkele excursies van pers en andere groepen naar de fabriek wordt in 1974 zelfs een speciale voorlichtingsdienst in het leven geroepen. Maart 1974 worden drie uur lang protesten en bezwaren tegen het UCproject, voornamelijk van de zijde van milieugroepen aangehoord. Intussen is ook het probleem van de gehele kernenergie ter discussie gekomen en beginnen meerdere politieke partijen nogal kritische vragen over het project te stellen. We zullen in dit hoofdstuk ingaan op een aantal thema's uit de discussie. Achtereenvolgens komen aan de orde het punt van de werkgelegenheid, de problematiek van gevaren en milieu en het besluitvormingsproces.

2. Werkgelegenheid.

De groei van de werkgelegenheid is een van de belangrijkste punten in de regionale discussie geweest. De schattingen voor wat verondersteld wordt het eindstadium van de groei van de onderneming te zijn, lopen uiteen van 500 tot 2500 werknemers. Het meest genoemde getal is 1000. Daarbij gaat het steeds om prognoses voor de tachtiger jaren. Verwacht wordt ook dat de komst van de UCfabriek een verhoging van de bedrijvigheid van andere Twentse

ondernemingen tot gevolg zullen hebben. Prof.dr. M. Bogaardt noemt het project een trekpaard van de bedrijvigheid. De spin-off van de UCfabriek wordt o.m. vergeleken met die van een medische faculteit (die in 1969 net de Twentse neus voorbij is gegaan). Ook het veronderstelde hoge niveau van het in de fabriek werkende personeel is voor een aantal bestuurders een punt van grote voldoening. Afgezien van het feit dat zowel de veronderstelling over de spin-off als die over de werkgelegenheid en het niveau niet waar zijn, is ook de voldoening merkwaardig, omdat dergelijk personeel geen directe verlichting van de Twentse werkgelegenheidsproblemen zou geven.

In de centrifugefabriek waren tot 1 juli 1973 104 mensen werkzaam. Een belangrijk deel daarvan (76) was niet in dienst van UCNederland, maar van Philips, die samen met VMF een gelegenhedencombinatie was aangegaan ("Fabricagecombinatie Philips-VMF"), waaraan de productie van "SNOR-centrifuges" (de centrifuges voor de Nederlandse proeffabriek, van Nederlands ontwerp) was uitbesteed. De "Fabricagecombinatie Philips-VMF" is per 1 juli 1973 ontbonden, omdat de klant (UCNederland) met ingang van die datum geen centrifuges volgens dit Nederlandse ontwerp meer nodig had. De 76 personeelsleden van de "Fabricagecombinatie" zijn daarna afgevloeid, ten dele naar UCN, ten dele naar Philips, de overigen naar andere werkgevers. De afvloeiing zelf heeft voorbeeldig plaatsgevonden, al zal de periode van 24 januari 1973, de dag waarop de sluiting bekend werd gemaakt, tot juni 1973 uiteraard voor de betrokken werknemers onzeker zijn geweest.

De reden voor deze stagnatie is een besluit van de tripartite hoofdaannemer Centec om niet verder door te gaan met de verrijking van uranium met de Nederlandse SNOR-centrifuges. In de loop van 1972 was door Centec, in overeenstemming met de afspraken in het Verdrag van Almelo, de evaluatie uitgevoerd van de drie gebouwde proeffabrieken. Daarbij is besloten met twee types centrifuges verder te werken. Eén ontwerp wordt verder geëxploreerd in Engeland; een tweede ontwerp is in de periode 1972-74 verder ontwikkeld en wordt daarna in een Nederlands-Duitse fabriek getest. UCNederland heeft, onder contract met Centec deze nieuwe centrifuge (van wat kan worden aangeduid als "Duits-

ontwerp met Nederlandse toevoegingen") in productie.

De afvloeiingen in het voorjaar van 1973 hebben uiteraard een deuk in het vertrouwen gebracht. Toch slagen een aantal kranten er in met kromme redeneringen het optimisme vol te houden. Zo wijt een commentator van het Dagblad Tubantia de afvloeiingen aan het feit dat Nederland t.o.v. de beide andere partners, niet achter, maar voor ligt. De Almelose tollenfabriek moet volgens dit commentaar de pas inhouden, want

"het is er mee als met een Elfstedenrijder, die een eind voorop ligt, maar de afspraak met twee anderen heeft gemaakt om samen over de eindstreep te gaan"²⁾.

Er is in de Nederlandse pers vele malen gewag gemaakt van de voorsprong op het gebied van de ultracentrifugetechnologie die Nederland zou bezitten. Die mening is ook vele malen voor 1973 door UCN, en met name UCN-directeur M. Bogaardt, geuit. Kennelijk hebben deze betogen hun uitwerking niet gemist. De teleurstellingen in het voorjaar van 1973 roepen de vraag op in hoeverre de top van UCNederland zelf geloofd heeft dat Nederland t.o.v. Duitsland en Engeland voor lag. Als dat niet het geval is, kunnen we t.o.v. de publieke opinie en tegenover de werknemers van de Fabricagecombinatie Philips-VMF spreken van kwader trouw. Wanneer de Nederlandse top van het UCproject wel het idee heeft gehad dat de Nederlandse centrifuges beter waren dan die van de andere partners, en dat dus bij de Centec-evaluatie in 1972 de Nederlandse centrifuge als het beste ontwerp naar voren zou komen, hebben zij zich vergist. Dit laatste is vermoedelijk het geval. De vermoedelijke vergissing van de Nederlandse top van het UCproject is merkwaardig. Zij moeten in 1972 hebben geweten dat het met de toen bestaande Nederlandse centrifuges niet mogelijk was concurrerend op de verrijkingsmarkt te verschijnen. Het is interessant te zien hoe, wanneer de prijzen van verrijkingsarbeid in de Verenigde Staten stijgen, ook de verwachtingen over de prijzen van verrijkingsarbeid in Nederland stijgen. Op het moment dat de AEC prijs \$ 28 kg/swu is, wordt door UCN meegedeeld dat zij voor \$ 26 kg/swu zullen produceren. Wanneer de AEC later de prijzen verhoogt, doet UCN dat ook, maar blijft vrij consistent in de buurt van de Amerikaanse zitten. In 1974 worden een aantal grote contracten afgesloten tegen

ongeveer f. 130,-- per kg swu, en dit zijn zonder twijfel contracten waarop (veel) verlies wordt gemaakt. In 1975 wordt tenslotte door Urenco meegedeeld dat de minimale prijs waarop commercieel gewerkt kan worden \$ 100/kg swu is. Deze prijsontwikkeling moet al in 1972 bekend zijn geweest, al is hij - om politieke en commerciële redenen - nooit in de openbaarheid gebracht. Wanneer in 1970 bekend was geworden dat de werkelijke prijs geen \$ 26 per kg swu maar tenminste \$100 per kg swu zou moeten zijn, had vermoedelijk het Nederlandse parlement nooit de stappen gezet die tot een meerderheidsaandeel in UCN leidden. Niet voor niets hebben de concerns de overheid het overgrote deel van het risico laten dragen.

Dit is een voorbeeld hoe een informatiemonopolie van een belangengroep kan leiden tot besluiten, die later aanvechtbaar zijn. Het huidige personeelsbestand ligt op ongeveer 150 werknemers voor de verrijkingsfabriek, naast 150 werknemers van de centrifugefabriek. De uraanverrijking blijft een zeer kapitaalintensieve, maar weinig arbeidsintensieve industrie.

Tenslotte, het gaat om een zeer groei-gevoelige industrie met gevaren voor ernstige conjuncturele werkeloosheid. Het zou beter geweest zijn wanneer ook deze aspecten tijdig door de bestuurders en UCN op een zo objectief mogelijke manier in discussie waren gebracht.

3. Gevaren en Milieu.

UCN heeft van meet af aan gesteld dat de verrijkingsfabriek gevaarloos is en geen nadelige effecten op het milieu heeft. De kranten en de bestuurders in Twente hebben deze mening overgenomen. Het proces loopt zoals gebruikelijk in dit soort zaken. Steeds wordt van bevoegde zijde verklaard dat het project volkomen veilig is. Dit geldt zowel voor wat betreft de militaire aspecten als voor ongelukken en milieu-effecten. Zelfs als in 1970 de toenmalige secretaris-generaal Oe Thant wijst op de militaire implicaties van het UCproject, wordt door Luns op de persconferentie bij de tekening van het Verdrag van Almelo opgemerkt, dat deze kritiek wel op onjuiste informatie zal zijn gebaseerd. Pas na het verschijnen van het VWO-rapport in 1970 wordt toegegeven dat de methode als zodanig wel geschikt is voor de produktie van hoogverrijkt uranium, maar dat zulks in Almelo onmogelijk zal kunnen gebeuren. Het is

een voorbeeld van gekleurde informatie, niet zozeer omdat wat gezegd wordt in strikte zin onjuist zou zijn, maar omdat het brede kader wordt weggelaten. Daardoor wordt de gegeven informatie voor buitenstaanders sterk gekleurd in de gewenste richting, nl. dat het project niet van militaire betekenis is. In de vorige hoofdstukken is voldoende duidelijk naar voren gekomen, dat het bij het UCproject gaat om een sleuteltechniek voor de waterstofbom.

Veel energie gaat zitten in de discussie over het oorlogsverleden van Prof. Kistemaker. Voor het project als zodanig is dat echter nogal irrelevant. Het leidt ook tot allerlei onwaarschijnlijke koppelingen aan een toekomstig West-Duits kernwapen, waardoor de belangrijke problemen naar de achtergrond verschuiven. Een buitenstaander krijgt de indruk dat nogal wat diffuse frustratiem.b.t. het project wordt vertaald naar een personele kwestie, waardoor de inhoudelijke discussie enigszins op de achtergrond raakt.

Ook voor wat betreft ongelukken en milieu-effecten worden posities ingenomen van een absolute veiligheid. Dat er bij de fabriek een zeer grote opslag zal komen van het verarmde uranium komt pas laat in de discussie. Ook hier is sprake van het afhouden van de boot; aan iedereen moet duidelijk zijn geweest dat een dergelijke fabriek zeker niet ongevaarlijker is dan een groot chemisch bedrijf als b.v. een chloorfabriek. En ondanks degelijke veiligheidsvoorzieningen blijven calamiteiten uiteraard mogelijk. Karakteristiek is dat een ongelukje in de fabriek in 1971 zoveel mogelijk uit de publiciteit wordt gehouden. In augustus 1970 ontstaat enig rumoer als in een interview in de Tubantia door ir. Meilof, technisch directeur van de verrijking-fabriek³⁾, wordt aangekondigd dat, wanneer de fabrieken op grotere capaciteit zullen gaan draaien, aanzienlijk meer terrein nodig zal zijn, en UCN vermoedelijk de Almelose gemeentegrens in de richting van Borne zal overschrijden. In de Overijsselse staten wordt door A. Smit (PAK) vragen over deze kwestie gesteld⁴⁾. Hij vraagt hoe de opmerking van ir. Meilof ("binnen 10 jaar staan hier aan alle kanten fabrieken") zich verhoudt tot de bestaande bestemmingsplannen. G.S. antwoordt dat de Wet op de Ruimtelijke Ordening voldoende garanties biedt om, wanneer deze uitbreiding actueel wordt, tot een evenwichtige af-

weging van alle belangen (industriëel , agrarisch, natuurschoon) te komen. Door de recente aanvragen door Urenco⁵⁾ voor een optie t.b.v. uitbreiding (inderdaad ook op terrein van de gemeente Borne) en het daartegen gerezen verzet⁶⁾, is deze kwestie weer actueel geworden.

4. Democratie.

Overheersend is de indruk dat zowel bestuurders als bedrijf zeker in de beginperiode, weinig genegen zijn geweest een zo groot mogelijke openheid te betrachten. Daarbij is begrip op te brengen voor het feit dat sommige informatie onder geheimhouding valt. Maar nogal eens ontbreekt ook openheid van informatie, waarbij dit niet het geval is. In vele uitspraken worden verder posities ingenomen, die in strikte zin niet direct onjuist zijn, maar door het niet-vermelden van de vaak bredere problematiek belemmerend werken voor een objectieve evaluatie door de bevolking. We hebben daar in het bovenstaande al verschillende voorbeelden van gegeven. Voor wat de pers betreft, volgt de Tubantia het meest de lijn van de bestuurders: de meeste berichten worden wel gepubliceerd, maar er is weinig sprake van een vergelijking van berichten en een kritische evaluatie. Zowel de Twentse Courant als het Dagblad van het Oosten stellen meer kritische vragen.

Daarnaast belemmert het informatiemonopolie van bestuurders en fabrieksfunctionarissen eveneens een meer democratisch proces van besluitvorming.

Al bij de vestiging van het UCproject is nauwelijks van inspraak, laat staan medezeggenschap sprake geweest. De eerste toestemming voor bouw wordt direct door de Almelose gemeenteraad gegeven, op basis van tamelijk onvolledige informatie. Bezwaarschriften van de bevolking worden alle afgewezen. Het bestemmingsplan wordt zonder veel discussie ter zijde geschoven. De bouw van de tollenfabriek start voordat het parlement de goedkeuring heeft verleend, aan het RCN wordt een niet-openbare hinderwetvergunning verleend, die onderhands wordt doorgegeven aan UCN en Uranit⁷⁾.

De grootste voorstanders van UCN, de opeenvolgende burgemeesters van Almelo, worden gewoonlijk eerder ingelicht dan hun gemeenteraden, maar vinden het vaak niet nodig hun gemeenteraden direct

en volledig in te lichten. Of de snellere informatie ook betere informatie betekent kan ondertussen worden betwijfeld, gezien b.v. de mening van Almelo's burgemeester Rijpstra in 1969⁸⁾ dat in 1974 bij UCN 1000 werknemers in dienst zullen zijn. Ook het latere gedrag van B & W is weinig tactisch. In april 1975 wordt b.v. opgemerkt dat een hoorzitting over de door UCN aangevraagde optie op aanzienlijk meer terrein overbodig is, omdat "het UCproject toch maar in één richting kan groeien". De raadsleden moeten deze uitbreidingsplannen zelfs via de krant vernemen⁹⁾.

5. Slotopmerking.

Zoals reeds opgemerkt in de inleiding zijn de referentiekaders waarin het UCproject staat, vanuit de internationale wereld, de nationale samenleving en de regio zeer verschillend. Vanuit de regio blijft het, op basis van de krantenverslagen, iets houden van het spannende jongensboek, waarin het arme en lelijke jongetje voortdurend de grote broers en de grote mensenwereld te slim af is. Daarmee zou het wel eens tot veler verbeelding hebben kunnen spreken.

Regionaal ontbreekt vrijwel geheel de mogelijkheid om vanuit de andere referentiekaders naar het project te kijken. Daaraan is ongetwijfeld de houding van het locale bestuur mede debet. Gedurende de eerste periode van het project wordt de bestuursstijl van "het bestel" gekarakteriseerd door de in die tijd vrij gebruikelijke nogal paternalistische benadering, waarbij ongetwijfeld een oprechte bedoeling heeft meegespeeld, het beste voor de regio te verwerklijken. Die bestuursstijl zowel als de bijbehorende angst voor openheid en gebrek aan acceptatie van mondigheid van de burger wordt de laatste jaren steeds minder geaccepteerd. Zonder een werkelijke open besluitvorming, waarbij aan bestuurders en burgers voldoende en samenhangende informatie wordt verschaft om zich zelfstandig een oordeel te vormen, is de democratie in het geding.

Hoofdstuk VII. REFERENTIES.

1. Voor dit hoofdstuk is gebruik gemaakt van een uitvoerig overzicht van de manier waarop in de Twentse pers over het UCproject is geschreven, van de hand van M.J. Struik.
2. Tubantia, 25 jan. 1973.
3. Tubantia, 26 sept. 1970.
4. Twentse Courant, 8 okt. 1970.
5. Twentse Courant, 17 april 1975.
6. Tubantia, 1 mei 1975.
7. Aldus minister Nelissen in de Tweede Kamer op 3 maart 1971, Handelingen Tweede Kamer, Zitting 1970-1971, p. 3121.
8. Dagblad van het Oosten, 13 nov. 1969.
9. Twentse Courant, 19 april 1975.

VIII. EVALUATIE.

Inleiding.

Het doel van deze studie is een evaluatie van de stand van zaken en de ontwikkelingen op het gebied van de uraniumverrijking, zowel vanuit het technologische, het economische, het polemologische als het milieu-aspect. Die informatie is voor Nederland o.a. relevant voor de besluitvorming met betrekking tot de eigen inspanning op het gebied van de ultracentrifuge-technologie.

Het kunnen verrijken van uranium is een belangrijke stap zowel in de ontwikkeling van kernwapens als in de ontwikkeling van de kernenergie. Zo'n proces staat dan ook onvermijdelijk in een veld van grote belangen. Overwegingen van nationale veiligheid en economische ontwikkeling maken het tot een belangrijk punt van aandacht voor regeringen van nationale staten.

Souvereine staten zien het nog steeds als bevorderlijk voor de nationale veiligheid dat zij over meer van de meest geavanceerde wapens beschikken dan eventuele tegenstanders, hoe twijfelachtig dit soms ook blijkt te zijn. De energiesector is, zeker in perioden van een snel groeiend energieverbruik, een belangrijke markt voor toenemende bedrijvigheid en expansie. Het vergroten van eigen marktpositie maar zeker het handhaven ervan is een hoofddoelstelling van bedrijven. Dit leidt eveneens tot een intensieve onderlinge competitie.

In het geval van de uraanverrijking wordt de ontwikkeling sterk meebepaald door technologische factoren. Uraanverrijking is in principe op een zeer groot aantal wijzen te realiseren. Daardoor komen verschillende technologieën met elkaar in competitie en ontstaat ook technologisch gezien, een grote bedrijvigheid bij het zoeken naar nieuwe of verbeterde methoden. Het gaat daarbij om geavanceerde technologische kennis. Vaak zijn het recente wetenschappelijke of technische vindingen, zoals lasers en nieuwe materialen, die soms ook vroeger ongeschikt geachte methoden nieuwe perspectieven geven.

Dit gebied van technologie is voor een land of onderneming dan ook alleen toegankelijk als een goed potentieel aan wetenschappers en technici aanwezig is. Het vergt bovendien grote finan-

ciële inspanningen. Dit alles is slechts op te brengen door grote organisaties. Gezien de belangstelling van zowel nationale staten als bedrijfsleven op dit gebied, betekent dit, dat doorgaans de ontwikkelingen door regeringen en bedrijfsleven gezamenlijk worden geleid. Op deze manier worden dan tevens de grote financiële risico's voor het bedrijfsleven door de overheid gedragen. De gemeenschappelijke verplichtingen, de geheimhouding en het geavanceerde karakter van de technologie maken het dan erg moeilijk voor organen als de volksvertegenwoordiging om een enigszins onafhankelijke evaluatie uit te voeren en het project op zijn mérites te beoordelen.

Een evaluatie van de uraniumverrijking is niet goed mogelijk zonder een evaluatie van de totale nucleaire technologie. Uraanverrijking op grotere schaal is immers zinloos als het product niet wordt gebruikt, zodat ook de problematiek van de kernenergie en de kernwapens in de beschouwing moet worden betrokken. Beide zaken confronteren onze wereld met ongehoord grote nieuwe problemen, karakteristiek voor de wetenschappelijk-technologische ontwikkeling van de twintigste eeuw: die van de vraagstukken van oorlog en vrede, het energieverbruik en de milieu-problematiek.

We zullen in dit laatste hoofdstuk, op basis van de voorgaande, enige conclusies geven.

2. De economisch-technologische ontwikkeling.

De vraag naar licht verrijkt uranium als brandstof voor kernreactoren wordt bepaald zowel door de feitelijke als de verwachte groei van het op deze manier opgewekte vermogen aan elektriciteit. Die worden weer bepaald door de verwachte groei van het algemene energieverbruik en eventuele verschuivingen daarin met betrekking tot het aandeel van het elektriciteitsverbruik. Hierbij speelt het energieverbruik in de geïndustrialiseerde wereld de doorslaggevende rol. Ook bij een redelijk groeipercentage van het energieverbruik in de zgn. ontwikkelingslanden blijft dat voorlopig slechts een klein deel vormen van het wereldenergieverbruik.

De schattingen over het geïnstalleerde nucleaire vermogen in de toekomst zijn traditioneel meestal veel te hoog. Mede onder invloed van de energiecrisis en vooral de problematiek van de

beschikbaarheid van olie uit het Midden-Oosten zijn recent een groot aantal nieuwe prognoses gemaakt. Een belangrijke factor daarbij vormt de te verwachten prijs van energie middels nucleaire opwekking.

Tabel VIII.1. Laagste en hoogste schatting van opgesteld nucleair vermogen in verschillende delen van de wereld (GWe)

	1985		2000	
	laagste	hoogste	laagste	hoogste
Europese Gemeenschap	118	200	620	1000
Westelijke Wereld	538	700	2650	4100
Gehele Wereld	521	870	2450	4200

In tabel VIII.1 staan de laagste en de hoogste schattingen vermeld voor de Europese Gemeenschap, de Westelijke Wereld en de Gehele Wereld. (De laagste of hoogste schattingen in de verschillende jaren zijn niet altijd van dezelfde organisatie). Hieruit blijkt dat schattingen van verschillende organisaties sterk uiteen lopen. Interessant is, dat de verwachtingen voor de nabije toekomst, die het minst onzeker zijn omdat bestaande verplichtingen en redelijk vastliggende plannen gebruikt kunnen worden, nogal naar beneden zijn gegaan, maar de meer onzekere lange termijn schattingen ongeveer gelijk zijn gebleven. De lage prognoses in de laatste schatting van de Amerikaanse AEC (1974) b.v. liggen in het algemeen aanzienlijk lager dan de vorige prognoses en dan die van andere instellingen, vooral als deze streefgetallen hanteren. De belangrijkste factoren daarvoor zijn de geringere publieke acceptatie van de kernenergie en grote vertragingen bij de bouw van reactoren. Sommige schattingen zijn gebaseerd op doelstellingen van regeringen en/of andere groepen. Die hebben dan ook een min of meer normatief karakter en de vraag is of de politieke wil in staat is deze doelstellingen te realiseren, en of deze doelstelling dezelfde zal blijven over de periode in kwestie. Andere schattingen zijn extrapolaties uit feitelijke ontwikkelingen tot nu toe. De basis voor de schattingen is verder nogal aanvechtbaar. Ook zijn echter vele factoren onzeker, (investeringskosten b.v.) en veel andere factoren principieel niet te schatten (publieke acceptatie van de kernenergie b.v.), terwijl tevens onverwachte

nieuwe factoren een rol kunnen gaan spelen (b.v. een olie-boycot).

Toch vormen deze schattingen mede de basis voor beslissingen in allerlei bedrijven voor toekomstige investeringen op dit gebied. Wanneer deze eenmaal hebben plaatsgevonden, worden het mede sturende factoren voor de verdere ontwikkeling. In hoofdstuk V zijn voorbeelden gegeven van dit proces voor de Amerikaanse uraniumverrijkingsfabrieken. Het dumpen van verrijkt uranium uit de militaire installaties op de civiele markt heeft de ontwikkeling van de energiereactoren met licht verrijkt uranium sterk bevorderd en als energiebron oneigenlijk goedkoop gemaakt.

Op basis van het geschatte te installeren nucleaire vermogen is een schatting te maken over de toekomstige vraag naar verrijkt uranium en de benodigde uraanverrijkingscapaciteit. Ook hier zijn een groot aantal variabelen van belang. Ze zijn kort besproken in hoofdstuk III. Verweven daarmee spelen ook motieven van economisch-politieke en van militair-politieke aard een belangrijke rol.

De motieven van economisch-politieke aard hebben voor de uraanverrijking als zodanig vooral betrekking op huidige marktposities. Tot voor enkele jaren waren het vrijwel uitsluitend de twee supermachten Amerika en Rusland, die ten gevolge van hun militaire activiteiten op kernwapengebied, verrijkt uranium in grote hoeveelheden konden aanbieden. Ze hadden daarmee in hun respectievelijke invloedssferen vrijwel een monopoliepositie, hoewel de USSR sinds het begin van de zeventiger jaren ook bereid is contracten af te sluiten met niet-socialistische landen. Contracten zijn reeds gesloten met o.a. West-Duitsland, Frankrijk, Zweden en Oostenrijk. De Amerikaanse monopoliepositie betekent, dat eenzijdig zowel de prijzen als de leveringsvoorwaarden kunnen worden bepaald. Zowel in verschillende West-Europese landen als in landen met grote eigen voorraden aan natuurlijk uranium (Canada, Australië, Zuid-Afrika b.v.) bestaat de tendens, zich eigen verrijkingscapaciteit te verwerven om op deze manier een zelfstandiger positie te verkrijgen. Sinds enige tijd is ook West-Europa een onafhankelijke positie aan het verwerven. Dit heeft overigens in West-Europa aanleiding gegeven tot ernstige conflicten, waarbij onder leiding van Frankrijk een aantal landen hun eigen gang zijn gegaan en thans

een grote eigen verrijkingsinstallatie op basis van het gasdiffusieproces bouwen (Eurodif), en West-Duitsland, Engeland en Nederland plannen hebben voor een grote verrijkingsfabriek, gebaseerd op de centrifugemethode (URENCO).

Bij deze economisch-politieke argumenten speelt op de achtergrond mee, dat in vele kringen van West-Europa een industrieel ontwikkelingsmodel wordt voorgestaan, dat een copie is van dat van de V.S. Dit geldt met name t.a.v. moderne en grootschalige technologieën. Men is bang door een achterstand op dergelijke gebieden de eigen economische positie te verliezen en gedoemd te worden tot een tweede-rangs industrieel gebied. In de zestiger jaren heeft zich een belangrijk deel van deze discussie afgespeeld in verband met de zgn. "technological gap". Pas de laatste jaren worden af en toe geluiden gehoord voor een meer aan de eigen situatie in Europa aangepast model van ontwikkeling en een daarop gebaseerde industriepolitiek. Dit hangt nauw samen met een gevoelde noodzaak voor afremming van een ongebreidelde economische groei en een zorgvuldiger beheer van het milieu. Daarnaast speelt de noodzaak om te komen tot een vermindering van de welvaartsverschillen tussen de zgn. rijke en arme wereld een rol. Geavanceerde grootschalige technologieën werken doorgaans monopoliserend m.b.t. kennis en economische macht.

De belangstelling voor en ondersteuning van de Nederlandse participatie in de kernenergie en de uraanverrijking is van de zijde van de overheid steeds gebaseerd geweest op het argument dat het Nederlandse bedrijfsleven in dit soort geavanceerde technologieën mee moest kunnen blijven doen.

Op de argumenten van militair-politieke aard komen we later terug.

In hoofdstuk III zijn verschillende schattingen gegeven van de toekomstige vraag naar verrijkt uranium.

De hoogste en laagste schatting zijn in tabel VIII.2 vermeld. (De laagste of hoogste schattingen voor de verschillende jaren zijn niet altijd van dezelfde organisatie.)

Tabel VIII.2. Laagste en hoogste schattingen voor de toekomstige vraag naar scheidingsarbeid in verschillende delen van de wereld (1000 ton swu).

	1985		1990		2000	
	laagste	hoogste	laagste	hoogste	laagste	hoogste
EG	12	26	28	53		
Westelijke Wereld	41.7	91	70	152	111	188
Gehele Wereld	45	93	61	170	151	260

Vanwege de vele, eerder genoemde, factoren die deze vraag beïnvloeden concluderen we dat de onzekerheden in feiten nog veel groter zijn.

Het aanbod van scheidingsarbeid in de wereld zal in 1985 minimaal 52200 ton swu/j. bedragen maar waarschijnlijk 96850 ton swu/j. en mogelijk zelfs 128850 ton swu/j. (tabel III.11). Als deze cijfers van het aanbod vergeleken worden met die van de vraag, waarbij de "meest waarschijnlijke vraag" dichterbij de laagste dan bij de hoogste ligt, dan is het duidelijk dat een overcapaciteit aan uraanverrijking in de toekomst hoogst waarschijnlijk is. Een realisering van de voorgestelde Amerikaanse verbeteringsprogramma's van de bestaande fabrieken tot 27000 ton swu/j., de met enige propaganda van AEC-zijde voorgestane bouw van een nieuwe scheidingsfabriek in de V.S., de realisering van EURODIF (10700 ton swu/j.) en de geplande uitbreiding van URENCO tot 10000 ton swu/j. zou zelfs al gemakkelijk kunnen leiden tot een niet onaanzienlijke overcapaciteit.

Een "nucleaire boterberg" zou een zeer grote financiële strop betekenen voor de betreffende verrijkingsfabrieken. Bovendien moet niet worden vergeten, dat een land als Zuid-Afrika vrij vaste plannen op dit gebied heeft en over eigen uraniumvoorraden beschikt en dat dit ook geldt voor Australië en Canada. Als deze landen inderdaad hun wens uitsluitend nog verrijkt uranium te exporteren ten uitvoer brengen, dan wordt het beeld voor Urenco nog aanzienlijk ongunstiger. Een interessant gegeven in dit verband is ook dat verschillende grote ondernemingen in de V.S. een snel verminderende belangstelling vertonen om zich in de uraanverrijking te gaan begeven. De sugges-

tie die er van de plannen van Urenco uitgaat, alsof er voor een verrijkingfabriek van 10.000 ton swu/j. in Nederland en/of West-Duitsland omstreeks 1985 zeker een markt zou zijn, is dan ook in hoge mate aanvechtbaar. De door UCN-directeur Prof.dr. M. Bogaardt geuite wens, dat Nederland aardgasgelden in een uitbreiding van de Nederlandse uraanverrijkingcapaciteit zou moeten investeren, is vanuit een enigszins verstandige energiepolitiek dan ook niet te verdedigen.

Naast de vraag naar verrijkt uranium is de prijs hiervan een belangrijke factor. Vooral uit de hoofdstukken III en V moge duidelijk zijn, dat deze prijs in hoge mate wordt bepaald door oneigenlijk economische en door politieke factoren. Ontwikkelings- en investeringsgelden komen bij de huidige kernwapenstaten uit de militaire sfeer. De prijs van het Amerikaanse verrijkte uranium is lange tijd een sturelement geweest in de politiek m.b.t. het voorkomen van de verspreiding van kernwapens en heeft zeker ook een functie gehad m.b.t. de Amerikaanse monopoliepositie op nucleair economisch gebied in de niet-communistische wereld. Ook de ontwikkeling van de ultracentrifuge is voor een aanzienlijk deel met overheidsgeld betaald.

Om een aandeel in de verrijkingmarkt te veroveren heeft Urenco tegen een niet kostendekkende prijs van ongeveer f. 130.- per kg. swu, vergelijkbaar met de Amerikaanse prijs, contracten voor de jaren '80 afgesloten. Volgens een zegsman van Urenco voor een totale waarde van 5.8 miljard gulden. Aangezien volgens Urenco een commerciële prijs minimaal \$ 100.- per kg swu bedraagt zou dit een verliespost betekenen in de orde van 6 miljard gulden waarvan een derde door Nederland gedragen moet worden. Tevens zouden deze contracten een capaciteit van 4000 ton swu/j. vereisen, hetgeen 2 maal zo veel is als waartoe in 1973 officieel besloten is.

Mogelijk zullen, naarmate er meer uraanverrijkingfaciliteiten in meerdere landen komen, economisch-politieke factoren minder zwaar gaan wegen, maar ze zullen in verschillende landen zeker nog een aanzienlijke tijd een rol blijven spelen, gegeven de doorgaans nauwe relaties tussen overheid en bedrijfsleven op dit gebied.

In toenemende mate zullen echter toch wel investeringskosten en de energieconsumptie een rol mee gaan spelen. Deze zijn vooral technologisch bepaald. Zoals beschreven in hoofdstuk II is er wat dit betreft op het gebied van de uraanverrijking een grote activiteit. De door de kernwapenstaten, op misschien China na, gebruikte methode van gasdiffusie, is economisch alleen aantrekkelijk voor zeer grote installaties en heeft een hoog energieverbruik. De centrifugemethode kan in veel kleinere eenheden rendabel worden gebruikt en het energieverbruik is slechts 10% van dat van de gasdiffusietechniek. Het jet-nozzle proces vraagt een ongeveer gelijke investering per productie-eenheid, maar is wel zeer energieintensief. Daarnaast dienen zich verschillende nieuwe verrijkingmethoden aan, waarvan een aantal m.b.v. lasers. Door de zeer hoge verrijkinggraad per stap zou deze methode in de toekomst het beeld wel eens aanzienlijk kunnen veranderen, als zou blijken dat hiermee zeer flexibel en op kleine schaal met een redelijke energieconsumptie verrijkt kan worden. De lasermethode kan daarnaast direct hoog verrijkt uraan voor kernwapens produceren, zodat in situaties, waarbij een beperkte productiecapaciteit als een militair belangrijke zaak wordt beschouwd, deze methode nogal aantrekkelijk wordt.

De nieuwe technologische ontwikkelingen komen steeds meer in handen van het bedrijfsleven en er wordt in steeds meer landen aan gewerkt. Te verwachten is dan ook dat de situatie, waarin de productie van verrijkt uranium op industriële schaal nog alleen in de kernwapenlanden plaats vindt, binnenkort tot het verleden zal behoren. De ultracentrifuge-techniek, die reeds op semi-industriële schaal wordt bedreven, lijkt dan een economisch niet onaantrekkelijk alternatief voor de gasdiffusiemethode, vooral voor geïndustrialiseerde, kleine of middelgrote landen, waar de energieprijzen hoog zijn. Een mogelijk beperkende factor zal zijn gelegen in de productie van het benodigde aantal centrifuges.

Tot slot nog enkele opmerkingen m.b.t. de werkgelegenheid. Deze is voor de huidige technologieën niet erg groot: het gaat om zeer kapitaal-intensieve industrieën, die vrijwel volledig geautomatiseerd zijn en waarbij de personeelsactiviteiten zich vrijwel beperken tot onderhoud en het besturen van de

fabriek. Daarnaast zijn er de normale administratieve en commerciële activiteiten nodig. Hoewel niet zeer specialistisch opgeleid personeel nodig is, zal voor het runnen van de fabriek in het algemeen personeel met een redelijk technische opleiding nodig zijn. Geschat wordt dat er per productiecapaciteit van 1000 ton swu/j. ongeveer 275 personeelsleden nodig zouden zijn voor de ultracentrifugetechniek, ongeveer 100 voor de gasdiffusiemethode en 175 voor het jet-nozzle procédé. Deze getallen moeten met voorzichtigheid worden gehanteerd en kunnen voor veel kleinere of veel grotere eenheden nogal wat verschillend zijn. De indirect veroorzaakte werkgelegenheid zal nauwelijks een stimulans voor lokale industrieën kunnen zijn, b.v. als toeleveringsbedrijf.

Opgemerkt moet worden, dat de werkgelegenheid nogal kan worden beïnvloed door de internationale vraag naar verrijkt uranium, waarop nationaal vrijwel geen invloed kan worden uitgeoefend. Plotselingen discontinuïteiten als b.v. bij de vliegtuigindustrie zijn mogelijk. Voor de ultracentrifugemethode vormt de fabriek voor de centrifuges nog een apart probleem. Geclaimd wordt dat ook hier met normaal technisch opgeleid personeel kan worden gewerkt. Deze fabriek heeft slechts een redelijke afzet, wanneer er sprake is van een behoorlijke groei van de verrijkingsfabrieken met centrifuges en zal daardoor wat werkgelegenheid betreft nogal kwetsbaar zijn voor plotselinge fluctuaties in de groei en daarmee afhankelijk van zeer vele politieke en sociale factoren.

3. Militaire aspecten.

De te verwachten verspreiding van uraanverrijkingscapaciteit naar vele landen betekent, dat deze landen tevens over de fysieke mogelijkheid gaan beschikken, op uranium gebaseerde kernwapens te ontwikkelen. Dit is in het bijzonder van betekenis voor de waterstofbom, die als "slaghoedje" een splijtingsbom van hoog verrijkt uranium nodig heeft. Voor de omschakeling van een fabriek die licht verrijkt uraan produceert naar de productie van hoog verrijkt uraan is weliswaar een reorganisatie van de fabriek nodig, maar deze zal doorgaans geen knelpunt vormen.

De centrifugetechnologie leent zich goed voor relatief kleine

productie-eenheden, die militair relevant kunnen zijn voor kernwapenproductie. Capaciteiten als die van de huidige proef-fabrieken in Almelo, zijn dit al. Voor de lasertechnologie is de militaire relevantie voor de productie van kernwapens nog aanzienlijk groter, omdat hiermee, naar verwachting, reeds op semi-laboratoriumschaal relevante hoeveelheden explosief materiaal voor kernwapens kunnen worden gemaakt.

Meer nog dan voor directe productie van kernwapens, zal het de beschikking hebben over een uraanverrijkingcapaciteit op eigen grondgebied beschouwd worden als een mogelijke aanwij-zing, dat een land de optie op kernwapens open wil houden. Dit heeft ongetwijfeld meegespeeld bij het plaatsen van de Westduitse proeffabriek op Nederlands grondgebied.

In het kader van de overeenkomst van Almelo is afgesproken, geen uraan te verrijken voor kernwapengebruik. Bovendien zijn sinds kort alle drie landen partij bij het wereldwijde ver-drag tegen de verspreiding van kernwapens, het zgn. non-pro-liferatieverdrag.

Er zijn echter ontwikkelingen, zoals besproken in hoofdstuk VI, waardoor de tripartite samenwerking meer in de richting gaat van twee gescheiden ondernemingen, een Engelse en een Neder-lands-Westduitse. Het verdrag is bovendien voor slechts 10 jaar aangegaan. De Westduitse toetreding tot het non-proli-feratieverdrag is verder niet zonder discussie verlopen. Het verdrag kent een artikel (X), waarin de toetredende landen het recht hebben uit te treden als naar het oordeel van een land bepaalde gebeurtenissen haar "supreme interests" in gevaar brengen. Van Westduitse zijde is toen verklaard dat het uit-eenvallen van de NAVO haars inziens zo'n gebeurtenis zou kun-nen zijn en de Amerikaanse regering heeft hiermee ingestemd. De Westduitse regering heeft formeel dan ook niet de optie op het maken van kernwapens door het aangaan van deze ver-dragsverplichtingen opgegeven.

Wel heeft ze in 1954 bij toetreding tot de NAVO verklaard niet op eigen grondgebied kernwapens te zullen maken. Er is menings-verschil over het feit of dit de productie van hoog verrijkt uraan op eigen grondgebied uitsluit (zie hoofdstuk VI). De Nederlandse regering is van mening dat dit niet het geval is.

Binnen de huidige verdragsbepalingen is dan ook een Westduits-Franse samenwerking voor kernwapenproductie niet uitgesloten. Hetzelfde geldt m.b.t. een eventueel Westduitse-Italiaanse samenwerking. Italië heeft bij de recente ratificatie van het non-proliferatieverdrag eveneens de optie op een kernwapen in Europees verband opengehouden. Bovendien bestaat er nog steeds een geheim verdrag tussen Frankrijk, Italië en de Bondsrepubliek op dit gebied (zie hoofdstuk V). Voor een eventuele toekomstige Westeuropese kernmacht is Duitse participatie zeker een relevante zaak. Het zelf hebben van een verrijkingcapaciteit zou voor de Bondsrepubliek in dit opzicht van betekenis zijn, maar niet doorslaggevend.

In mondiaal verband werkt de verspreiding van uraanverrijkingcapaciteit drempelverlagend voor de proliferatie van kernwapens. Het is juist de ontwikkeling van de civiele nucleaire technologie, die het effectief voortbestaan van het non-proliferatieverdrag in gevaar brengt. De uraanverrijking voor reactoren is daarvan één van de kanalen. Het brengt B. Feld, secretaris-generaal van de Pugwash-beweging, tot de verzuhting: "Indeed, they who believe that the past self-imposed prohibitions, against nuclear weapon production and their use, are likely to be maintained in an age of growing dependence on nuclear power, are living in a nuclear fool's paradise."

4. Milieu-effecten.

Voor wat betreft de milieu-effecten van uraanverrijking moet onderscheid worden gemaakt tussen de directe milieu-effecten en de indirecte, n.l. die van de gehele nucleaire industrie. Immers, uraanverrijking wordt tot een zinloze aangelegenheid, wanneer niet tevens het verrijkt uranium wordt gebruikt.

Het stimuleren van uraanverrijking betekent het stimuleren van de toepassing van kernenergiereactoren en, zoals vermeld in de vorige paragraaf, het verlagen van de drempel voor de verspreiding van kernwapens.

Het gebruiken van kernwapens zal leiden tot een ernstige radioactieve besmetting van grote delen, zo niet, van de gehele

wereld. Ook het toepassen van kernenergie op grote schaal kan tot een belangrijke radioactieve besmetting van de biosfeer leiden door het vrijkomen van radioactief materiaal in de vele stappen van de splijtstofcyclus. Niet alleen door routinelozingen maar vooral door ongelukken met b.v. kernenergiecentrales, opwerkingsfabrieken en door het verspreiden van radioactief afval vanuit de opslagplaatsen. Karakteristiek voor de radioactieve besmetting van het milieu is de zeer lange termijn waarover deze zich handhaaft. In geval van grote ongelukken met b.v. kerncentrales blijven grote gebieden mogelijk voor een tiental jaren onbewoonbaar. Het radioactief afval blijft gedurende vele honderdduizenden jaren gevaarlijk (door de lang levende isotopen hierin zoals b.v. ^{239}Pu plutonium met een halveringstijd van 24000 jaar). Introductie van kernenergie betekent het introduceren van zeer lange termijnrisico's die niet meer ongedaan gemaakt kunnen worden. Dit risico is in hoofdstuk IV kort besproken.

Naast dit indirecte milieu-effect hebben uraanverrijkingsfabrieken directe milieu-effecten. Deze betreffen radiologische en chemische verontreiniging (voornamelijk in geval van ongelukken) door de fabriek en door het transport en de opslag van het uranium. Daarnaast is er de thermische belasting van het milieu door het hoge elektriciteitsverbruik van verrijkinginstallaties.

De directe radiologische gevaren van uraanverrijking zijn klein in vergelijking met die van een aantal andere onderdelen van de splijtstofcyclus.

Het chemotoxische effect wordt vooral bepaald door uranium, dat een zwaar metaal is en door het agressieve fluor van UF_6 (de chemische vorm waarin, bij het verrijkingproces uranium vervoerd, verwerkt en opgeslagen wordt). Met name in West-Duitsland en de USSR gelden voor fluor(-verbindingen) zeer strenge normen (zie appendix B).

De omvang van de gevolgen van een ongeluk zullen natuurlijk afhangen van de hoeveelheid UF_6 die hierbij vrijkomt. Te verwachten valt dat alleen in geval hierbij brand ontstaat, via breuken in de stalen vaten, in korte tijd grote hoeveelheden UF_6 kunnen ontsnappen en zich in de atmosfeer ver-

spreiden. Hoofdstuk IV geeft de omvang van deze verspreiding weer voor drie scenario's (vrijkomen van 1 kg, 10 kg en 100 kg UF₆).

Voor de radiologische effecten zijn de nieren de kritische organen. De maximale stralingsbelasting van de nieren, voor personen dichtbij het ongeluk, kan een tiental rems bedragen. Acute chemotoxische effecten kunnen optreden op afstanden van enkele tientallen tot honderden meters.

De normen voor de maximaal toegestane concentratie in de lucht kunnen echter bij het vrijkomen van grote hoeveelheden UF₆ tot op vele tientallen kilometers overschreden worden.

Voor uraanverrijking zijn grote hoeveelheden elektriciteit nodig. T.b.v. de nieuwe gasdiffusieverrijkingsfabriek van Eurodif in Frankrijk worden bij voorbeeld 4 grote kerncentrales gebouwd met een vermogen van 925 MWe elk. Het ultracentrifugeprocédé vergt ongeveer een tiende van het vermogen benodigd voor een gasdiffusiefabriek met eenzelfde capaciteit. Vooreen capaciteit van 10000 ton scheidingsarbeid per jaar is echter toch nog ongeveer 300 MWe nodig. De totale thermische belasting door zo'n centrifugeverrijkingsinstallatie ligt daardoor in de orde van grootte van 1000 MWth.

5. Besluitvorming in Nederland.

Het is niet ongebruikelijk dat een meer integrale maatschappelijke evaluatie van nieuwe en geavanceerde wetenschappelijke technologische ontwikkelingen pas in een laat stadium plaats vindt. Veelal zijn slechts enkele aspecten (financieel-economische, militaire) doorslaggevend voor de introductie van nieuwe technologieën. Deze situatie komen we ook tegen bij de uraanverrijking. In Nederland in het bijzonder voor wat betreft de ultracentrifugetechniek.

De rol van het parlement is bij de introductie van deze technologie in Nederland zeer beperkt geweest en komt in feite neer op het achteraf goedkeuren van reeds genomen besluiten.

De verwevenheid van overheid en industrieën bij de ontwikkeling van de ultracentrifuge maakt het voor het parlement extra moeilijk om een greep op de ontwikkeling te krijgen. Naast een industriële geheimhouding is er in het geval van de ultracentrifuge ontwikkeling de extra complicatie van de militaire

geheimhouding. Daardoor wordt het voor een, m.b.t. de beoor- deling van technologische ontwikkelingen toch al slecht ge- equippeerd, parlement erg moeilijk om een inzicht in het ge- heel te krijgen.

In dit rapport worden een aantal voorbeelden gegeven waaruit de geringe invloed en controle van het parlement blijkt.

Vóór het tot stand komen van het Verdrag van Almelo blijkt de regering weinig geneigd tot het verschaffen van informatie aan het parlement. En in de kamerdebatten blijkt het parle- ment, ondanks enkele pogingen daartoe, niet in staat om enige wijziging in de Verdragstekst aan te brengen, b.v. m.b.t. garanties voor het tegengaan van de verspreiding van kernwa- pens.

De door het parlement geuite wens om te komen tot een Europese samenwerking in Euratom verband is niet in vervulling gegaan. De tripartite organisatie en Eurodif zijn hun eigen weg ge- gaan en nu in feite verwickeld in een hevige concurrentiestrijd.

Een belangrijk punt waarop zowel parlement als regering in ge- breke zijn gebleven, is het uitvoeren van de, door de kamer aanvaarde, motie Oele en de Goede, waarin nader overleg tussen kamer en regering wordt verlangd voordat besloten wordt tot uitbreiding van capaciteit van Urenco tot meer dan 350 ton swu/j. Dit overleg heeft nooit plaats gevonden, terwijl wel al het besluit tot een uitbreiding tot 2000 ton swu/j is ge- vallen en contracten voor minstens deze capaciteit tot 1990 zijn afgesloten. Zoals in de vorige paragraaf vermeld, waar- schijnlijk zelfs voor de dubbele capaciteit. Op deze contrac- ten wordt vermoedelijk een verlies geleden van ongeveer 6 miljard gulden. Voor Nederland een verliespost van 100 à 200 miljoen gulden per jaar. Deze zaken zijn ten onrechte buiten het parlement om gegaan.

Tenslotte is ook buiten het parlement om een reorganisatie van Urenco tot stand gekomen die mogelijk een voorbode is van het uiteenvallen van de tripartite organisatie in een Engelse en een Nederlands-West-Duitse component, waarbij West-Duitsland in de laatste combinatie dan feitelijk een overheersende posi- tie zal innemen. Dit zou verdere consequenties kunnen hebben m.b.t. de ontwikkeling van een West-Duits kernwapen al of niet

in Europees verband.

Bij deze reorganisatie zijn een aantal besloten vennootschappen opgericht waarmee de openbaarheid van het gebeuren binnen Urenco, waarop de regering in 1971 doelde met de opmerking "het is toch een N.V.", vervluchtigd is.

Een integrale evaluatie van de uraanverrijkingsindustrie m.b.t. al haar maatschappelijke aspecten inclusief haar rol in de verspreiding van kernwapens (waaronder de thermo-nucleaire) en de problemen van de kernenergie als totaalsysteem heeft tot nu toe in het parlement niet plaats gevonden.

6. De regio.

De komst van het ultracentrifugeproject naar Almelo wordt aanvankelijk in de regio met een vrijwel grenzeloos optimisme ontvangen. In het klimaat van de zestiger jaren wordt een ongeclausuleerde industriële groei door de meeste bestuurders voorgestaan. Ook de pers is voor een groot deel juichend in zijn commentaar: Almelo en de bijbehorende regio zal nu worden opgestoten in de vaart der volkeren. Van de zijde van de bestuurders zowel als aan het project verbonden functionarissen wordt de bevolking veel moois voorgehouden zonder dat veel concrete en zakelijke informatie wordt verschaft. Daarbij is onduidelijk in hoeverre het plaatselijk bestuur zelf voldoende geïnformeerd is geweest om zich een eigen oordeel te kunnen vormen. Wel duidelijk is, dat het bestuur zich in hoge mate achter het project stelt en soms een nog sterkere promotor voor het project lijkt te willen zijn dan de woordvoerders van het project zelf. Daarbij wordt vele malen een beroep gedaan op chauvinistische sentimenten: gesuggereerd wordt dat het kleine Nederland hier iets unieks heeft gedaan en wat ontwikkeling betreft voor ligt op de gehele wereld.

In een dergelijk klimaat is haast per definitie een wat kritischer oordeel over het project onmogelijk. Vooral gedurende de zestiger jaren, als de bestuurshouding, die thans vaak met "het bestel" wordt aangeduid, nog algemeen wordt geaccepteerd, wordt op kritiek een meestal extreem antwoord gegeven. De fabriek is volstrekt veilig en bommen kunnen in Almelo niet gemaakt worden. Wat doorgaans gezegd wordt, is in de meest

letterlijke betekenis niet onjuist. Maar het is in feite gekleurde informatie, omdat niet aangegeven wordt, dat in een iets breder kader de beweringen soms eenvoudig onjuist zijn, terwijl tevens duidelijk is dat vanuit dit bredere kader vele vragen worden gesteld. Daardoor wordt voorkomen dat een enigszins objectieve evaluatie plaats vindt. Karakteristiek is b.v. ook de wijze waarop een ongelukje in de fabriek in 1971 zoveel mogelijk uit de publiciteit wordt gehouden.

Het informatiemonopolie doet zich op vele wijzen gelden. De cijfers, die de ronde doen over groei van de fabriek en de toekomstige werkgelegenheid, zijn geheel en al oncontroleerbaar. De afvloeiingen in het voorjaar van 1973 bij de Fabricagecombinatie Philips-VMF worden zelfs in de pers geïnterpreteerd als een aanwijzing, dat de Nederlandse ontwikkeling te ver voor ligt, op die van de andere landen. Terwijl in het algemeen veel berichten over het project in de pers verschijnen, blijven deze zo verbrokken, dat van een enigszins compleet beeld geen sprake is. De Tubantia volgt doorgaans het meest de lijn van de bestuurders, zowel de Twentse Courant als het Dagblad van het Oosten stellen meer kritische vragen.

De laatste jaren worden vanuit de burgerij ook meer vragen gesteld over het project. De fabriek begint in 1974 met een speciale voorlichtingsdienst. Toch is het nog steeds zo, dat de informatievoorziening door de bestuurders van burgerij en gemeenteraad slecht is. De door UCN gevraagde optie op aanzienlijk meer terrein in 1975 wordt door de raadsleden uit de krant vernomen. Een intussen echter alerter geworden burgerij zal ongetwijfeld meer openheid van besluitvorming vragen om zich zelfstandig een oordeel te kunnen vormen.

APPENDIX A. KERNENERGIEPROGNOSES VAN DE AEC: VERONDERSTELLINGEN
EN GEVOELIGHEIDSANALYSES.

A.1. In de laatste prognoses van 1974 van de Amerikaanse Atoom-energiecommissie zoals vermeld in (USAEC) WASH-1139(74)¹⁾ over het toekomstig opgestelde nucleaire vermogen in de wereld wordt uitgegaan van 4 scenario's (A, B, C en D) voor de Verenigde Staten en van 3 (X, Y en Z) voor de rest van de wereld. Hierin worden de volgende aannamen gemaakt betreffende elektriciteitsverbruik en procedures rond de bouw van kerncentrales.

Geval A en X geven de laagste voorspellingen voor de V.S. en de rest van de wereld. Aangenomen wordt dat de huidige trend van toenemende vertragingen in de bouw van kerncentrales voortzet en dat de lange termijn vraag naar elektriciteit betrekkelijk laag zal zijn.

Geval C en Z geven de hoogste voorspellingen. Aangenomen wordt dat een aanzienlijke verbetering optreedt in de bouwtijd, dat er wettelijke "verbeteringen" komen van de huidige reguleringen. Bovendien wordt uitgegaan van een betrekkelijk hoog elektriciteitsverbruik met een overwicht van nucleaire op fossiel gestookte centrales.

Geval B en Y gaan uit van soepeler reguleringsprocessen, minder vertragingen in de bouw en voortzetting van de huidige trend in het elektriciteitsverbruik.

Geval D (voor de V.S.) gaat uit van lange termijn besparingen in het energieverbruik, soepeler reguleringsvoorschriften, minder vertragingen in de bouw en een relatief laag elektriciteitsverbruik op lange termijn.

Tabel A1 geeft het totale energieverbruik in de V.S., het aandeel van elektriciteit hierin en het aandeel van nucleaire energie, dat in de vier scenario's voor de Verenigde Staten wordt verondersteld. Dit geeft de achtergrond weer van de AEC kernenergie prognoses van 1974, die ook in hoofdstuk III genoemd worden.

Tabel A.1. Prognoses energieverbruik en elektrisch vermogen in U.S.A.
Bron: WASH 1139 (74)

	geval	1960	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
Energieverbruik per hoofd (10 ⁶ BTU)	A	247	329	357	378	401	429	462	499
	B	247	329	372	428	485	558	635	719
	C	247	329	376	434	497	569	650	737
	D	247	329	364	399	438	494	563	642
Percentage voor elektriciteitsopwekking.	A	18	24	29	33	37	42	46	51
	B	18	24	29	31	34	40	45	50
	C	18	24	29	34	38	43	49	54
	D	18	24	29	32	36	41	46	50
Gemiddelde belastingsgraad	A,B, C,D.	0.49	0.52	0.50	0.49	0.50	0.51	0.51	0.52
Totaal elektrisch vermogen (GWe)	A	168	341	510	655	800	1040	1280	1575
	B	168	341	520	700	903	1275	1685	2220
	C	168	341	540	770	1020	1425	1900	2500
	D	168	341	520	680	865	1160	1530	2020
Nuclair vermogen (GWe)	A	0.02	5.8	43.3	85.0	230.9	410	620	850
	B	0.02	5.8	47.3	102.1	260.0	500	820	1200
	C	0.02	5.8	52.0	112.4	275.0	575	960	1400
	D	0.02	5.8	47.3	102.1	250	475	760	1090

A.2. Aannames t.a.v. nucleaire capaciteitsverdeling over de verschillende reactortypen.

De vraag naar scheidingsarbeid wordt mede bepaald door de types reactoren die gebruikt worden. De in WASH 1139(74) gehanteerde verdeling van de nucleaire capaciteit over de verschillende reactortypes is als volgt:

U.S.A. : Voor de rest van de eeuw worden 3 types reactor gebruikt, n.l. de lichtwaterreactoren (LWR), de hoge temperatuur gasgekoelde reactoren (HTGR) en de snelle kweekreactoren (FBR). (Zie fig. A1).

Introductie van de FBR geschiedt in 1988 met een penetratie snelheid op de nucleaire markt gelijk aan die van de LWR vanaf 1967 op de elektriciteitsmarkt. Van de HTGR wordt aangenomen dat vanaf het begin van 1980 de toegevoegde nucleaire capaciteit (uitgezonderd de FBR) voor 10% uit HTGR's bestaat oplopend tot 15% aan het eind van de tachtiger jaren en dat de HTGR zich daarna op dit 15% marktaandeel stabiliseert.

De verdeling van de lichtwaterreactoren over de druk- en kokend waterreactoren is als 2:1.

Wereld uitgezonderd U.S.A. : De FBR doet zijn intrede vanaf 1986 met een zelfde penetratiesnelheid op de markt als in de U.S.A.

De HTGR begint belangrijk te worden vanaf 1980 met aan het eind der tachtiger jaren een marktaandeel van 10% op de niet-kweekreactor nucleaire markt. Voor de Centraal Geplande Economieën worden geen HTGR's voorspeld. Het marktaandeel van de reactoren die draaien op natuurlijk uranium (die vermoedelijk vrijwel alleen in Canada en India zullen worden toegepast) wordt gelijk aan de totale nucleaire markt van Canada genomen. De geavanceerde thermische reactor (ATR) wordt vooral in Japan verwacht en is in fig. A2 aangegeven met "andere". De verhouding van de druk- en kokend waterreactoren is als 1:1.

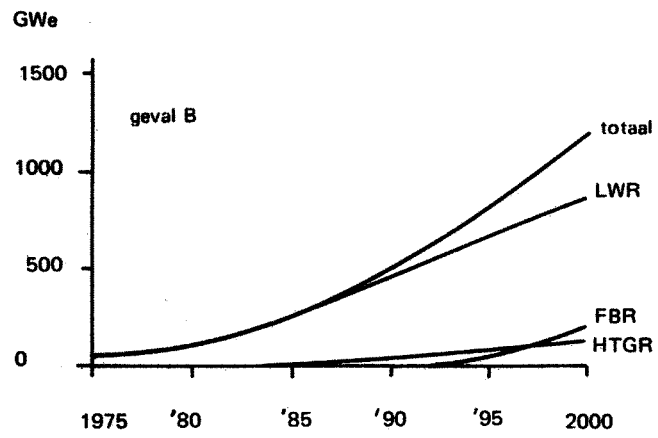


Fig. A1 Geïnstalleerd vermogen naar reactortype in USA

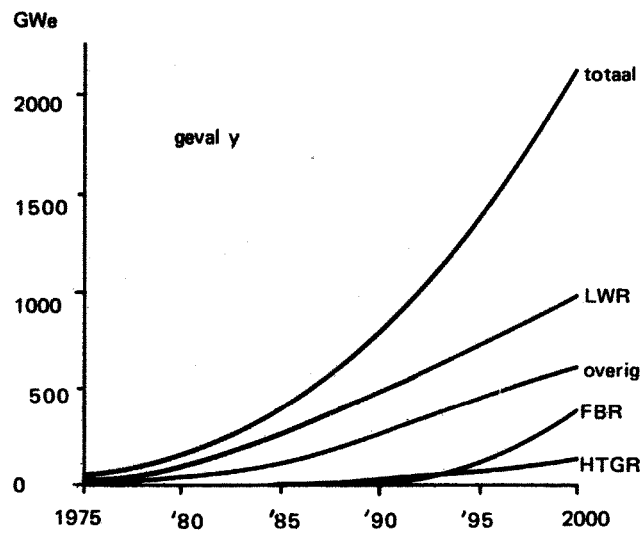


Fig. A2 Geïnstalleerd vermogen naar reactortype buiten USA.

A.3. Aannames betreffende Plutoniumrecycling.

Bij de prognoses van de USAEC van de behoefte aan scheidingsarbeid zoals weergegeven in tabel A2 wordt er van uitgegaan dat in 1977 begonnen wordt met terugvoer van plutonium, aanvankelijk voor 25% van het geproduceerde plutonium. In 1978 wordt 50% teruggevoerd, in 1979 75% en 100% vanaf 1980 tot deze hoeveelheid weer gereduceerd moet worden ten gunste van de introductie van snelle kweekreactoren.

A.4. Belastingsgraad.

In WASH 1139(74) wordt verder aangenomen dat de belastingsgraad van kerncentrales het eerste jaar 40% is, het tweede en derde jaar 65%, en gedurende het vierde tot en met het vijftiende jaar 75%, waarna deze jaarlijks met 2 percentagepunten afneemt tot het minimum van 25% in het veertigste jaar. Dit betekent over de eerste 15 jaar een gemiddelde belastingsgraad van 70% en 58% over de aangenomen levensduur van 40 jaar.

A.5. Scheidingsarbeidbehoefte: een gevoeligheidsanalyse.

In tabel A2 wordt een gedetailleerd overzicht gegeven van de vraag naar scheidingsarbeid in de jaren tot 2000 voor de bovengenoemde scenario's van de AEC. Zoals in hoofdstuk III uiteengezet is, wordt deze vraag door vele factoren bepaald. Een gevoeligheidsanalyse laat zien hoe groot de invloed van een aantal factoren is op de behoefte aan scheidingsarbeid. Hier wordt de invloed van de volgende factoren op de vraag naar scheidingsarbeid in de USA in de jaren 1980, 1990 en 2000 beschreven: het geïnstalleerde nucleaire vermogen, de tails assay, vertraagd of geen introductie van de snelle kweekreactor en het al of niet toepassen van plutonium recycling¹⁾.

De invloed van de grootte van de tails assay (0.2%, 0.3% en 0.4%) is voor verschillende scenario's A, B, C en D weergegeven in fig. A3. Het effect van de vier verschillende kernenergieprogramma's op de behoefte aan scheidingsarbeid wordt vrijwel te niet gedaan door de ver-

Tabel A2

Jaarlijkse behoefte aan scheidingsarbeid (duizend ton SWU, 75 procent belastingsgraad, Pu-terugvoer) - Bron WASH 1139 (74)

Tails assay 0.2 procent								Tails assay 0.3 procent						
USA				Rest Wereld				USA				Rest Wereld		
A	B	C	D	X	Y	Z		A	B	C	D	X	Y	Z
3.2	4.2	5.8	4.4	2.7	4.3	5.2	1974	2.5	3.3	4.6	3.4	2.2	3.4	4.1
6.3	6.7	6.2	7.0	6.0	8.1	6.6	1975	5.0	5.3	4.9	5.6	4.7	6.4	5.2
5.7	7.1	8.0	7.2	6.4	8.5	11.1	1976	4.5	5.7	6.3	5.7	5.1	6.8	8.7
7.8	9.0	9.0	8.8	10.1	10.5	9.2	1977	6.2	7.2	7.2	7.0	7.9	8.3	7.3
8.9	10.8	12.4	11.5	9.5	14.8	16.7	1978	7.1	8.6	9.8	9.1	7.5	11.7	13.2
12.6	12.0	14.6	13.3	11.7	17.1	15.8	1979	10.0	9.5	11.6	10.6	9.3	13.6	12.5
14.3	17.8	17.6	17.9	15.9	17.9	22.6	1980	11.3	14.1	13.9	14.2	12.6	14.1	17.8
16.7	17.8	18.9	20.6	19.0	22.6	25.7	1981	13.3	14.2	15.0	16.3	15.0	17.8	20.2
18.8	21.5	24.6	22.8	22.5	27.9	29.8	1982	14.9	17.1	19.6	18.1	17.7	21.9	23.5
22.8	24.7	25.9	21.2	22.6	32.3	36.4	1983	18.1	19.6	20.7	16.9	17.8	25.4	28.7
24.0	28.5	30.4	24.8	29.8	36.8	42.6	1984	19.2	22.8	24.2	19.8	23.5	29.1	33.6
28.8	33.1	35.7	30.8	34.8	42.9	49.6	1985	23.0	26.4	28.5	24.6	27.5	33.9	39.1
31.2	36.5	41.1	35.1	38.7	49.7	57.7	1986	24.9	29.1	32.9	28.1	30.5	39.2	45.5
34.2	41.3	47.6	38.5	46.3	55.7	66.9	1987	27.4	33.1	38.1	30.8	36.6	43.9	52.8
38.4	46.3	53.5	44.1	55.6	64.3	76.7	1988	30.7	37.1	42.8	35.4	44.0	50.8	60.6
41.1	51.8	59.8	49.0	60.2	71.0	84.9	1989	32.9	41.5	47.9	39.3	47.6	56.0	67.1
45.2	57.4	66.6	53.2	66.7	76.9	93.7	1990	36.3	46.0	53.4	42.7	52.8	60.7	74.1
49.0	62.4	72.9	58.4	71.6	85.0	102.9	1991	39.3	50.1	58.5	46.9	56.7	67.2	81.4
51.8	68.2	79.5	62.9	77.2	91.1	111.1	1992	41.6	54.7	63.8	50.5	61.1	72.0	88.5
54.7	73.5	86.7	68.0	81.9	99.3	124.5	1993	43.9	59.0	69.6	54.6	64.9	78.5	98.5
57.9	78.5	92.6	72.3	91.4	111.8	141.1	1994	46.5	63.1	74.4	58.1	72.4	88.3	111.6
61.4	84.0	99.1	77.3	98.3	122.7	153.0	1995	49.4	67.5	79.6	62.1	77.8	96.9	121.1
64.3	89.6	105.7	81.9	103.9	132.6	164.8	1996	51.7	72.0	84.9	65.8	82.2	104.8	130.4
67.4	94.2	110.7	85.8	109.8	139.6	176.6	1997	54.2	75.7	89.0	68.9	86.8	110.3	139.8
68.6	98.6	114.7	89.0	113.5	144.2	184.7	1998	55.1	79.3	92.3	71.6	89.7	114.0	146.2
69.5	101.3	117.9	91.1	115.5	150.2	194.0	1999	55.9	81.5	94.9	73.3	91.2	118.6	153.6
71.4	104.4	121.0	93.6	118.6	153.3	205.9	2000	57.4	84.0	97.4	75.3	93.6	121.1	163.0

rijkingsfabrieken met een andere tails assay te laten draaien. D.w.z. in geval D en een tails assay van 0.3% is de cumulatieve behoefte aan scheidingsarbeid praktisch even groot als in de laagste prognose (A) bij een tails assay van 0.2% of in de hoogste prognose (C) bij een tails assay van 0.4%.

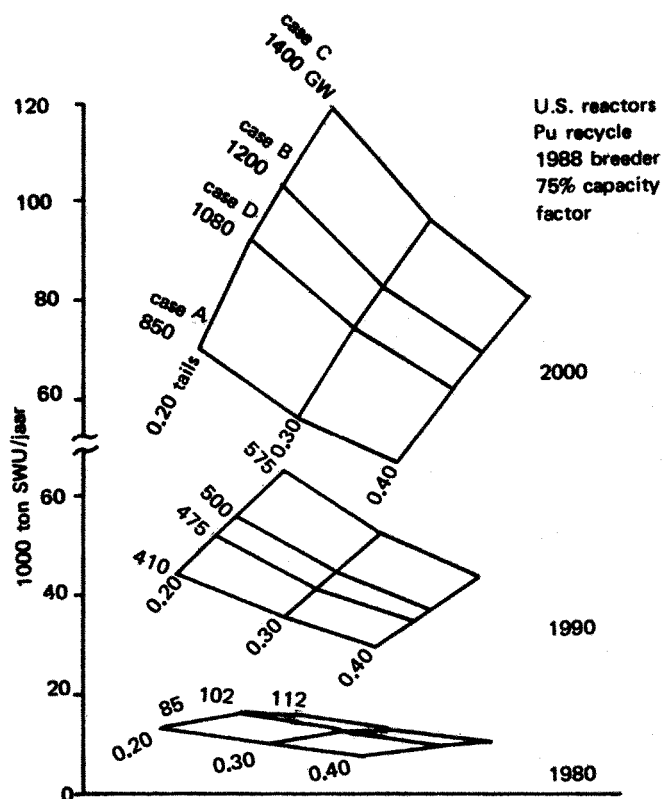


Fig. A3. Gevoeligheid van scheidingsarbeidsbehoefte voor tailsassay en geïnstalleerd nucleair vermogen
Bron: WASH 1139(74)

De invloed van de introduktie van de snelle kweekreactor en van het al of niet toepassen van plutonium recycling is weergegeven in fig. A4 voor prognose D. In het oorspronkelijke scenario D is aangenomen dat vanaf 1977 betrekkelijk langzaam de plutonium recycling wordt opgevoerd van 0 tot 100% en aan het eind van de negentiger jaren weer afneemt t.g.v. invoering van de snelle kweekreactoren. Als alternatief is genomen dat in het geheel geen plutonium recycling in lichtwaterreactoren wordt toegepast, gecombineerd met een vertraagd vanaf 1993 i.p.v. 1988 of niet invoeren van de snelle kweekreactor.

Plutonium recycling heeft in dit scenario, met een continu toenemend aantal reactoren, als invloed dat er een vertraging van 6 tot 10 maanden in de cumulatieve vraag optreedt. Als het aantal reactoren niet zou groeien vermindert plutonium recycling de behoefte aan scheidingsarbeid relatief veel sterker n.l. met 20 à 30% i.p.v. de ongeveer 10% in dit groeiscenario. Niet invoeren van de snelle kweekreactor heeft in geval geen plutonium recycling wordt toegepast een aanzienlijk grotere invloed dan wanneer dit wel geschiedt (zie jaar 2000 in fig. A4).

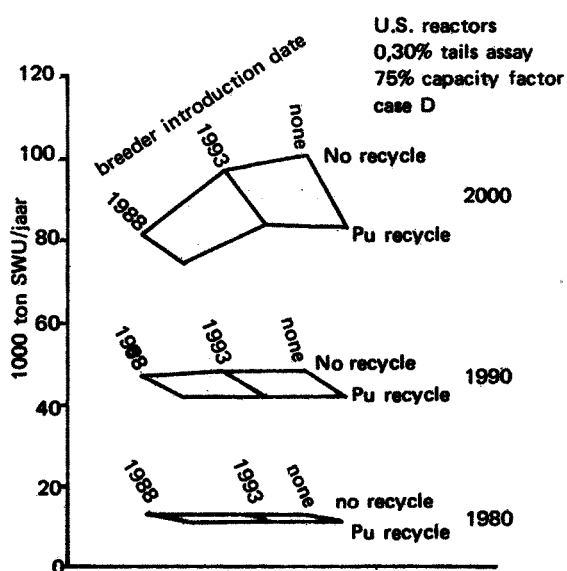


Fig. A4 Gevoeligheid van scheidingsarbeidbehoefte voor plutoniumrecycling en introductie van snelle kweekreactoren,
Bron: WASH 1139(74).

Door kernreactoren worden grote hoeveelheden plutonium geproduceerd. ^{239}Pu heeft een halveringstijd van 24000 jaar en blijft daardoor vele honderdduizenden jaren radioactief. Indien het plutonium niet teruggevoerd wordt in lichtwatereactoren of kweekreactoren nemen de voorraden snel toe en vormt dan één van de grote problemen van het radioactief afval en risico's voor productie en verspreiding van kernwapens. Zelfs als het plutonium wel gerecycled wordt dan is de opgeslagen voorraad nog ongeveer 10 tot 20% en de hoeveelheid die in het radioactief afval achter blijft 0.5% van de totaal geproduceerde hoeveelheid. De jaarlijkse productie en de voorraden voor de USA in scenario D en voor de rest van de wereld in scenario Y zijn resp. weergegeven in fig. A5 en A6. De totaal geproduceerde hoeveelheid bedraagt in 1985 367 ton en in 2000 bijna 5000 ton. De voorraden zijn dan, bij toepassing van plutonium recycling, 100 resp. 210 ton.

1) "Nuclear power growth 1974-2000", WASH 1139(74).

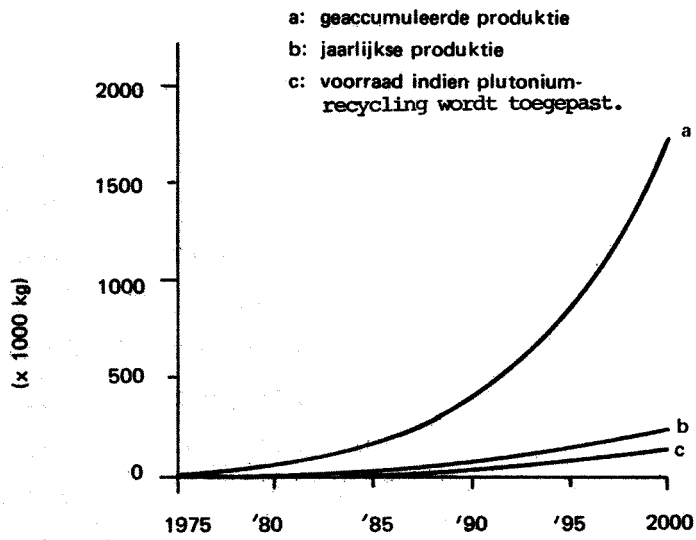


Fig. A5. Splijtbaar plutoniumproduktie en voorraad in USA (1000 kg.). Scenario D.
 Bron: WASH 1139(74).

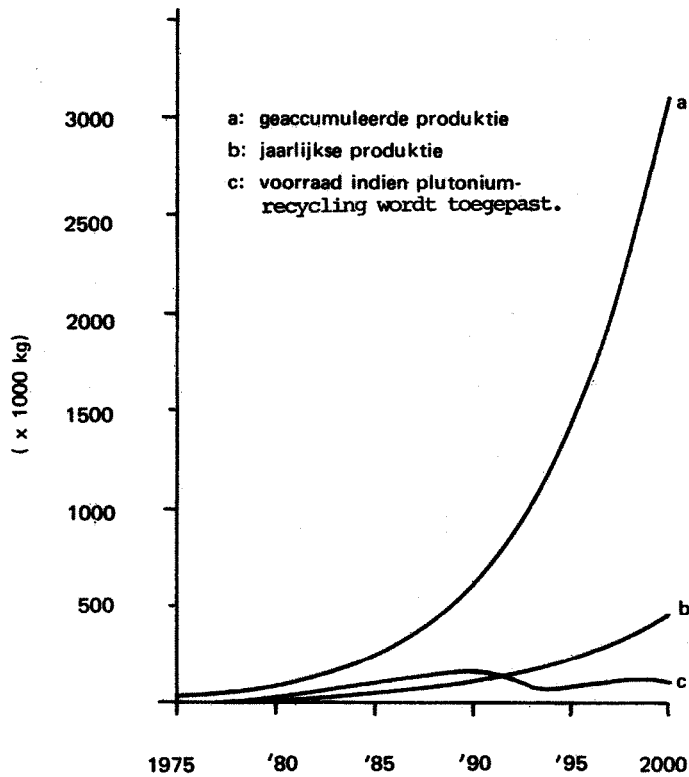


Fig. A6. Splijtbaar plutonium: Produktie en voorraad buiten USA (1000 kg.).
 Bron: WASH 1139(74)

APPENDIX B. GEVAREN EN MILIEUBELASTING VAN URAANVERRIJKING.

B.1. Wanneer van I gram geïnhaleerd radioactief materiaal fI gram uniform in orgaan O wordt verspreid, is de stralingsbelasting van dat orgaan, op dat moment

$$x_o = \frac{\ln 2}{T_A} \cdot fI \cdot \frac{N_A}{A} \cdot E_{\text{eff}} \cdot (1.6 \cdot 10^{-8}) \cdot \frac{1}{g_o} \quad (\text{rem/sec.}) \quad (1)$$

waarin: T_A radiologische halveringstijd van het betreffende isotoop (in seconden)
 N_A getal van Avogadro = $6.0225 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
 A molecuulgewicht van de stof waarvan fI gram verdeeld wordt
 E_{eff} de effectieve energie van het isotoop in orgaan O (in MeV)
 g_o gewicht van orgaan O (in gram).

De stralingsbelasting voor de eerste week volgt uit

$$x_{\text{week}} = \int_0^{7 \text{ dagen}} x_o e^{-t \ln 2 / T_o} dt = x_o \frac{T_o}{\ln 2} (1 - e^{-7 \ln 2 / T_o}) \cdot 8.64 \cdot 10^4 \quad (\text{rem}) \quad (2)$$

Totale ontvangen dosis in 50 jaar is

$$x_{50j} = \int_0^{50j} x_o e^{-t \ln 2 / T_o} dt = x_o \frac{T_o}{\ln 2} (1 - e^{-18250 \ln 2 / T_o}) \cdot 8.64 \cdot 10^4 \quad (\text{rem}) \quad (3)$$

waarin T_o de effectieve halveringstijd van het isotoop in orgaan O uitgedrukt in dagen. Voor uranium is deze praktisch gelijk aan de biologische halveringstijd.

Voor ^{235}U en ^{238}U vinden we achtereenvolgens (in een verbinding met een molecuulgewicht van 305 resp. 308, b.v. UF_2O_2)

^{238}U

	fI	E_{ff}	g_{o}	T_{o}	$X_{50\text{j}/\text{I}}$	$X_{\text{week}/\text{I}}$
totale lichaam	0.25I	43	$7 \cdot 10^4$	100	0.30	0.02
long (onop.)	0.125I	43	$1 \cdot 10^3$	120	12.6	0.5
nieren	0.028I	43	300	15	1.17	0.33
bot	0.083I	220	$1 \cdot 10^4$	300	10.7	0.17

 ^{235}U

	fI	E_{ff}	g_{o}	T_{o}	$X_{50\text{j}/\text{I}}$	$X_{\text{week}/\text{I}}$
totale lichaam	0.25I	46	$7 \cdot 10^4$	100	2.0	0.1
long (onopl.)	0.125I	46	$1 \cdot 10^3$	120	84.0	3.3
nieren	0.028I	46	300	15	7.7	2.2
bot	0.083I	230	$1 \cdot 10^4$	300	69.3	1.1

Bron: ICRP, "Report of Committee II on Permissible Dose for Internal Radiation", New York, 1959.

f : pp. 225, 226 en 153 (longen)

E_{ff} : pp. 108, 141, 142

g_{o} : pp. 225, 226

T_{o} : pp. 225, 226.

B.2. Voor het berekenen van concentraties kan aangenomen worden dat een individu gemiddeld ongeveer $1\text{m}^3/\text{uur}$ lucht inhaleert.

Bron: ICRP (1959), p. 152.

B.3. Concentratie in de lucht op afstand x van bron op grondniveau met bronsterkte Q, wordt voor verschillende weertypes (Pasquill-categorieën) gegeven in fig. 1.

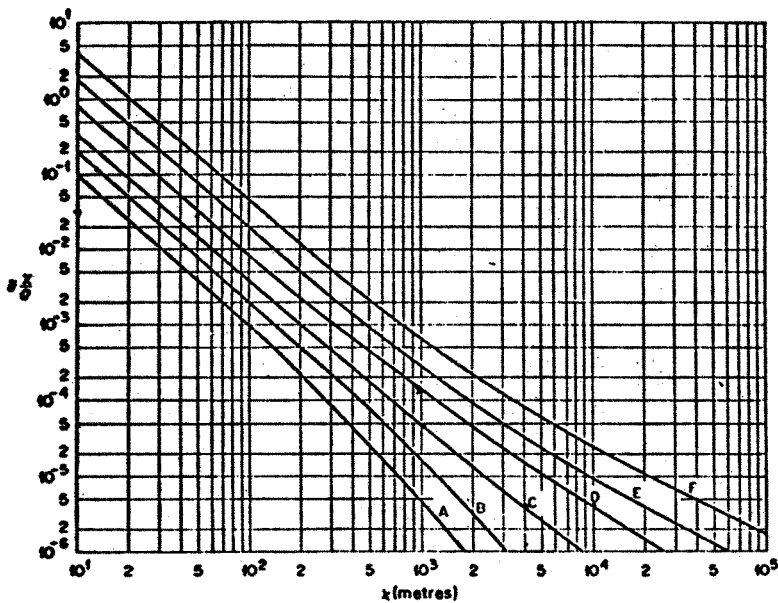


Fig. B.1. Waarden van $\bar{u}X/Q$ als functie van de benedenwindse afstand, x , meters, voor verschillende weertypen; bron op grondniveau.

Hierin is:

x afstand in meters van de bron langs de as van de wind-richting

\bar{u} windsnelheid in m/sec.

X concentratie in g/m^3 op afstand x van de bron

Q bronsterkte in g/sec uitstroomsnelheid

A-B-C-D-E-F Pasquill-categorie voor weertypes, lopend van buitengewoon onstabiel (A) via neutraal (D) naar stabiel (F).

Bron: IAEA, "Application of Meteorology to Safety at Nuclear Plants", Safety Series no. 29, Wenen, 1968.

B.4. Chemotoxische effecten.

UF₆ reageert met waterdamp uit de lucht heftig, voornamelijk volgens



Zowel HF als UF₂O₂ zijn zeer giftig.

HF: De aanvaardbaar geachte concentraties voor HF lopen nogal uiteen. De Amerikaanse Conference of Governmental Industrial Hygienists heeft als drempellimiet waarde voor HF 2 mg/m³ (3 p.p.m.) aangenomen¹⁾.

De Duitse V.D.I. geeft in 1974 de volgende normen voor de maximale concentratie in lucht voor inhaleren²⁾.

gem. waarde voor ½ uur : 0.2 mg/m³

gem. waarde voor 24 uur : 0.1 mg/m³

gem. waarde voor 1 jaar : 0.05 mg/m³.

De norm in de USSR is nog strenger³⁾ en bedraagt

gem. waarde per dag : 0.005 mg/m³.

Tenslotte geeft de W.Duitse overheid een maximale immissiewaarde voor HF van 0.0020 mg/m³ voor continue belasting, 0.0040 mg/m³ voor belasting gedurende korte tijd⁵⁾.

Effecten: irritatie van ogen, neus, huid (brandwonden - pas pijnlijk en izichtbaar na verscheidene uren). Bij grotere concentratie: schade aan longen, lever, nieren.

UF₂O₂ is een oplosbare stof. De limiet die door de American Conference of Governmental Industrial Hygienists is aangenomen, bedraagt 50 micro gram van U/m³ voor oplosbare U-verbindingen (250 micro g van U/m³ voor niet-oplosbare U-verbindingen)¹⁾ bij blootstelling gedurende 8-urige werkdagen.

Ref. 4 geeft een MAC-waarde van 0.02 mg/m³ voor uranium en haar zouten.

Ref. 1 geeft een beschrijving van twee ongelukken, beide met UF₆ en zijn hydrolyse producten UF₂O₂ en HF. In het eerste ongeval veroorzaakte een breuk in een UF₆ tank en stoomleidingen twee doden (één binnen 10 min., slachtoffer was 5 minuten blootgesteld geweest aan de UF₆ wolk, een ander, die gevlucht was, 70 minuten later). Van de 3 andere personen die ernstig gewond raakten waren 2 in de directe omgeving van het ongeval, de derde was buiten in de buurt (10-14 dagen voor herstel in een ziekenhuis waren nodig). 13 andere blootgeselde indi-

viduen hadden slechts ambulante hulp nodig. Het tweede incident was minder ernstig. Ref. 1 geeft geen opgave van concentraties.

Referenties

REFERENTIES

1. Patty, F.A. (ed.), "Industrial Hygiene and Toxicology", Vol. II, 2nd, 1963
2. "VDI Handbuch Reinhaltung der Luft", VDI, 1974.
3. H. Strohm (Hrsg.), "Umweltschutz Report", Darmstadt, 1973.
4. "Merck-index of chemical and drugs", 7th ed., 1960.
5. Gemeinsames Ministerialblatt Z 3191A, UB. Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft, Luftreinhaltung, Lärmbekämpfung, hrsg. von Bundesministerium der Innern, Bonn, 4 sept. 1974, p. 432.

APPENDIX. C. KOSTEN VAN URANIUMVERRIJKING.C.1. Historische prijzen voor scheidingsarbeid.

Tot nu toe zijn de prijzen die voor het verrijken van uranium berekend worden niet gebaseerd op de werkelijke kosten die hiervoor gemaakt worden. De prijs die de Verenigde Staten, die tot vorig jaar een monopoliepositie op de verrijkingmarkt had, vroeg, was in feite een politieke prijs. De lage prijs heeft vele jaren andere landen weerhouden om verrijkinginstallaties te bouwen, waardoor de V.S. zijn monopoliepositie behield. De "verliezen" werden gedekt vanuit de militaire sector waar een overproductie van verrijkt uranium was. De laatste jaren verhogen de V.S. regelmatig de prijs in aanzienlijke mate vooral nu gebleken is dat andere landen toch verrijkinginstallaties gaan bouwen. De door de USAEC berekende prijs was voor 1970 26 dollar/kg swu en werd in 1970 verhoogd tot \$ 28.7, in 1971 tot \$ 32, in 1973 tot \$36.4, en in 1974 tot 42 à 44 \$/kg swu en zal de komende jaren nog verder verhoogd worden.

De Sowjet Unie die sinds 1973 leveringscontracten heeft afgesloten met West-Europese landen vraagt een 5% lagere prijs dan de V.S. Ook de nieuwe verrijkingconsortia Eurodif en Urenco hebben al hun contracten voor de tachtiger jaren tegen een niet kostendekkende prijs afgesloten. In de eerste plaats zijn de ontwikkelingskosten van het centrifugeprocédé van Urenco voor het grootste deel door de Nederlandse, West-Duitse en Engelse staat betaald en niet doorberekend in de prijs. In de tweede plaats zijn deze prijzen (ongeveer f. 130.- per kg swu in de contracten die Urenco tot nu toe voor de tachtiger jaren afsloot) niet voldoende om de investerings- en bedrijfskosten te dekken. Het belangrijkste motief voor deze verliesgevendende prijzen van Eurodif en Urenco is het veroveren van een deel van de markt voor verrijkt uranium. Het consortium UEA van een aantal particuliere industrieën in de V.S. heeft al aangekondigd dat de scheidingsprijs minimaal \$ 77/kg swu moet zijn⁸⁾ en vertegenwoordigers van Urenco hebben in maart gesteld dat een rendabele prijs voor verrijkt uranium minstens \$ 100/kg swu is. Een belangrijke factor voor de verrijkingkosten zijn de investeringskosten. Zoals tabel C1 laat zien zijn de bedragen die hiervoor genoemd worden de laatste jaren enorm gestegen. Alle prijzen die in het verleden genoemd zijn berusten dan ook op volslagen foute schattingen of zijn genoemd uit politieke over-

wegingen om de bouw van verrijdingsinstallaties niet al te onaantrekkelijk voor te spiegelen.

C.2. Kostenopbouw van scheidingsarbeid.

De belangrijkste kostenfactoren voor verrijking van uranium zijn investeringen, energieverbruik, en personeel en onderhoud. Voor de verschillende verrijdingsprocédé's verschilt de verhouding van deze factoren aanzienlijk.

Energieverbruik.

Voor het gasdiffusieproces is een aanzienlijk elektrisch vermogen vereist. Zo worden ten behoeve van de gasdiffusieverrijdingsfabriek van Eurodif bij Pierrelatte, met een capaciteit van 10.700 ton swu/j., vier kerncentrales gebouwd, elk met een vermogen van 925 MWe, waarvan 3000 MWe bestemd is voor de verrijdingsfabriek. Voor een ultracentrifugeverrijdingsfabriek, waarvan er tot nu toe geen grote draait, wordt vrij algemeen aangenomen dat het benodigde elektrische vermogen, bij dezelfde capaciteit, ongeveer één tiende is als voor een gasdiffusiefabriek. De schattingen hiervoor lopen echter toch nog een factor twee uiteen (tabel C1). Voor het jet-nozzle proces is naar schatting een nog hoger vermogen benodigd dan voor een gasdiffusiefabriek (tabel C1). Voor het proefstadium waarin het jet-nozzle proces verkeert is dit in elk geval zo. Om met het ultracentrifugeproces te kunnen concurreren is het voor het gasdiffusie en jet-nozzle proces van belang om elektrische stroom voor een lage prijs te kunnen betrekken. Dit is een van de redenen waarom intensief de mogelijkheden van verrijdingsinstallaties bij grote waterkrachtcentrales in verschillende landen onderzocht worden; zo zijn er studies voor gasdiffusiefabrieken in Canada, Zaïre en voormalig Australisch Nieuw Guinea en voor jet-nozzle verrijdingsfabrieken in Zuid Afrika en Brazilië (zie hoofdstuk III).

Investeringskosten.

Zoals uit tabel C1 blijkt zijn de laatste drie jaar de schattingen over de investeringskosten bijzonder sterk gestegen. Zelfs voor gasdiffusiefabrieken waar al ruim 20 jaar ervaring mee is zijn deze schattingen in drie jaar tijds 2½ à 3 maal zo hoog geworden. De kosten van de gasdiffusiefabriek van Eurodif, die op het ogenblik in Frankrijk gebouwd wordt, die in 1973 op 7 miljard franc geraamd werden, worden nu op 15 miljard franse franc geschat (exclusief de kosten van de 4 kerncentrales die hiervoor gebouwd worden)⁹⁾. Ook de schattingen van de investeringskosten voor ultracentrifugeverrijkingfabrieken, waarvan in het algemeen aangenomen wordt dat die hoger zijn dan voor een gasdiffusiefabriek zijn sterk opgelopen. In 1972 noemde Urenco⁵⁾ een prijs van \$ 152/(kg swu per jaar) en in 1975 van \$ 210/(kg swu/j.)⁷⁾. Dit is nog laag vergeleken bij de huidige schatting van \$ 330/(kg swu/j.) door Amerikaanse particuliere industrieën⁸⁾. Wat de waarde is van de schattingen t.a.v. het Duitse jet-nozzle proces is moeilijk te zeggen gezien alle speculatieve aannamen t.a.v. dit proces, dat nog in de kleuterschoenen staat. Voor de Zuid-Afrikaanse (jet-nozzle?) verrijkingfabriek is een bedrag van \$ 280/(kg swu/j.) genoemd¹⁰⁾. De gigantische investeringen van zo'n 8 à 9 miljard gulden voor een verrijkingfabriek met een capaciteit van 10000 ton swu/j. en de escalatie hierin tezamen met een onzekere afzetmarkt voor verrijkt uranium veroorzaken grote aarzelingen bij particuliere industrieën om verrijkingfabrieken te bouwen en zijn belangrijke motieven voor industrieën als Westinghouse en General Electric om zich uit deze projecten terug te trekken.

Overige kosten.

De belangrijkste hiervan zijn de jaarlijkse personeels-, onderhouds-, en reparatiekosten. Deze vormen voor het ultracentrifugeproces een aanzienlijk belangrijker factor dan voor het gasdiffusie- en waarschijnlijk ook jet-nozzle proces. De personeelslasten voor de verschillende processen worden per capaciteit van 1000 ton swu/j. geschat op ongeveer f. 11 miljoen per jaar voor het ultracentrifugeproces, f. 4 miljoen voor het gasdiffusieproces en f. 7 miljoen voor het jet-nozzle proces hetgeen overeenkomt met een personeelsbe-

Tabel C.1

	gasdiffusie	ultracentrifuge	jet-nozzle	referentie/jaar schatting
Scheidingsfactor	~ 1.0016	~ 1.2	~ 1.010 à 1.015	hoofdstuk II
aantal trappen in cascade	~ 1400	~ 13	~ 450	2)
personeel per 1000 ton swu/j (man)	100	275	175	4)
minimale capaciteit voor optimaal economisch bedrijf (ton swu/j.)	8750	1000	2500	1) (1972)
Bij deze capaciteit benodigd elektrisch vermogen (MW)	2400	30	950	1) (1972)
Specifiek energieverbruik (kwh/kg swu)	2100	175-260	4350-6500	2) (1972)
	2100-2440	260	3300	1) (1972)
	2050-2400	300-400		3) (1973)
	2400	200	2400	4) (1974)
			4400	12) (1975)
Specifieke investeringskosten (\$ per kg swu/j.)	120-140	170	76.5	1) (1972)
		152		5) URENCO (1972)
		144		13) URENCO (1973)
	137-160	129-195		6) (1973)
	120-130	120-150		3) (1973)
	145 ^{a)}	145 ^{a)}	150 ^{a)}	4) (1974)
		210 ^{b)}		7) URENCO (1975)
	300	330		8) (1975)
	280 ^{c)}			9) EURODIF (1975)
			(280)	10) Zuid-Afrika (1975)
Scheidingsarbeidskosten (\$/kg swu)	28-43	43.0	43.6	1) (1972)
		48.0		6) URENCO (1973)
	32-58	21-52		6) (1973)
	36-43	30-40		3) (1973)
	73	77		8) (1975)
	100		11) URENCO (1975)	
bouwtijd (jaar)	5 à 6	3	3	1) (1972)

a) wisselkoers 1\$ = 3 DM

b) £ 1 miljard voor 10000 ton swu/j., wisselkoers 1 £ = 2 \$

c) 15 miljard Franse francs voor 10700 ton swu/j, wisselkoers 1 \$ = f 3,- = 5 francs.

stand van resp. 275, 100 en 175 man per capaciteit van 1000 ton swu/j.⁴⁾.

Conclusie.

Het aandeel van investering, energie en personeels- en onderhoudskosten verschilt sterk voor de verschillende technologieën. Deze verdeling is weergegeven in tabel C2.

Tabel C2: VERDELING VAN SCHEIDINGSARBEIDSKOSTEN

Bron: Braun et.al.⁴⁾

	gasdiffusie		ultracentrifuge	jet-nozzle
stroomprijs (cent/kwh)	2.5	1.5	2.5	1.5
kapitaalkosten % ^{a)}	43	55	60	53
energiekosten %	50	36	6	35
bedrijfsuitgaven (zonder energie)%	7	9	34	12
Totaal	100	100	100	100
loonaandeel	3	4	13	7

a) investeringskosten per kg swu/j.: gasdiffusie DM 430.-, centrifuge DM 430.-, jet-nozzle DM 440.-.
rentevoet 8%, afschrijvingstermijn 20 jaar.

Voor gasdiffusiefabrieken zijn grote eenheden van meer dan 8750 ton swu/j. vereist om economisch optimaal rendabel te zijn. Ultracentrifugefabrieken hebben als voordeel dat in vergelijking hiermee veel kleinere eenheden, van 1000 ton swu, reeds economisch optimaal zijn. Hierdoor is een soepeler aanpassing aan de markt voor verrijkt uranium mogelijk. De economisch optimale grootte van het jet-nozzle proces ligt hier tussen in, waarschijnlijk bij 2500 ton swu/j. Indien verrijking via de lasertechniek op de markt komt zullen hiermee veel kleinere capaciteiten economisch beschikbaar kunnen komen. Over de economie van laserverrijking kan echter momenteel slechts gespeculeerd worden, wat ook gedaan wordt.

Farell¹⁴⁾ vergelijkt de investeringskosten van fabrieken met éénzelfde verrijkingcapaciteit voor verschillende technologieën. Deze zouden bij \$ 1.8 miljard voor het gasdiffusie- en centrifugeproces, \$ 800 miljoen voor Exxon Nuclear's foto-ionische laserproces, \$ 450 miljoen voor het AEC laserproces en \$ 80 miljoen voor het laserproces van Eerkens bedragen.

Hoge stroomkosten zullen ten nadele van gasdiffusie en jet-nozzle werken t.o.v. het gascentrifuge proces. Een hoge rentevoet zal, in verband met het belangrijke aandeel van investeringskosten in de scheidingsarbeidprijs bij het centrifugeproces, in het nadeel van de ultracentrifuge werken, evenals hoge loonkosten.

De schattingen over investeringskosten en prijzen van verrijkt uranium zijn nog steeds in beweging zodat een bovengrens voor deze op het ogenblik nog niet te geven zijn. Alle genoemde investeringskosten moeten dan ook als een ondergrens beschouwd worden.

Appendix C. REFERENTIES.

1. Mohrhauer, H., "Stand der Urananreicherung in Europa", Atomwirtschaft, juni 1972, p. 300.
2. Kelling, F.E.T., "Methoden voor Uraanverrijking", Atoomenergie, Vol. 14, dec. 1972, p. 297.
3. "Der Markt für Urananreicherung in West Europa", Jahrbuch der Atomwirtschaft, 1974, p. B 45.
4. Braun, R., Geipel, H., Iwand, J., "Zum wirtschaftlichkeitsvergleich von Uran-Anreicherungsverfahren", Atomwirtschaft, nov. 1974, p. 536.
5. "Almelo Anreicherungsanlage vor Inbetriebnahme", Jahrbuch der Atomwirtschaft 1973, p. 157.
6. Roberts, J.T., "Uranium Enrichment: Supply, Demand and Costs", Bulletin IAEA, Vol. 16, febr./apr. 1974, p. 14.
7. Allday, C., Kehoe, R.B., "Urenco-Centec Progress and Plans", paper voor de International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7 mrt. 1975.
8. O'Donell, A.J., "Uranium Enrichment Associates, a private initiative", paper voor de International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7 mrt. 1975.
9. "Eurodif-anlagenkosten verdoppelt", Atomwirtschaft, febr. 1975, p. 57.
10. "La République Sud-Africaine lance un appel à la coopération internationale pour construire une usine d'enrichissement de l'uranium", Le Monde, 25 april 1975.
11. Szekessy, J., Messer, K.P., Briggs, D.S., Dibbert, H.J., "Uranium Enrichment - Market, Supply, Commercial Aspects", paper voor de International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7 mrt. 1975.
12. Geppert, H., et.al., "The industrial implementation of the separation nozzle proces", paper voor de International Conference on Uranium Isotope Separation, London, 5-7 mrt. 1975.
13. Parry, J.V.L., "The Tripartite centrifuge enrichment project", JAIF Conference, 1973.
14. Farell, T., Laser Focus, nov. 1974., p. 9.

Tabel D1. Estimated world uranium resources, January 1973 – nearly 80 per cent of the world's cheap uranium resources are in the USA, Canada and South Africa

Country	Price range <\$10/lb U ₃ O ₈				Price range \$10-15/lb U ₃ O ₈			
	Reasonably assured resources reserves		Estimated additional resources		Reasonably assured resources		Estimated additional resources	
	10 ³ tons uranium	10 ³ short tons U ₃ O ₈	10 ³ tons uranium	10 ³ short tons U ₃ O ₈	10 ³ tons uranium	10 ³ short tons U ₃ O ₈	10 ³ tons uranium	10 ³ short tons U ₃ O ₈
Argentina	9.2	12	14	18	7.7	10	23	30
Australia	71	92	78.5	102	29.5	38.3	29	38
Brazil	-	-	2.5 ^a	3.3	0.7	0.9	-	-
Canada	185	241	190	247	122	158	219	284
Central African Republic	8	10.5	8	10.5	-	-	-	-
Denmark (Greenland)	5.6	7.0	10	13	-	-	-	-
Finland	-	-	-	-	1.3	1.7	-	-
France	36.6	47.5	24.3	31.5	20	26	25	32.5
Gabon	20	26	5	6.5	-	-	5	6.5
India	-	-	-	-	2.3	3	0.8	1
Italy	1.2	1.6	-	-	-	-	-	-
Japan	2.8	3.6	-	-	4.2	5.4	-	-
Mexico	1.0	1.3	-	-	0.9	1.2	-	-
Niger	40	52	20	26	10	13	10	13
Portugal (Europe)	6.4	9.3	5.9	7.7	1	1.3	10	13
Portugal (Angola)	-	-	-	-	-	-	13	17
South Africa	202	263	8	10.4	62	80.6	26	33.8
Spain	8.5	11	-	-	7.7	10	-	-
Sweden	-	-	-	-	270	351	40	52
Turkey	2.2	2.8	-	-	0.5	0.6	-	-
USA	259	337	538 ^b	700	141	183	231	300
Yugoslavia	6	7.8	10	13	-	-	-	-
Zaire	1.8	2.3	1.7	2.2	-	-	-	-
Total (rounded)	866	1 126	916	1 191	680	884	632	821

^a Plus 70 000 tons U by-product from phosphates.

^b Plus 70 000 tons U by-product from phosphates and copper production.

Source: "Uranium - Resources, Production and Demand", *Joint Report OECD NEA and IAEA* (Paris, 1973).

Table D2. World uranium production, 1969-72^a – about one-half of the world's uranium is, at present, produced by the USA and most of the other half by Canada and South Africa

Countries	1969		1970		1971		1972	
	tons U	short tons U ₃ O ₈	tons U	short tons U ₃ O ₈	tons U	short tons U ₃ O ₈	tons U	short tons U ₃ O
Argentina	42	55	45	60	45	60	26	33
Australia	254	330	254	330	-	-	-	-
Canada	3 430	4 450	3 530	4 580	3 830	4 980	4 000	5 200
France	1 180	1 530	1 250	1 630	1 250	1 630	1 380	1 800
Gabon	500	650	400	520	540	700	210	270
Japan	-	-	-	-	-	-	15	20
Mexico	30	40	-	-	-	-	-	-
Niger	-	-	-	-	430	560	870	1 130
Portugal	94	122	-	-	81	105	81	105
South Africa	3 080	4 000	3 167	4 117	3 220	4 186	3 076	4 000
Spain	55	72	51	66	60	78	60	78
Sweden	29	38	14	18	8	10	7	9
USA	8 900	11 600	9 900	12 900	9 470	12 300	9 900	12 900
Total	17 600	22 880	18 610	24 200	18 930	24 610	19 660	25 550

^a No production figures were available for India; the processing capacity of the Jaduguda mill is 1 000 tons of ore per day, which indicates production of a few hundred tons U per year.

Source: "Uranium – Resources, Production and Demand", *Joint Report OECD NEA and IAEA* (Paris 1973).

Tabel D3. World uranium production capacities

Countries	Reasonably assured resources \$10/lb U ₃ O ₈ (reserves)				Annual production capacities					
	1973		Net changes since 1970		1973		Planned for 1975		Attainable 1978 ^a	
	10 ³ tons U	10 ³ short tons U ₃ O ₈	10 ³ tons U	10 ³ short tons U ₃ O ₈	tons U	short tons U ₃ O ₈	tons U	short tons U ₃ O ₈	tons U	short tons U ₃ O ₈
Argentina	9.2	12	+ 1.5	+ 2	46	60	165	210	520	670
Australia	71	92	+ 54	+ 70	-	-	770	1 000	4 600	6 000
Canada	185	241	+ 7	+ 9	4 600	6 000	6 500	8 500	10 800	14 000
France	36.6	47.5	+ 2.6	+ 2.1	1 800	2 300	1 800	2 300	2 000	2 600
Gabon	20	26	+ 9.6	+ 12.5	600	780	600	780	1 00	1 560
Italy	1.2	1.6	+ 0	+ 0	-	-	92	120	92	120
Japan	2.8	3.6	+ 0.7	+ 0.9	30	40	30	40	-	-
Mexico	1	1.3	+ 0	+ 0	30	40	225	300	340	450
Niger	40	52	+ 20	+ 26	750	975	1 500	1 950	1 500	1 950
Portugal	7.4	9.6	+ 0	+ 0	114	148	114	148	170	220
South Africa	202	263	+ 48	+ 63	4 130	5 370	3 800	5 000	-	-
Spain	8.5	11	+ 0	+ 0	115	150	132	171	-	-
Sweden ^b	-	-	+ 0	+ 0	120	155	120	155	120	155
USA	259	337	+ 67	+ 87	14 600	19 000	14 600	19 000	26 000 ^c	34 000
Yugoslavia	6	7.8	+ 6	+ 7.8	-	-	-	-	230 ^e	300
Total (rounded)	850	1 105	+215	+280	27 000	35 000	30 500	40 000	48 000	62 000^d

^a Given favourable market situation and adequate lead time.

^b Production based on resources available at \$10 to \$15/lb U₃O₈.

^c 1 000 tons by-product included.

^d Estimates for South Africa not included.

^e Construction of mine and concentration plant to be completed in 1976.

Source: "Uranium - Resources, Production and Demand", Joint Report OECD NEA and IAEA (Paris 1973).

Collectie Stichting *Laka*

www.laka.org
Gedigitaliseerd 2021