

# Kärnbränslecykelns slutsteg

Förglasat avfall från upparbetning

- I Allmän del
- II Geologi
- III Anläggningar
- IV Säkerhetsanalys
- V Utländsk verksamhet**

**KÄRN -  
BRÄNSLE -  
SÄKERHET**

# Kärnbränslecykelns slutsteg

Förglasat avfall från upparbetning

**V Utländsk verksamhet**

**KÄRN-  
BRÄNSLE-  
SÄKERHET**

## FÖRORD

Flera länder har stora program för behandling och förvaring av det radioaktiva avfallet från kärnindustrin. Vetenskapliga utredningar pågår och anläggningar planeras. Den framtida policyn läggs fast och det internationella samarbetet i avfallsfrågor byggs upp.

För att ge en inblick i dessa arbeten har Projekt Kärnbränslesäkerhet sammanställt några av de tillgängliga uppgifterna om hanteringen av högaktivt avfall i andra länder. Även andra betydelsefulla ställningstaganden för policyn om behandling av det högaktiva avfallet har tagits med.

Sammanställningen Utländsk verksamhet är långt ifrån fullständig. Det har varit omöjligt att få in kompletta uppgifter från samtliga de länder som är aktuella i detta sammanhang. Några av de underhandsmeddelanden vi har fått är dessutom endast arbetspapper, som ännu inte har publicerats i hemlandet. Dessa handlingar har inte kunnat refereras. I flera länder omvärderas energiprogrammet. Det kan medföra förändringar i framtida forsknings- och utvecklingsarbete.

Sammanställningen Utländsk verksamhet är därför pragmatisk. Trots detta tror KBS att denna internationella översikt skall ge läsaren en rättvisande bild av det omfattande arbete som försiggår världen över med förvaringen av det högaktiva avfallet.

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	FÖRORD	1
1	INTERNATIONELLT SAMARBETE	5
1.1	Några internationella organisationer	
1.1.1	IAEA	
1.1.2	NEA	
1.1.3	Foratom	
1.2	Internationella strålskyddsorganisationer	
1.2.1	ICRP	
1.2.2	UNSCEAR	
1.3	Nordiskt samarbete	
2	FÖRENTA STATERNA	9
2.1	President Carters Energiplan	
2.2	Organisation och ansvarsfördelning	
2.2.1	Myndigheternas tidtabell för slutförvaring i USA	
2.2.2	Energy Research and Development Administration, ERDA	
2.2.3	Environmental Protection Agency (EPA) och det radioaktiva avfallet	
2.2.4	Nuclear Regulatory Commission, NRC	
2.3	Befintliga anläggningar	
2.3.1	Upparbetningsanläggningar	
2.3.2	Avfallsanläggningar	
2.4	Framtida anläggningar för högaktivt avfall	
3	FRANKRIKE	21
3.1	Den franska målsättningen	
3.1.1	Lagar och myndigheter	
3.2	Forskning och utveckling	
3.3	Befintliga anläggningar	
3.3.1	Upparbetningsanläggningar	
3.3.2	Anläggningar för förglasning	
3.3.3	COGEMA	
3.4	Planerade anläggningar	
3.4.1	Upparbetningsanläggningar	
3.4.2	Anläggningar för förglasning	

4		
4	STORBRITANNIEN	27
4.1	Lagar och myndigheter	
4.1.1	The Nuclear Installations Inspectorate	
4.2	Brittisk policy om högaktivt avfall	
4.2.1	Flowersrapporten	
4.2.2	Geologiska kriterier för ett slutförvar	
4.3	Befintliga anläggningar	
4.4	Planerade anläggningar	
4.5	Forskning och utveckling	
5	VÄSTTYSKLAND	33
5.1	Upparbetning och slutlig förvaring av radioaktivt avfall	
5.1.1	Organisation	
5.1.2	Tillståndsgivning	
5.1.3	Tidplaner	
5.1.4	Skäl för upparbetning	
5.2	Forskning och utveckling	
6	ÖVRIGA LÄNDER	39
6.1	Några Västeuropeiska länder	
6.1.1	Nederländerna	
6.1.2	Schweiz	
6.1.3	Österrike	
6.1.4	Övriga	
6.2	Några Östeuropeiska länder	
6.2.1	Sovjetunionen	
6.2.2	Tyska Demokratiska Republiken, DDR	
6.2.3	Polen	
6.3	Kanada	
6.4	Japan	
6.4.1	Lagar, myndigheter och organisationer	
6.4.2	Planer för behandling och förvaring av radioaktivt avfall	
6.4.3	Bränslecykeln	
7	SÄKERHETSANALYSER OCH FORSKNING	47
7.1	Allmänt	
7.2	Förenta Staterna	
7.2.1	ERDA	
7.2.2	NRC	
7.2.3	EPA	
7.2.4	EPRI	
7.3	Kanada	
7.4	Europeiska Gemenskaperna (EG)	
7.5	Storbritannien	
7.6	Frankrike	
7.7	Västtyskland	
7.8	Slutanmärkning	
	REFERENSER	57

# 1 INTERNATIONELLT SAMARBETE

Redan tidigt inleddes ett omfattande internationellt samarbete på det kärntekniska området. Hanteringen av det radioaktiva avfallet togs upp vid konferenser och i rapporter redan på 50-talet. Intresset koncentrerades i början huvudsakligen till avfallet från forskningsreaktorer och plutoniumproducerande reaktorer.

På 50-talet hade man också gjort de första försöken i laboratorieskala med att smälta samman klyvningsprodukter till glas. Man utvecklade också en teknik för temporär förvaring av flytande avfall.

Det internationella samarbetet har koncentrerats till institutioner som tillhör Förenta Nationerna. Men även de ekonomiska sammanslutningarna som Europeiska Gemenskapen, EG, i Västeuropa och Rådet för ömsesidigt ekonomiskt bistånd, COMECON, i Östeuropa arbetar med kärnenergifrågor.

## 1.1 NÅGRA INTERNATIONELLA ORGANISATIONER

### 1.1.1 IAEA

Förenta Nationernas atomenergiorgan är International Atomic Energy Agency, IAEA, som sysslar med kärnkraftens fredliga användning. IAEA skall stödja utbyggnaden av kärnkraftverk genom forskning, utbildning och teknisk hjälp till medlemsländerna.

IAEA kontrollerar också användning av det klyvbara materialet. Detta regleras genom det så kallade icke-spridningsavtalet, Non-Proliferation Treaty (NPT) och speciella avtal där även länder som inte undertecknat NPT kan ingå.

IAEA redovisar sitt arbete bl a i rekommendationer och rapporter. Det förberedande arbetet sker ofta i kommittéer och expertgrupper. En del av IAEAs arbete har gällt transportregler och utformningen av emballage och transportkärl för radioaktivt material.

IAEA har ett noggrant planerat program för förvaring av radioaktivt avfall i geologiska formationer. Detta program kan beskrivas i följande punkter:

- Samla och återge information om inriktningar, erfarenheter och projekt vilka rör förvaring av avfall i geologiska formationer.

- Formulera rekommendationer och riktlinjer
- Samordna förslag för framtida utveckling
- Stödja och koordinera forskning samt uppmuntra demonstrationsprojekt
- Sprida teknisk information om förvaring och hantering av radioaktivt avfall
- Anskaffa teknisk hjälp åt medlemsstater från tillgängliga experter

IAEA har under 60- och 70-talen anordnat symposier om radioaktivt avfall. Man har också givit ut rapporter i ämnet /1-1/.

Samarbete har etablerats med andra internationella sammanslutningar t ex OECDs Nuclear Energy Agency, NEA.

Ett stort och detaljerat program som täcker förvaring av alla slag av radioaktivt avfall i mark och berg har utarbetats. En ad hoc-kommitté, som skall arbeta med normer och föreskrifter under 1978, har föreslagits. Man har också föreslagit att ett stort symposium om de tekniska aspekterna på förvaring i geologiska formationer skall anordnas 1979-80.

Under 1978 planerar IAEA att publicera riktlinjer för val av lokalisering. Dessa riktlinjer finns nu i utkast. Ytterligare arbete med rekommendationer och riktlinjer för behandling och förvaring av radioaktivt avfall kommer att utföras under 1978.

IAEA stöder också tanken på samlokalisering av olika anläggningar inom bränslecykeln s k Nuclear Parks.

### 1.1.2 NEA

Nuclear Energy Agency, NEA, är OECDs kärnenergiorgan. NEA har sedan länge gjort betydande insatser på avfallsområdet. De dumpningar till havs av lågaktivt avfall, som en del medlemsländer har utfört, sker i NEAs regi. NEA står också bakom en del utvecklingsarbete t ex inom Eurochemic.

1975 inrättade NEA en särskild kommitté för avfallsfrågor. Arbetet på avfallsområdet kom därigenom att ges större vikt inom NEA än tidigare. Särskilda undergrupper studerar behandling och förvaring av radioaktivt avfall och av slutlig förvaring av högaktivt avfall i olika geologiska formationer.

NEA publicerade i september 1977 en rapport om behandling av avfall från kärnkraftsprogrammen /1-2/. Den är skriven av en expertgrupp som också står för innehållet. I sammanfattningen och rekommendationerna sägs bl a att när det gäller direktförvaring av använt kärnbränsle finns ännu inga praktiska erfarenheter som kan rapporteras. Av behandling och förvaring av förglasat avfall finns däremot erfarenheter av flera metoder. Detta gör att direktförvaring verkar mindre attraktivt än uppberedningsalternativet. Värderingen förstärks av att det använda bränslet innehåller större mängder uran och transuraner än förglasat avfall.

Expertgruppen rekommenderar att på grund av att avfallet är långlivat skall ansvarsfördelningen mellan regeringen och industrin göras klarare. Det enda acceptabla är att myndigheterna skall ha

det direkta ansvaret. De säger också att den framtida finansieringen kan ske t ex genom fonder som avsätts av kärnenergiproducenterna.

Expertgruppen rekommenderar också internationella avtal om uppärbätning. Det är att föredra framför nationella lösningar av uppärbätning. För att undvika onödiga transporter rekommenderar de också att avfallet inte nödvändigtvis skall sändas tillbaka till ursprungslandet.

Förvaring på land i geologiska formationer är idag att föredra. Därför bör forsknings- och utvecklingsinsatser både nationellt och internationellt främst göras på detta område. Förvaring i havet bör undersökas på internationell nivå.

Man anser också att demonstrationsanläggningar för högaktivt och alfaaktivt avfall bör byggas för att man skall kunna utföra in situ experiment med begränsade mängder radioaktivt avfall.

### 1.1.3 Foratom

Även kärnindustrin i Europa har ett samarbetsorgan, Foratom. Det har givit ut en rapport om behandling av radioaktivt avfall. I denna framhålls att så länge specificerade krav för det högaktiva avfallets slutliga förvaring saknas är det svårt att välja den optimala metoden för behandling av avfallet från kärnenergiproduktionen.

## 1.2 **INTERNATIONELLA STRÅLSKYDDSORGANISATIONER**

På strålskyddsområdet arbetar två betydelsefulla organisationer, den internationella strålskyddskommissionen, ICRP och Förenta Nationernas vetenskapliga strålningskommitté, UNSCEAR.

### 1.2.1 ICRP

International Commission on Radiological Protection, ICRP, bildades i Stockholm 1928. Det är en icke-statlig organisation. Medlemmarna skall väljas på grund av sina erkända insatser inom medicinsk radiologi eller andra naturvetenskaper av betydelse för strålskyddskommissionens arbete.

ICRP skapades från början för att ge rekommendationer om strålskyddsinsatser inom den medicinska radiologin. Sedan 1956 har dock ICRP även presenterat rekommendationer för andra former av radiologiskt arbete och för allmänheten. ICRPs rekommendationer ligger till grund för lagar och föreskrifter om strålskydd över hela världen.

I första hand tas ICRPs rekommendationer upp av regionala organ som NEA eller internationella specialorgan som IAEA, WHO och ILO som tillämpar de grundläggande rekommendationerna vid utformning av konventioner, typinstruktioner mm. Därefter tar de nationella myndigheterna ställning till förslagen. Av särskilt intresse är då vad som händer i de stora industriländerna, eftersom detta kan få ett stort inflytande på utformningen av t ex kärnkraftverk.



### 1.2.2 UNSCEAR

Förenta Nationernas vetenskapliga strålningskommitté, UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) bildades 1956 för att rapportera till generalförsamlingen om riskerna av det radioaktiva nedfallet från kärnvapenproven i atmosfären.

UNSCEAR arbetar inom två parallella arbetsgrupper, en som har biologisk inriktning och en som har fysikalisk. 1972 års rapport till generalförsamlingen /1-3/ innehöll en detaljerad redogörelse av strålriskerna från kärnkraftverk.

Såväl vid insamlingen av data om strålnivåer som vid översikten av de senaste biologiska och genetiska erfarenheterna har UNSCEAR stöd av Förenta Nationernas expertorgan och andra internationella organisationer. Sekretariatets experter går noggrant igenom den vetenskapliga litteraturen och står i direkt kontakt med ett stort antal forskare.

UNSCEAR har inte gjort några speciella uttalanden om strålbekymret på miljö och människa från den slutliga förvaringen av högaktivt avfall.

### 1.3 **NORDISKT SAMARBETE**

År 1957 bildade de nordiska regeringarna det nordiska kontaktorganet för atomenergifrågor, NKA. Detta organ behandlar bl a frågor om det radioaktiva avfallet från kärnkraftsindustrin.

På NKAs initiativ tillsattes 1968 en kommitté, Nordisk Atomkoordineringskommittén, NAK, som består av representanter för de nordiska atomenergiinstituterna i Kjeller, Otnäs, Risö och Studsvik. NAKs avfallsgrupp har utarbetat ett nordiskt avfallsprojekt som rör hanteringen av radioaktivt avfall från kärnkraftverk.

De nordiska strålskyddsinstituterna har gemensamt givit ut riktlinjer för tolkningen av de internationella rekommendationerna för strålskydd. Det nordiska dokumentet /1-4/ omfattar hela strålskyddsområdet. För kärnkraftsindustrin tillämpliga delar förutom de allmänna normerna är bl a utsläppsnormer för kärnkraftstationer, transport av radioaktiva ämnen, radioaktivt avfall och gruvor.

## 2 FÖRENTA STATERNA

Förenta Staterna har fram till mitten av 70-talet varit det ledande landet inom praktiskt taget alla områden av kärnenergin. De två huvudtyperna av lättvattenreaktorer har t ex utvecklats där. Ett sextiotal reaktorer är i drift i USA och ungefär lika många är under byggnad. De genererade 1976 191 TWh elektrisk energi. Det utgör 9.4 % av den totala elenergin i landet.

Energiförbrukningen i USA steg under 1976 med 4.8 % jämfört med 1975. Det innebär att den trend mot minskande energiförbrukning, som åren 1974 och 1975 visade, bröts.

Det radioaktiva avfallet började diskuteras tidigt i USA. Slutförvaring i bergsalt föreslogs i USA redan 1957 av en rådgivande kommitté, som bildades av National Academy of Sciences och National Research Council. Under 1960-talet genomförde Atomic Energy Commission, AEC, ett försöksprogram med lagring av högutbränt reaktorbränsle i en nedlagd saltgruva i Lyons, Kansas. AECs efterföljare, ERDA, har under 1976 påbörjat en kraftig expansion av insatserna för slutförvaring av högaktivt avfall från kärnkraftsindustrin och från egna anläggningar för bl a plutoniumframställning.

Den förtroendekris, som ledde till omorganisation av Atomic Energy Commission, AEC, skapade en ny policy. Nya planer för hur slutstegen i kärnkraftens bränslecykel skulle utformas har lagts fram.

Men redan 1974, innan AEC upplöstes, lades några lagförslag fram som kom att få genomgripande följder för en rad pågående verksamheter. De viktigaste av dessa följdverkningar är

- att allt avfall med över 10 nCi transuraner per gram avfall skall transporteras till federala förvaringsplatser
- att man tidigast under 1977 kommer att kunna ta ställning till om plutonium får återföras som bränsle till reaktorer
- förbud mot att transportera plutonium i form av lösning

När president Carter övertog makten i Vita Huset pågick fortfarande några stora utredningar, som är mycket betydelsefulla för den vidare utvecklingen av den civila kärnenergin. En av de väsentligaste är GESMO (Generic Environmental Statement on the Use of Recycle Plutonium in Mixed Oxide Fuel in Light Water Cooled Reactors). Den del av rapporten som behandlar hälsa, säkerhet och omgivning har kommit ut /2-1/. I väntan på denna

utrednings slutrapport står utvecklingen och utbyggnaden av upparbetningen stilla i USA.

## 2.1 PRESIDENT CARTERS ENERGIPLAN

Den 29 april 1977 lade Carter fram sin "National Energy Plan". Denna skall behandlas av kongressen. En procedur som kommer att ta upp till två år i anspråk.

Kärnenergiavsnittet i planen baseras på sju huvudpunkter:

- Uppskov på obestämd tid för kommersiell upparbetning av reaktorbränsle med syfte att utvinna plutonium. Varken federal uppmuntran eller ekonomiskt stöd kommer att ges för att färdigställa Allied General's upparbetningsanläggning i Barnwell, South Carolina;
- Ändringar i bridreaktorprogrammet med betoning i framtiden på bridteknologier som ej producerar vapenvärdigt material. Uppskov på obestämd tid för ansträngningar att kommersialisera bridreaktorn;
- Ökat ekonomiskt stöd på kärnenergiprogram som inte involverar vapenvärdigt bränsle;
- Utbyggnad av anrikningskapaciteten för uran för att möta ökad både inhemska och utländska efterfrågan;
- Erbjudande av amerikanska bränslekontrakt med garanterad leverans, mot löfte om att mottagaren förbinder sig att ej upparbeta och utvinna plutonium;
- Embargo på export av utrustning och teknologi för urananrikning och upparbetning/plutoniumåtervinning;
- Ökat internationellt samarbete; inrättande av ett s k "international fuel cycle study program" med syfte att producera internationella lösningar till gemensamma problem inom kärnbränslecykeln.

De huvudsakliga följderna av den föreslagna politiken, om kongressen antar den, blir att Clinch River som är en bridreaktor inte byggs. Vidare att upparbetningsanläggningen i Barnwell ej tas i drift som en kommersiell anläggning.

I ett kompletterande lagförslag "The Nuclear Non Proliferation Policy Act of 1977" söker Carter-administrationen förhindra att fredligt kärnenergiutnyttjande leder till kärnvapenspridning. Vidare vill man göra USA till en pålitlig leverantör av kärnenergimaterial och bränsle till länder som delar USAs antispridningssyften. Man vill också skapa en effektivare kontroll över USAs export av kärnteknisk utrustning.

Bland de villkor för en amerikansk export av kärnteknisk utrustning som lagförslaget innehåller märks främst två. Att all kärnenergiverksamhet hos mottagaren ställs under IAEA-kontroll samt att USA tillerkänns vetorätt för reexport av utbränt bränsle för upparbetning eller lagring i tredje land.

Två dokument synes signifikant ha påverkat president Carter och hans energiadministration:

En CIA-rapport, som ger bakgrunden till allvaret i presentationen av energiplanen samt en Ford Foundation-studie kallad "Nuclear

Power, Issues and Choices", som uppenbarligen påverkat formuleringen av kärnenergidelen i energiplanen.

CIA-rapporten, "The International Energy Situation: Outlook to 1985", ger en synnerligen pessimistisk bedömning av världens oljereserver. Redan under första hälften av 1980-talet förutspås efterfrågan överstiga produktionskapaciteten. Till stor del beror detta på att Sovjetunionen vid denna tidpunkt kan komma att bli en nettoimportör av oljeprodukter. Den uppträdande obalansen på oljemarknaden kan komma att medföra tre gånger högre råoljepriser än dagens, menar CIA.

Ford Foundation-rapporten om kärnenergi publicerades veckorna innan Carter lade fram sitt program mot plutonium och bridreaktorer. Avsnittet som behandlar uran och lättvattenreaktorer utkom den 7 april. Slutsatserna i "Nuclear Power, Issues and Choices" är slående lika med grundtankarna i presidentens budskap. Rapporten togs fram av en panel av 21 vetenskapsmän, ekonomer och samhällsvetare under ordförandeskap av Spurgeon Keeny vid MITRE Corporation. I panelen ingick bland andra Harold Brown, då California Institut of Technology, nu försvarsminister, och Joseph Nye, då vid Harvard University, nu på topposition i utrikesdepartementet.

## 2.2 ORGANISATION OCH ANSVARSFÖRDELNING

På grund av att kärnenergin genom utveckling av kärnvapen blev en i huvudsak militär angelägenhet kom ansvars- och myndighetsfunktionerna i USA att vara dåligt lämpade för civila ändamål. Atomic Energy Commission, AEC, som verkat sedan andra världskriget hade flera mot varandra stridande uppgifter. AEC skulle ansvara för utvecklingen både av den militära och senare även den civila sidan av kärnenergin. Dessutom kom AEC att bli den myndighet, som utvecklade förordningar. De skulle gälla all hantering med klyvbart material och klyvningsprodukterna. Däremot hade AEC t ex inget bemyndigande när det gällde andra naturligt förekommande radioaktiva ämnen än uran och torium.

Genom Energy Reorganisation Act 1974 omorganiserades Förenta Staternas myndigheter på kärnenergiområdet och miljövårdsområdet. Två nya organisationer bildades och AEC försvann. De nya var Energy Research and Development Administration, ERDA och Nuclear Regulatory Commission, NRC. Dessa nya organisationer gavs betydligt vidare verksamhetsområden än vad AEC hade haft. Environmental Protection Agency, EPA, övertog ansvaret för de naturvårdande uppgifter AEC tidigare hade haft.

Energiforskningsorganet ERDA sorterar numera under energidepartementet. Det ansvarar för utveckling av metoder att behandla och slutförvara avfallet. ERDA skall också bygga och driva federala anläggningar för slutförvaring. Det amerikanska naturvårdsverket EPA utvecklar och fastställer allmänna villkor för miljöskyddet vid slutförvaring. Det direkta ansvaret för tillstånd att bygga och driva anläggningar för slutförvaring och för deras övervakning vilar på tillsynsmyndigheten, NRC. Den amerikanska regeringen tillkännagav i oktober 1976 en tidtabell för dess tre myndigheters insatser på området. Tidtabellen sträcker sig fram till 1985, då den första anläggningen för slutförvaring beräknas vara i drift i försöksskala. Ansvaret för genomförandet av det pro-

gram, som avser kärnkraftens avfall, the National Waste Terminal Storage Program, har tilldelats Office of Waste Isolation i Oak Ridge, OWI, som arbetar på kontrakt med ERDA. OWI är en avdelning av Nuclear Division inom Union Carbon Corp.

### 2.2.1 Myndigheternas tidtabell för slutförvaring i USA

1976 ERDA publicerade en rapport om tekniska alternativ för hantering av radioaktivt avfall från lättvattenreaktorer (ERDA-76-43).

1977 ERDA ger ut en preliminär version av Generic Environmental Impact Statement on Waste Management (miljöpåverkan av avfallshandling) och påbörjar ett program för val av förläggningsplatser för avfallslager.

EPA föreslår preliminära generella normer tillämpliga på slutlig förvaring av högaktivt avfall.

NRC ger ut preliminära normer för förglasat högaktivt avfall och preliminära kriterier för förläggning, konstruktion och drift av anläggningar för slutförvaring av högaktivt avfall. Varje del av kriterierna skall innefatta en bedömning av miljöpåverkan.

1978 ERDA slutför demonstrationsprogrammet för avfallsförglasning och utformning av kapseln. EPA ger ut de slutgiltiga allmänna normerna för hantering av högaktivt avfall.

NRC ger ut de slutgiltiga kriterierna för förglasning, konstruktion av anläggningen och drift.

1979 ERDA väljer en förläggingsplats för ett avfallslager och ger ut en rapport om miljöpåverkan knuten till denna plats. Påbörjar projekteringsarbeten för anläggningen.

NRC granskar platsvalet för ERDAs förvaringsanläggning och ger ut preliminära kriterier för avfallskapsling, transporter m m.

1980 ERDA avslutar studierna av lokalisering och utformning, bifogar preliminär säkerhetsanalys och rapport om miljöpåverkan till NRC för att erhålla byggnadstillstånd.

1981 ERDA börjar uppföra en anläggning efter tillstånd av NRC.

1984 Byggnadsarbetet färdigt, lagret testas med inaktivt avfall.

1985 NRC ger tillstånd för slutförvaret. Slutförvaret startar det inledande arbetet i industriell skala.

Tidplanen har redan råkat ut för förseningar, varför man bör räkna med en fördröjning innan hela programmet är genomfört.

### 2.2.2 Energy Research and Development Administration, ERDA

ERDA är den största av de två institutionerna som bildades efter AECs upplösning. ERDA har ett federalt ansvar för behandlingen

dels av försvarets avfall, dels för långtidslagringen av avfall från civila kärnkraftsanläggningar. ERDA ansvarar också för utvecklingen av teknologin för både civilt och militärt avfall. ERDA skall dessutom bygga och driva federala anläggningar för slutförvaring av radioaktivt avfall.

Förändringen i Förenta Staternas policy i kärnkraftsfrågor har påverkat ERDAs program väsentligt. Upparbetning av utbränt bränsle och återcyklning av plutonium kommer inte att förekomma på lång tid. ERDA kommer inte heller att på länge ta emot högaktivt avfall för lagring. Någon gång i framtiden måste ett beslut fattas om att upparbeta lagrat utbränt kärnbränsle eller att utränga det som avfall. Efter beslutet får ERDA i båda fallen ta emot högaktivt material.

Arbetet på att till 1985 ta fram en första anläggning för slutlig förvaring i geologiskt stabila formationer skall fortgå i oförändrad takt.

Den del av ERDAs verksamhet som uteslutande hänför sig till upparbetning av kärnbränsle från lättvattenreaktorer skall avvecklas. Arbetet, som berör överföring av solidifieringsteknologin till privata företag, skall också upphöra. Utvecklingsarbeten som avser förglasning av avfall kommer att bibehållas vid Battellelaboratorierna. Arbetet syftar till att ta fram metoder att överföra avfallet till förglasad form.

Arbetet med rapporten Generic Environmental Impact Statement, GEIS, skall fullföljas.

En del av ERDAs forskning och utveckling kommer att styras över mot arbeten med alternativa bränslecykler. Dessa får inte innehålla material som är användbart till kärnladdningar.

Anläggningar för tillfällig lagring av använt kärnbränsle behöver byggas. Även mellanlager för relativt lång förvaring av utbränt kärnbränsle där man har full reversibilitet blir nödvändigt. ERDA kommer att ansvara för utveckling av de tekniska förutsättningarna för behandling av det utbrända kärnbränslet.

Energidepartementet meddelade i oktober, att de federala myndigheterna skall ta hand om använt kärnbränsle. För förvaringen skall en engångsavgift tas ut. Förenta Staterna skall också kunna förvara en begränsad mängd använt bränsle från främmande stater. Detta för att minska risken för spridning av kärnvapen. Det utländska använda bränslet skall förvaras under samma villkor som inhemskt.

### 2.2.3 Environmental Protection Agency (EPA) och det radioaktiva avfallet

EPA har ansvaret för att utforma normer för radioaktivt avfall. EPA har uppdraget att skaffa fram federala handledningar för all hantering av radioaktivitet som direkt eller indirekt kan påverka hälsan. EPA skall också göra allmänna normer för omgivningen utanför sådana anläggningar som innehar radioaktivt material vilket är reglerat i Atomic Energy Act.

EPAs arbete i samband med radioaktivt avfall regleras dessutom av Ocean Dumping Act och Resource Conservation and Recovery Act.

EPAs normer för radioaktivt avfall, i likhet med många andra normer som EPA utarbetar, är varken specifika till metod eller anläggning. EPA har inte tvingande myndighetsbefogenhet.

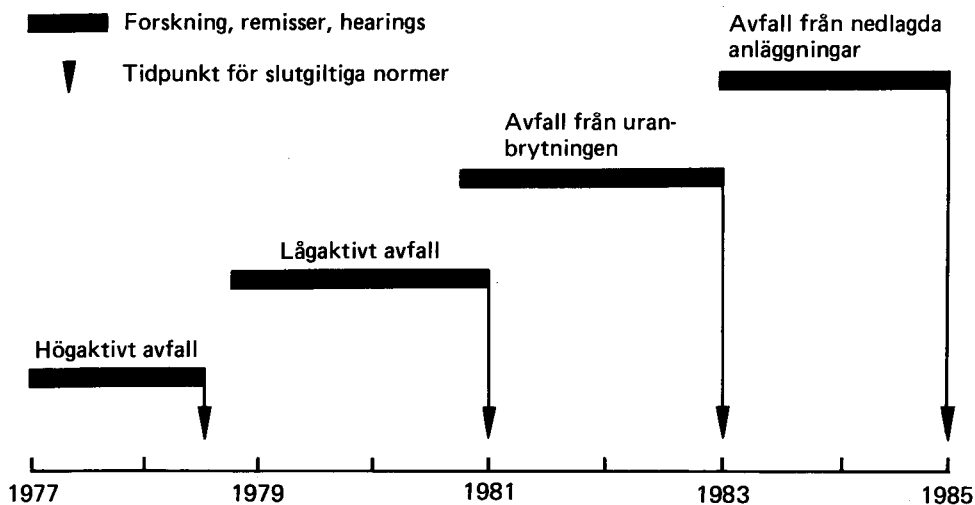
EPA utvecklar normer för omgivningen för allt radioaktivt avfall. Figur 2-1 visar tidplanen för utarbetande av normer för de olika avfallstyperna.

EPA har ett program för att kartlägga ansvaret för behandlingen av radioaktivt avfall. Första steget omfattar utveckling av kriterier för omgivningsskydd för alla slag av avfall. - Andra steget är att utveckla allmänna normer som bestämmer villkoren för nuvarande och framtida skydd av omgivningen från högaktivt avfall. - Tredje steget är att utveckla normer och förordningar inom de områden vilka EPA har ett specifikt ansvar t ex enligt lagarna Ocean Dumping Act och Resource Conservation and Recovery Act. Vid arbetet med detta program skall bestämmelserna i National Environmental Policy Act följas. Dessutom kommer hänsyn att tas till de önskemål som genom public workshops och hearings kommer att presenteras av olika intressenter.

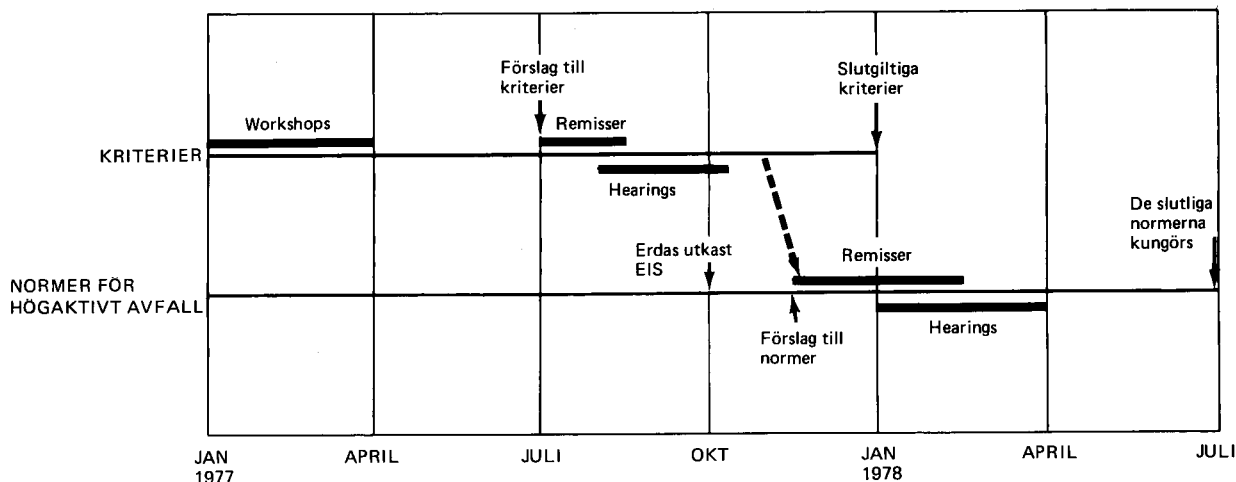
EPA kommer också parallellt med kriterier för omgivningsskydd att utveckla generella normer för slutlig förvaring av högaktivt avfall. Dessa kriterier behövs för att man skall kunna utarbeta normer med angivna gränsvärden. EPA har också blivit ålagd att publicera slutliga normer för högaktivt avfall i mitten av år 1978. Tidplanen för dessa arbeten visas i figur 2-2.

#### 2.2.4 Nuclear Regulatory Commission, NRC

NRC startade som oberoende myndighet i januari 1975. Före denna tidpunkt hade Förenta Staterna varken en etablerad stomme av normer och förordningar för radioaktivt avfall eller någon inarbetad stab som sysslat med normgivning för avfall.



Figur 2-1. Tidplanen för EPAs arbete med normer för de olika avfallstyperna



Figur 2-2. Tidplanen för de slutliga normer som skall gälla för hanteringen av högaktivt avfall

NRC grundar sin myndighetsfunktion på två lagar: Atomic Energy Act från 1954 och Energy Reorganisation Act från 1974.

NRCs befogenheter över radioaktivt avfall är begränsade av statuter som anger vilka och vad som skall regleras. Dessa är inte i första hand grundade på avfallets grad av risk, avfallets livslängd eller vilken form avfallet har utan på var och av vem avfallet producerats. NRCs befogenheter framgår av nedanstående uppställning.

Områden av det radioaktiva avfallets hantering där NRC är tillståndsgivande myndighet

1. Hantering och lagring av högaktivt avfall från civila anläggningar som har tillstånd att arbeta med kärnenergi.
2. Långtidsförvaring av högaktivt avfall från ERDAs verksamhet utom från anläggningar som sysslar med forskning och utveckling.
3. Lagring och behandling av transuraner och lågaktivt avfall från civila anläggningar.
4. Lagring av utbränt kärnbränsle från civila anläggningar.

Områden där NRC inte har klara myndighetsfunktioner

1. Behandling och lagring av högaktivt avfall i en av ERDA skött anläggning för forskning och utveckling.
2. Korttidsförvaring av högaktivt avfall som producerats.
3. Existerande lager för kort eller långtidsförvaring av avfall som ERDA producerat.
4. Lagring och behandling i en av ERDA skött anläggning av med transuraner kontaminerat avfall, lågaktivt avfall samt i utlandet använt kärnbränsle eller bildat högaktivt avfall.
5. Lagring och behandling av avfall från uranbrytning efter det att den licensierade brytningen upphört. (Radium och dess dotterprodukter regleras varken av Atomic Energy Act eller NRCs instruktion.)



NRCs program för radioaktivt avfall

NRC strävar i sitt arbete med normer för avfallsbehandling att:

- Uppsätta mål som tar hänsyn till tekniska, sociala, ekonomiska och miljömässiga krav vid behandlingen av radioaktivt avfall.
- Utveckla ett system av normer, förordningar och handledningar som reflekterar dessa mål.
- Utarbeta proceduren för licensgivningen och metoder för utvärdering av det föreslagna programmet för avfallshantering.

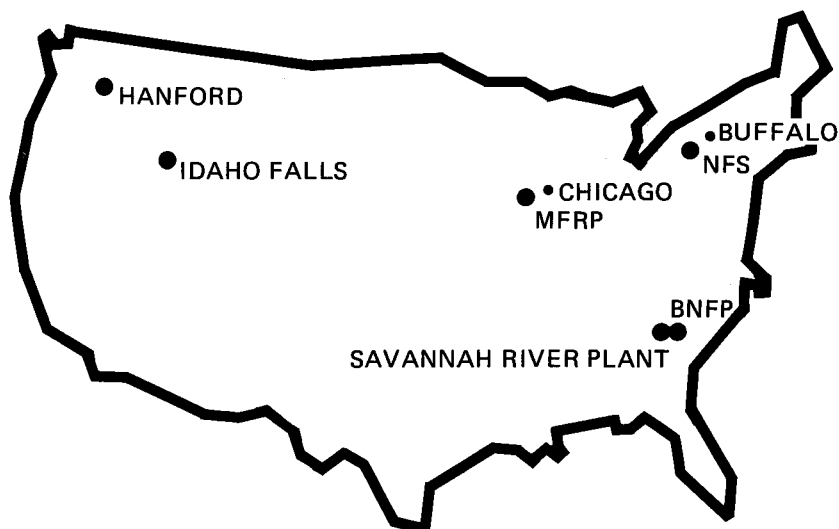
NRCs normer skall syfta till att isolera det radioaktiva avfallet från människan och omgivningen.

## 2.3 BEFINTLIGA ANLÄGGNINGAR

### 2.3.1 Upparbetningsanläggningar

I USA utvecklades redan på 40-talet upparbetningsteknik för metalliskt bränsle från forskningsreaktorer och reaktorer för plutoniumproduktion. Dessa upparbetningsanläggningar var inte konstruerade för använt oxidbränsle från lättvattenreaktorer. Det hade en högre utbränning och oxiderna i det krävde en annan mer komplicerad kemisk behandling. Idag drivs fortfarande militära upparbetningsanläggningar i Hanford, Washington och Savannah River, South Carolina. Dessa anläggningar upparbetar också använt bränsle från en del forskningsreaktorer.

I liten skala har även de militära anläggningarna upparbetat oxidbränsle från civila energiproducerande reaktorer. Det har skett i Hanford och Savannah River. Dessutom har tre anläggningar byggts som varit direkt ämnade för upparbetning av utbränt bränsle från lättvattenreaktorer. Av tekniska och politiska skäl är ingen av dem idag i drift (se figur 2-3).



Figur 2-3. Upparbetningsanläggningar i USA. NFS: Nuclear Fuel Service, MFRP: Midwest Fuel Recovery Plant, BNFPP: Barnwell Nuclear Fuel Plant.

Den äldsta och enda som varit i kontinuerlig drift ligger i West Valley 40 km från Buffalo i staten New York. Den togs i drift 1966. Där upparbetades 630 ton bränsle innan den 1971 togs ur drift. Anläggningen skall troligen byggas om och därvid skall kapaciteten ökas. Den har dock ännu inte kunnat göras färdig då man fortfarande inte vet vilka villkor som myndigheterna kommer att ställa. Anläggningen ägs av Nuclear Fuel Service vars ledning har diskuterat en definitiv nedläggning av anläggningen.

Samma orsak gör att anläggningen i Barnwell i South Carolina inte kan byggas helt färdig trots att den t o m har provkörts med inaktivt material. Anläggningen har en kapacitet av 1 500 ton/år. Anläggningen byggs av Allied General Nuclear Service på mark i utkanten av ERDAs anläggning i Savannah River.

Den tredje anläggningen är General Electrics Midwest Fuel Recovery Plant. Den ligger 7 mil SV om Chicago i närheten av kärnkraftstationen Dresden. Den skulle kunna upparbeta 300 ton/år och beräknades tas i bruk 1971. Upparbetningen skulle göras med en mycket avancerad teknik. Denna process, Aqua-Fluor processen, visade sig kräva betydligt mer utvecklingsarbete för att fungera i industriell skala. I avvaktan på myndigheternas villkor har man dock väntat med dessa insatser.

### 2.3.2 Avfallsanläggningar

I USA förvaras stora mängder högaktivt avfall. Den ojämförligt största delen kommer från militära upparbetningsanläggningar där man renframställt plutonium för kärnladdningar. I tabell 2-1 redovisas de lagrade mängderna 1 januari 1977.

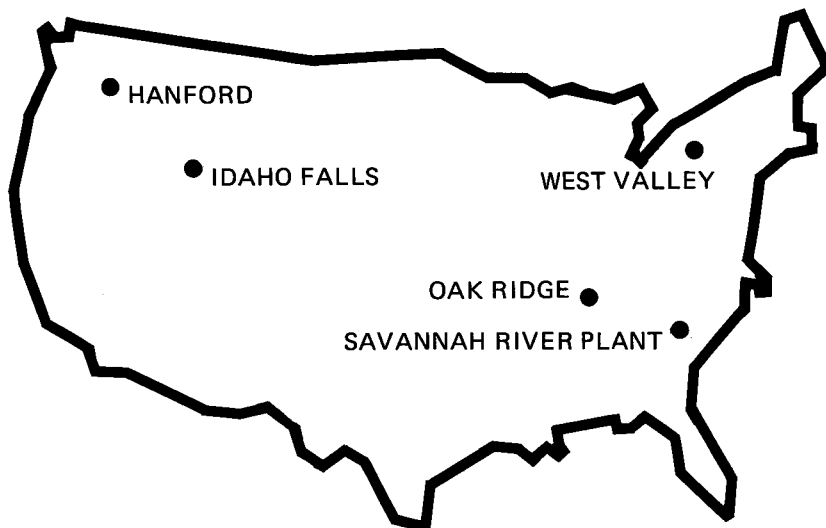
Tabell 2-1. Högaktivt avfall från militär verksamhet

Förvaringsplats	Vätska m <sup>3</sup>	Fast m <sup>3</sup>
Idaho Falls, Idaho	8 700	1 500
Hanford, Washington	78 500	112 000
Savannah River, S Car.	45 000	34 000
Summa	132 200	147 500

Det vätskeformiga avfallet förvaras i tankar. Det fasta är huvudsakligen endast indunstat ännu ej förglasat avfall.

Den civila kärnindustrin har hittills gett upphov till ca 300 m<sup>3</sup> högaktivt avfall. Volymen är omräknad till koncentrat avfall. I anläggningen i West Valley finns ca 600 m<sup>3</sup> flytande avfall som inte koncentrerats och som dessutom är en blandning av högaktivt och medelaktivt avfall (se figur 2-4).

År 2000 räknar man med att det militära avfallet har ökat till ca 300 000 m<sup>3</sup> och det civila till ca 1 000 m<sup>3</sup>. Siffrorna för år 2000 anger avfallets volym i fast form.



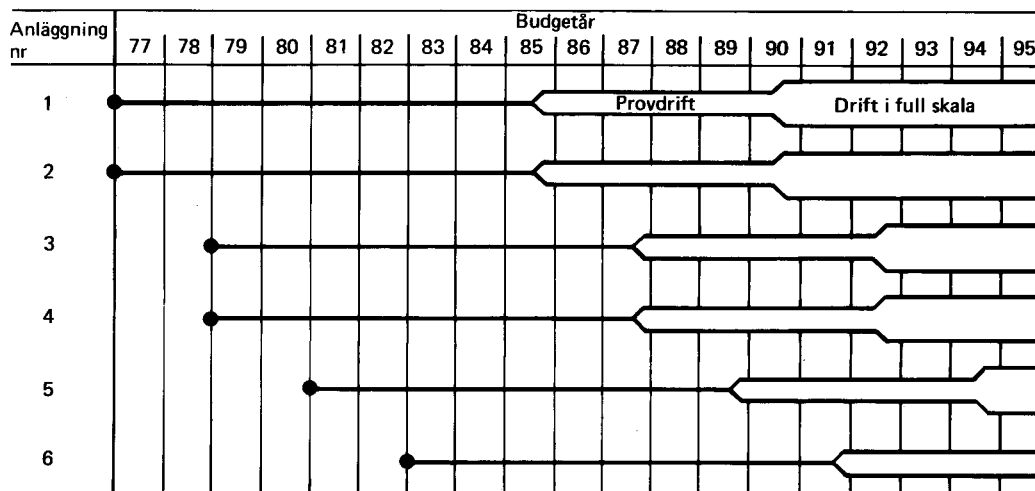
Figur 2-4. Anläggningar i USA där högaktivt avfall förvaras.

#### 2.4 FRAMTIDA ANLÄGGNINGAR FÖR HÖGAKTIVT AVFALL

Konkreta planer finns för hur den slutliga förvaringen av högaktivt avfall skall kunna göras, National Waste Terminal Storage Program, NWTs. Ansvarig för programmet är Office of Waste Isolation, OWI.

Ändamålet med programmet är att uppföra anläggningar i geologiska formationer på ett antal platser i USA. Där skall sådant aktivt kärnkraftavfall, som måste överlämnas till federal slutförvaring, kunna tas omhand med tillfredställande säkerhet. För budgetåret 1977 har för programmet budgeterats 38.2 miljoner dollar, av vilka 85 % beräknas bli använda för uppdrag till olika organisationer och företag.

Programmet innehåller planer att uppföra sammanlagt 6 anläggningar för slutlig förvaring. Tidschema framgår av figur 2-5. De två



Figur 2-5. Tidsschema för uppförandet av anläggningar för slutlig förvaring av högaktivt avfall.

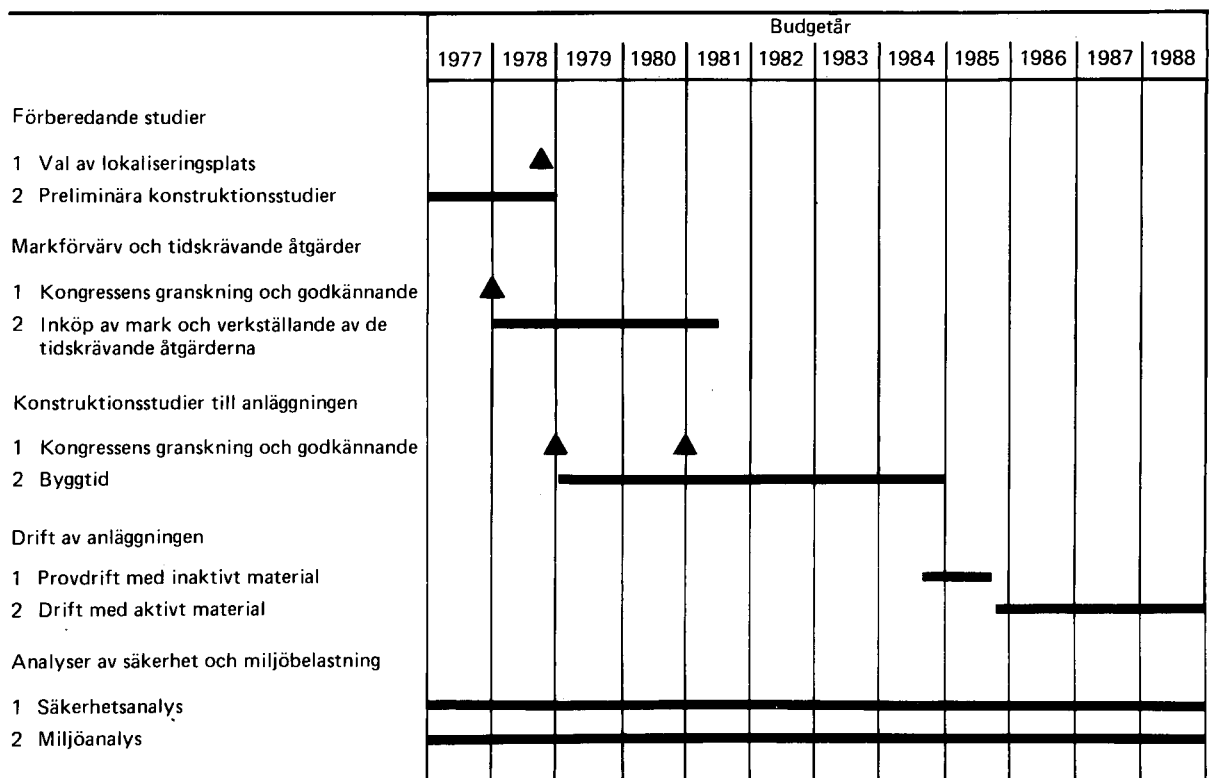
första anläggningarna planeras i bergsalt medan övriga planeras bli uppförda i andra bergarter såsom granit och skiffer. Enligt schemat planeras drift i försöksskala i de två första anläggningarna 1985. Drift i full skala planeras kunna ske fem år efter driftsstart i försöksskala.

En mer detaljerad plan för den första anläggningen återges i figur 2-6. Platsval planeras kunna ske 1978. Markinköp sker inte förrän myndigheterna godkänt hela projektet för lokalisering av slutförvaringsanläggningar i bergsalt. Efter driftsstarten 1985 fortsätter studier inriktade på säkerhet och miljö under hela försöksperioden.

Planeringen har hittills inriktats på att utforma anläggningarna för slutförvaring av högaktivt och långlivat avfall från upparbetning. Om, såsom föreslagits av den nuvarande amerikanska regeringen, upparbetning av använt kärnbränsle inte accepteras i framtiden, kommer anläggningarna att utformas för slutförvaring av använt kärnbränsle.

Under hela programmets genomförande hålls en fortlöpande kontakt med federala, delstatliga och lokala myndigheter. Det gör det möjligt för ERDA att fatta beslut om platsval på ett underlag som bedömts av alla berörda myndigheter. En särskild enhet vid OWI sammanställer och förmedlar information till allmänhet och organisationer kring programmets utveckling. OWIs rapporter är offentliga.

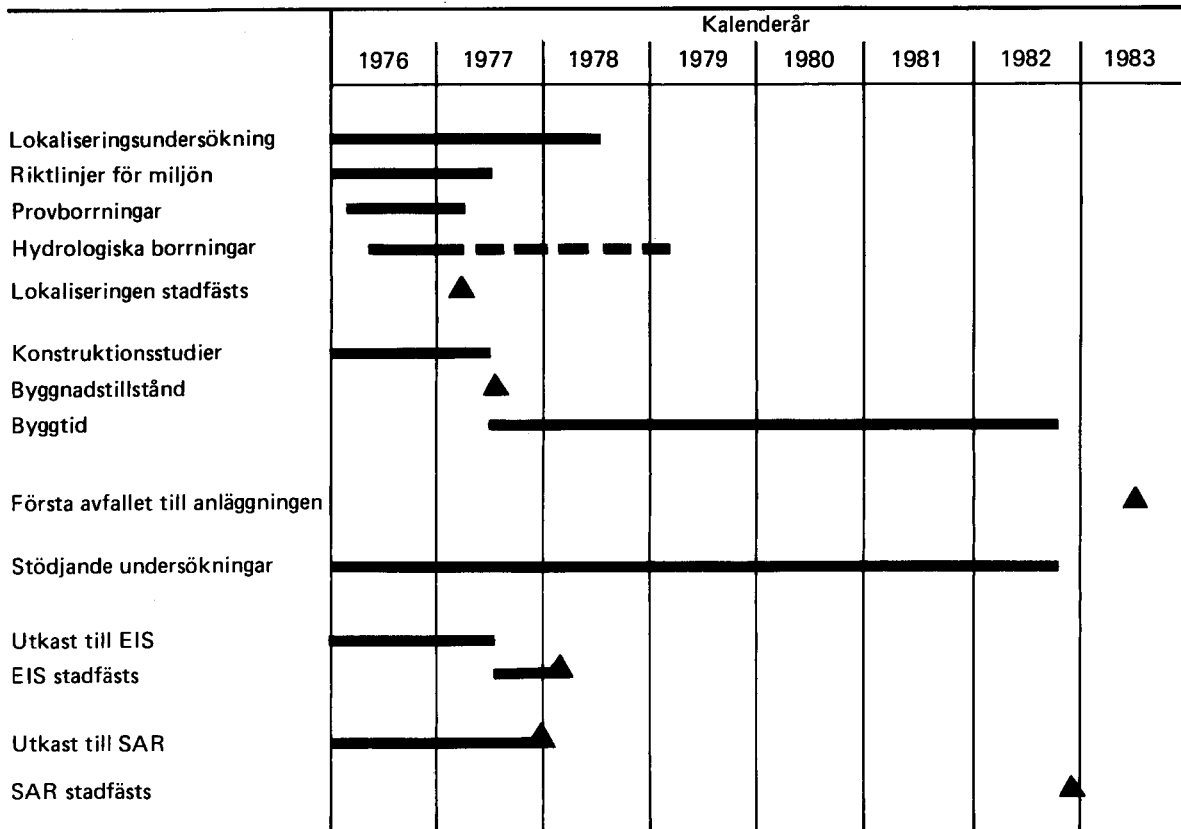
För slutförvaring av högaktivt och långlivat avfall från ERDAs egna anläggningar genomförs ett separat program. ERDA har före-



Figur 2-6. Tidsschema för den första av de sex planerade anläggningarna för slutlig förvaring av högaktivt avfall.

slagit att bygga en anläggning för detta ändamål vid Los Medanos i New Mexiko i en 200 miljoner år gammal bergsaltformation. Anläggningen, kallad WIPP (Waste Isolation Pilot Plant), skall ta emot långlivat alfaaktivt och medelaktivt avfall. Den kommer också att användas för experiment med reversibel slutlagring av högaktivt avfall. Sandia Laboratories ansvarar för WIPP-projektet och beräknar att under 1977 ha utarbetat preliminär utformning och en rapport över miljöeffekter av anläggningen (Environmental Impact Statement, EIS). Om prövningsprocessen utfaller positivt beräknas byggandet kunna påbörjas 1979. Driftsstart i försöksskala skulle då kunna ske 1983.

Ett tidsschema för WIPP-projektet återges i figur 2-7.



Figur 2-7. Tidsschema för ERDAs anläggning för alfaaktivt och medelaktivt avfall. Den skall också användas för experiment med högaktivt avfall. EIS: Environmental Impact Statement, SAR: Safety Analysis Report.

## 3 FRANKRIKE

### 3.1 DEN FRANSKA MÅLSÄTTNINGEN

Frankrike är liksom Sverige till 75 % beroende av bränsleimport för sin energiförsörjning. Den franska regeringen söker begränsa det framtida importbehovet genom energibesparing och utveckling av alternativa energikällor samt genom en snabb utbyggnad av den egna kärnkraftsindustrin.

Det franska kärnkraftsprogrammet är ett av de mest ambitiösa i världen. Den nuvarande kärnkraftskapaciteten är ca 3 000 MW vilket motsvarar 10 % av installerad effekt. Målet är att öka den till 40 000 - 50 000 MW år 1985. Kärnkraften skall då kunna täcka ca 70 % av den totala elproduktionen. Eftersom kärnkraftutbyggnaden beräknas ske snabbare än efterfrågan kan utbyggnaden leda till att Frankrike minskar behovet av olja för generering av elektrisk energi från 15 miljoner ton olja 1973 till 5 miljoner ton 1985.

För att nå nationellt oberoende skall man enligt de franska planerna bygga upp en kapacitet inom alla bränslecykelns steg. Frankrike skall göras teknologiskt och industriellt oberoende av utlandet från anrikning till upparbetning och lagring av radioaktivt avfall. Försörjningen med uran skall tryggas genom ett aktivt prospekteringsprogram och långtidsavtal med olika leverantörsländer.

#### 3.1.1 Lagar och myndigheter

Två lagar reglerar kärntekniken i Frankrike. De reglerar även anläggningar för behandling och lagring av avfall. Några lagar som speciellt reglerar avfall från kärnkraftverk finns inte. All sådan hantering faller under de båda atomenergilagarna.

I Frankrike fastställs den officiella policyn för säkerhet vid kärnkraftindustrin av en interministeriell kommitté, Conseil Supérieur de Sûreté Nucléaire. Kommittén sammanträder en gång per kvartal under ordförandeskap av premiärministern. Kommitténs främsta uppgift är att övervaka utbyggnaden av det civila kärnenergiprogrammet. Den franska regeringen har beslutat att ett viktigt inslag i den franska energipolitiken är att successivt ersätta olja med kärnenergi för produktion av elektrisk energi.

Även tillstånd och regler utfärdas på regeringsnivå. Handläggande organ är Service Central de Sûreté des Installation Nucléaires,

som anlitar en expertgrupp inom Commissariat à l'Energie Atomique, CEA.

Utveckling av tekniska metoder och studier som skall användas för underlag för policybeslut utförs av CEA. För slutlig förvaring av radioaktivt avfall i geologiska formationer görs undersökningar för CEA bl a av Bureau Supérieure des Mines de Paris. Hälsoministeriet har ett oberoende ansvar för tillsynen av miljöeffekter.

Handläggningen av tillståndsärenden har ofta blivit försenade. Det har skyllts på en dålig samordning mellan de inblandade organen. Problemet har varit speciellt uttalat vid ansökningar om lokalisering och tillstånd för igångsättning av kärnkraftverk.

Man anser inte att den slutliga förvaringen av högaktivt avfall utgör något omedelbart problem. Det kommer att dröja 20 - 30 år innan det högaktiva avfallet behöver genomgå den slutgiltiga behandlingen och lagras. Det internationella arbetet med avfallsfrågorna syftar bl a till att skapa gemensamma normer.

I Frankrike har man deklarerat målsättningen att det högaktiva avfallet skall inneslutas och isoleras så att strålningsrisker undanröjes. Förvaringen skall kräva ett minimum av övervakning och inte hindra utnyttjande av naturresurser.

### 3.2 FORSKNING OCH UTVECKLING

Även inom upparbetningstekniken har fransk forskning gjort insatser. Vid Centre d'Etudes Nucléaires i Fontenay aux Roses har utvecklats en torr process för upparbetning. Den passar för upparbetning av utbränt bränsle från bldreaktorer. I framtiden planeras de franska bldreaktorerna anslutas till en upparbetningsanläggning av den torra typen. I samband med anläggningen skall det separerade plutoniet tas om hand direkt för tillverkning av nytt bränsle. På så sätt kan säkerhetsproblemen med plutoniumhanteringen, bl a transporter reduceras.

I Frankrike koncentreras forsknings- och utvecklingsarbetet tidigt på förglasning av det högaktiva avfallet. Man startade 1958 med att undersöka vilka sorter av glas och andra stabila kristallina ämnen som bäst lämpade sig för att gjutas samman med det högaktiva avfallet.

I Frankrike undersöker man möjligheterna att använda det franska urberget för slutlig förvaring av högaktivt avfall. Förvaring i granit är huvudalternativet. Det finns två saltformationer i Frankrike och de kan dessutom tänkas få en bättre användning än som avfallslager. Två områden i Bretagne har valts ut och nu väntar man på tillstånd att få provborra.

Fransmännen undersöker också egenskaperna hos leror. Speciellt dess jonbytande förmåga och andra för spridningen av radioaktiva ämnen viktiga egenskaper.

### 3.3 BEFINTLIGA ANLÄGGNINGAR

#### 3.3.1 Upparbetningsanläggningar

Den första franska upparbetningsanläggningen byggdes under 50-talet i Marcoule. Den togs i drift 1958 och har varit i gång sedan dess. Ursprungligen byggdes den för att upparbeta bränsle från gas-grafitreaktorerna som finns i Marcoule. Anläggningen som betecknas, UP1, kommer nu att ta över upparbetning av använt bränsle från de gas-grafitreaktorer som ägs av Electricité de France. Tidigare har dessa reaktorer utbrända bränsle upparbetats i upparbetningsanläggningen i La Hague. UP1 upparbetar även bränsle från tungvattenreaktorer och en del bränsle från bredreaktorn Phenix. Kapaciteten är ca 1 000 ton uran per år.

I La Hague uppförde Frankrike sin andra upparbetningsanläggning, UP2. Den togs i rutinemässig drift 1967. Den byggdes för att ta hand om bränsle från gas-grafitreaktorer. 1971 började man bygga en anläggning för mottagning, sönderdelning och upplösning av lättvattenreaktorers utbrända bränsle. Tillbyggnaden anslöts till den gamla anläggningen. Provdrift med bränsle från lättvattenreaktor 1976 resulterade i en del justeringar. Efter en strejk är nu provdriften åter igång. Parallellt med upparbetningen av oxidbränslet upparbetas bränsle från gas-grafitreaktorer. Denna verksamhet skall successivt avvecklas. Kapacitet är 1 000 ton uran per år av gas-grafitbränsle. För oxidbränsle beräknas kapaciteten bli 400 ton uran per år. Kapaciteten för oxidbränsle beräknas öka till 800 ton per år efter 1981.

#### 3.3.2 Anläggningar för förglasning

En pilotanläggning, PIVER, för förglasning av högaktivt avfall togs i bruk 1969. Denna anläggning har förglasat högaktivt avfall från gas-grafitreaktorer, lättvattenreaktorer och tungvattenreaktorer. De glassorter som man använder har utvecklats genom forskning som pågått sedan 1958. Erfarenheterna av PIVER har varit så goda att tekniken ligger till grund för konstruktionen av den i industriell skala arbetande anläggningen AVM (Ateliers de Vitrification Marcoule) som nu står färdig. Den har en kapacitet som motsvarar ca 55 ton uran per arbetsskift och år. AVM-anläggningen har provats med inaktivt material.

I anslutning till förglasningsanläggningen finns ett mellanlager där det aktiva glaset förvaras torrt under luftkyllning.

#### 3.3.3 COGEMA

Compagnie Générale des Matières Nucléaires, COGEMA, är ett statligt aktiebolag vars bolagsordning godkändes i maj 1976. I juni övertog COGEMA ansvaret för den verksamhet som tidigare handlades av Direction de Production vid CEA. Aktiekapitalet i COGEMA är 4 750 miljoner francs. COGEMA har 8 400 anställda och är ett av världens ledande företag inom kärnbränslecykeln. Omsättningen 1976 var ca 3 miljarder francs.



COGEMA kontrollerar följande företag och verksamheter:

- Uranutvinning  
COGEMA ansvarar för driften vid gruvorna Crouzille, Vendée och Forez samt vid uranverket Gudugnon. COGEMA utför prospekteringar i USA, Kanada, Indonesien, Australien, Niger, Gabon och Senegal. COGEMA har också övertagit andelar i flera prospekterings- och gruvföretag från CEA.
- Anrikning  
COGEMA har ansvaret för driften vid anläggningarna i Pierrelatte och Miramas. Bolaget har dessutom övertagit CEAs andelar vid EURODIF, SOFIDIF och COREDIF.
- Upparbetning  
COGEMA ansvarar för driften vid anläggningarna i Marcoule och La Hague. Bolaget har övertagit CEAs andelar i United Reprocessors GmbH.

### 3.4 PLANERADE ANLÄGGNINGAR

Anläggningar för att ta hand om det utbrända bränslet planeras i Frankrike (Se figur 3-1). Man har koncentrerat sig på upparbetning och förglasning. Det förglasade högaktiva avfallet lagras sedan i luftkylda lager. Eftersom de franska myndigheterna utgår ifrån att avfallet kommer att stanna där i några årtionden har planerna på den slutliga deponeringen inte givits någon hög prioritet.

#### La Hague

Befintliga anläggningar:

Upparbetningsanläggningen UP2 400 ton/år (efter tillbyggnad 800 ton/år)

Planerade:

Upparbetningsanläggningen UP3a 800 ton/år

Upparbetningsanläggningen UP3b 800 ton/år

Förglasningsanläggningen AVH1

Dessutom skall även UP3a och UP3b förses med förglasningsanläggningar

#### Marcoule

Befintliga anläggningar:

Gas-grafitreaktorerna G2, G3

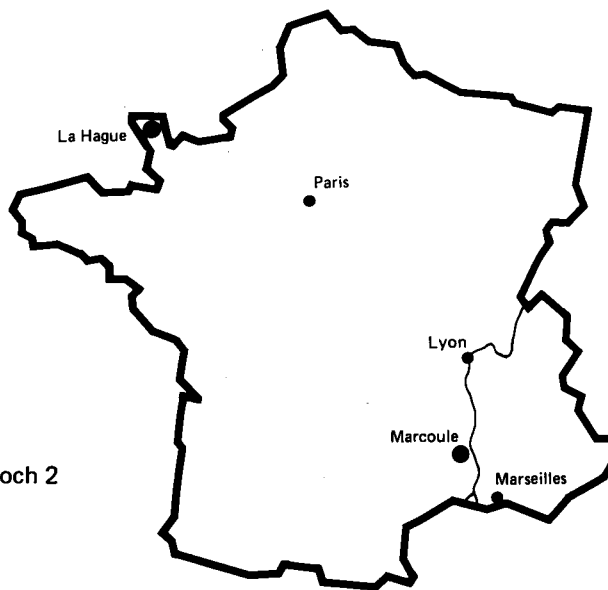
Tungvattenreaktorerna Célestin 1 och 2

Bridreaktorn Phenix (250 MWe)

Upparbetningsanläggningen UP1

Förglasningsanläggningen PIVER

Förglasningsanläggningen AVM



Figur 3-1. Befintliga och planerade anläggningar i La Hague och Marcoule.

#### 3.4.1 Upparbetningsanläggningar

Man planerar att öka upparbetningskapaciteten betydligt. Två nya upparbetningsanläggningar är planerade. Den första, UP3a, beräknas stå färdig 1984. Den skall följas av anläggningen UP3b, som skall vara färdig 1988. Anläggningarnas kapacitet är beräknat till 800 ton uran per år vardera. I dessa skall endast oxidbränsle från lättvattenreaktorer upparbetas.

#### 3.4.2 Anläggningar för förglasning

Det högaktiva avfall som man får vid upparbetningen planerar man ta om hand direkt vid varje upparbetningsanläggning. Vid anläggningen UP2 i La Hague skall uppföras en förglasningsfabrik som får en kapacitet som motsvarar ca 250 ton uran per arbetsskift och år.

## 4 STORBRITANNIEN

Storbritannien satsade mycket tidigt på kärnenergin. Man byggde huvudsakligen gas-grafitreaktorer. Idag är ett trettiotal reaktorer i drift. De svarar för mellan 10 och 15 % av produktionen av elenergin. Kärnkraftens andel av elproduktionen planeras vara fördubblad på 1980-talet.

### 4.1 LAGAR OCH MYNDIGHETER

De brittiska lagar som reglerar industri, arbetarskydd och miljö har under sjuttioalet genomgått en ingående omarbetning.

The Health and Safety at Work etc Act tillkom 1974. Huvudansvarig under regeringen är enligt denna lag the Health and Safety Commission. All tillsynsverksamhet sorterar nu under the Health and Safety Executive.

Kärntekniska anläggningar kontrolleras av the Nuclear Installations Inspectorate, som presenteras närmare nedan.

Trots den nya lagen gäller dock fortfarande the Nuclear Installations Act från 1954. Den reviderades år 1965. Den nya lagen ger tillsynsmyndigheterna ett breddat ansvar.

Nära samarbete med andra myndigheter och departement är en viktig del av the Health and Safety Executive's arbete. Bland de statliga organ som man samarbetar med märks två rådgivande kommittéer, the National Radiological Protection Board och the Nuclear Power Advisory Board.

Ansvar för utsläppsnormer för radioaktiva ämnen till omgivningen från kärnenergianläggningar ligger på Department of the Environment och the Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.

#### 4.1.1 The Nuclear Installations Inspectorate

The Nuclear Installations Inspectorate bildades 1960. Inspektoratet är numera en del av the Health and Safety Executive.

Ansvarsområdena för inspektoratet kan sammanfattas i tre punkter:

- Utvärdering av säkerhetsaspekterna på nya kärntekniska system som man ämnar införa i Storbritannien. I detta inkluderas nya typer av reaktorer, bränslefabriker och upp-

arbetsanläggningar men också anläggningar för behandling och lagring av radioaktivt avfall.

- Utvärdering av säkerheten för en speciell anläggning för vilken tillstånd krävs enligt Nuclear Installations Act. Utvärderingen skall utmytna i ett tillstånd för lokalisering, uppförande eller drift av anläggningen.
- Tillsyn av kärntekniska anläggningar. Kontrollen sker både för att se att de givna föreskrifterna följs och en bedömning av funktionen av anläggningen under dess livstid.

Alla kärntekniska anläggningar i Storbritannien utom de som drivs av statliga departement eller UK Atomic Energy Authority måste ha tillstånd enligt Nuclear Installations Act. De statliga anläggningarna måste dock drivas i enlighet med Health and Safety at Work etc Act, vilket gör att de blir föremål för kontroll av Nuclear Installations Inspectorate.

## 4.2 BRITTISK POLICY OM HÖGAKTIVT AVFALL

Hantering av högaktivt avfall har huvudsakligen förekommit i anläggningen i Windscale. Avfallet har förvarats i flytande form under sträng uppsikt. Utsläppen till omgivningen från anläggningen har varit lägre än ICRPs gränsvärden men högre än vad som tillåtit vid svenska kärnkraftverk.

Man har hela tiden utgått ifrån att det flytande avfallet skulle förglasas. Myndigheterna har dock inte ansett förvaringen av det flytande avfallet vara något akut problem. Man har väntat på utvecklingen av tekniskt goda lösningar. Avfallstankarna har hittills inte förorsakat några problem. Nu har konkreta planer för förglasning och slutlig förvaring av det högaktiva avfallet börjat ta form.

En mer tveksam inställning till bridreaktorer och plutonium-ekonomi har gjort att studier om radioaktivt avfall breddas att även gälla förvaring av långlivade ämnen som plutonium och andra transuraner. Grundinställningen i Storbritannien liksom i de övriga EG-länderna är dock att bridtekniken kommer att behövas och att bästa sättet att bemästra plutoniumproblemet är att använda plutoniet till bränsle.

### 4.2.1 Flowersrapporten

Den s k Flowers-kommissionen underströk i sin rapport /4-1/ till regeringen vikten av att inte binda sig för ett stort kärnkraft-program innan det demonstrerats att det finns någon metod som ger en säker inneslutning av långlivat högaktivt avfall för all framtid. Kommissionen lämnade ett antal rekommendationer beträffande fortsatt utveckling och användning av kärnkraft. Om det radioaktiva avfallet sades bli följande:

- Det synes tveksamt att direkt deponering av förglasat högaktivt avfall på havsbotten kommer att vara accepterbart.
- Det finns två rationella metoder för slutförvaring: i geologiska formationer på land och under havsbotten. Bägge metoderna är dock otillräckligt studerade.
- Avsevärda insatser bör göras i Storbritannien för slutlig förvaring i geologiska formationer på land.

- Slutlig förvaring under havsbotten har flera fördelar och ett forskningsprogram bör etableras.
- Om utländskt kärnbränsle upparbetas i Storbritannien tjänar återtransport av avfallet till ursprungslandet intet miljömässigt ändamål.
- Ansvar för avfallsstrategin i Storbritannien bör vila på miljöministern (Secretary of State for the Environment) och en rådgivande kommitté för avfallshantering bör bildas.
- Ett avfallsföretag bör bildas med ansvar för en säker hantering av allt kärnkraftavfall.

Brittiska regeringen har under maj 1977 i parlamentet besvarat och i en del fall tagit ställning till Flowers-kommissionens rekommendationer. Därvid framgick bl a:

- Regeringen noterar kommissionens tvivel på att förvaring av avfallet på havsbotten kommer att accepteras men anser att metoden inte nu bör uteslutas
- Regeringen accepterar kommissionens slutsats att varken slutförvaring i geologiska formationer på land eller under havsbotten har studerats tillräckligt och att det bör finnas ett fortlöpande forskningsprogram för detta. Tillräckliga resultat bör ha framkommit till slutet av 1980-talet för beslut att bygga försöksanläggningar för en eller flera metoder för drift under den första delen av 1990-talet
- Kommissionens syn på att återtransport inte tjänar något miljömässigt ändamål skall beaktas
- Miljöministern har, tillsammans med ministrarna för Skottland och Wales, fått ansvaret för policy beträffande hantering av avfallet från den civila kärnkraften. En översyn av nuvarande inriktning och forskningsprogram pågår
- Regeringen accepterar i princip förslaget att inrätta en rådgivande kommitté för avfallshantering
- Regeringen inser styrkan i förslaget att bilda ett avfallsföretag men anser sig inte nu behöva fatta beslut om ett sådant. Förslaget kommer att övervägas på nytt efter översyn av nuvarande avfallspolicy
- Åtgärder kommer att vidtas för en utvidgad information kring kärnkraftfrågor i avsikt att öka insyn och underlätta en öppen allmän debatt.

#### 4.2.2 Geologiska kriterier för ett slutförvar

Institute of Geological Sciences har i en geologisk studie presenterat kriterier för ett landbaserat slutförvar /4-2/.

En av förutsättningarna är att förvaret skall kunna stå emot geologiska, kemiska och fysikaliska förändringar under 100 000 år. Man förutsätter då också att avfallet är förglasat och kapslat. Kapseln skall stå emot korrosion och vara av den standard som är accepterad för långa transporter och långtidsförvaring. De kaviteter och borrhål som gjorts i berget skall återfyllas.

Man betonar också att alla uppställda kriterier inte behöver vara helt uppfyllda.

Slutförvaret bör vara djupt beläget, 300 - 500 m nämns, men de lokala förhållandena är där avgörande. Värmeledningsförmågan hos berget skall vara så hög att värmen från avfallet avledes. Genom-

släppligheten för vatten skall vara låg för att man skall få en minimal omsättning av vatten.

De kemiska och fysikalisk-kemiskt förhållandena mellan berget och kapseln skall göras så att korrosionen blir minimal även med vattenflöde i bergsskiktet. Hänsyn bör också tas till jonbytar-egenskaper och självläkning av sprickor.

De hydrologiska och hydrogeologiska kriterierna säger att inga stora volymer ytvatten skall kunna nå förvaret, inte ens vid en ny istid. Fyllnadsmaterial i kaviteter måste motstå de höga hydrologiska tryck som kan uppstå. Grundvattencirkulationen skall vara försumbar.

Förvaret skall ligga utanför områden med onormalt hög seismisk aktivitet och där mänsklig aktivitet kan framkalla instabilitet. Områden i närheten av gruvor, stora berggrum, borrhål och dammar bör därför undvikas.

Ändringar i klimatet kan komma under loppet av 100 000 år. Om polarisen smälter höjs havsytan ca 60 m. Därför bör borrhål och schakt mynna högre upp än denna högsta vattenlinje. Den erosion som kan uppkomma under en nedisning och vid isens avsmältning bör beaktas.

Is pressar ned berggrunden. Sedan övergår detta i en landhöjning. Isen förorsakar också stora materialförflyttningar. Även dessa förändringar bör kalkyleras in när lokalen för ett förvar bestäms.

Andra klimatförändringar, som en stor ökning av regnmängderna eller en extrem torrtid, kan påverka erosion och grundvatten.

Läckage av radioaktiva ämnen från avfallet skall inte kunna nå biosfären genom direkta eller indirekta förbindelser mellan jordytan och förvaret. De vägar som ämnen från ett läckage kan söka sig skall vara bestämbara.

Förvaret skall kunna byggas med teknik tillgänglig idag.

#### 4.3 BEFINTLIGA ANLÄGGNINGAR

Den första brittiska upparbetningsanläggningen togs i bruk i Windscale 1952. Den anläggning som idag är i drift startades 1964. Dessa båda var ursprungligen byggda för att upparbeta använt bränsle från gasgrafitreaktorer. Upparbetningen av oxidbränsle från lättvattenreaktorer startades 1971. Denna del av anläggningen måste dock stängas 1973 efter ett läckage. Det förorsakade överbestrålning av några anställda. Inga okontrollerade utsläpp till omgivningen skedde. Upparbetning av använt bränsle från gas-grafitreaktorer har pågått hela tiden. Kapaciteten för detta slag bränsle är 1 000 ton/år. Det utbrända bränslet från lättvattenreaktorer förvaras i vattenbassänger för senare upparbetning.

Upparbetning i mindre skala av speciella bränsletyper sker vid en försöksanläggning i Dounreay. Denna upparbetningsanläggning har varit i drift sedan slutet av femtiotalet.

Det högaktiva avfallet från upparbetningen förvaras i stora kylda tankar. De står i nedgrävda betongceller. I Windscale finns 8 tankar som tillsammans rymmer ca 1 000 m<sup>3</sup>.

#### 4.4 PLANERADE ANLÄGGNINGAR

Det helstatliga kärnbränslebolaget British Nuclear Fuels Ltd, BNFL, planerar en ny upparbetningsanläggning i Windscale. Kapaciteten skall bli 1 000 ton/år. Den avses vara i drift i slutet av 1980-talet. Planerna på en utbyggnad har mött kraftigt motstånd. Den nya anläggningen är konstruerad för oxidbränsle från lättvattenreaktorer. Den kommer att få en stor överkapacitet, som har erbjudits andra länder. Japan och Sverige har visat intresse för att få utnyttja anläggningen. Med Japan har Storbritannien redan förhandlat fram ett förslag till avtal om 1 600 ton. Det har dock ännu inte undertecknats.

Den nya anläggningen i Windscale kommer inte att få byggnadstillstånd förrän efter en "public hearing" som beräknas vara slutförd under hösten 1977.

Det flytande högaktiva avfall, som nu förvaras i tankar, skall överföras till fast avfall. Processen att förglasa avfallet har utvecklats i en försöksanläggning. Man håller nu på att konstruera en anläggning i industriell skala. Denna anläggning förutses vara i drift vid slutet av 1980-talet. Man räknar sedan med att det flytande högaktiva avfallet kommer att vara överfört till fast form vid mitten av 1990-talet.

#### 4.5 FORSKNING OCH UTVECKLING

En stor del av forsknings- och utvecklingsarbetet i Storbritannien sker inom europeiska gemenskapens program. Geologiska studier i kristallina bergarter genomförs för att utröna möjligheten till slutlig förvaring. Tre områden är särskilt intressanta Cornwall, Hebriderna och Southern Uplands i Skottland. Man har föreslagit ett program som under en period av tjugo år skall leda fram till en färdig anläggning för slutlig förvaring.

Atomenergimyndigheterna UKAEA genomför preliminära studier av metoder att slutligt förvara högaktivt avfall på botten av djuphavet bl a för att uppskatta erforderliga utvecklingsinsatser. En metod är att låta behållaren med avfall falla fritt och borra sig in i bottenens sedimentskikt. Det anses möjligt att behållarna i en del områden kan penetrera sedimentet till ca 50 m djup. En alternativ möjlighet är att placera avfallet på visst djup under havsbotten i sedimentära bergarter eller urberg. Icke-konsoliderade sediment anses mest lovande genom sina plastiska och jonbytande egenskaper, vilka kan fånga upp läckande radioaktiva ämnen från avfallet.

Som tidigare nämnts har också arbeten på utveckling av förglasningsteknik gjorts. Även upparbetningstekniken utvecklas. Speciellt har upparbetning av utbränt bränsle från snabba reaktorer studerats.

## 5 VÄSTTYSKLAND

Förbundsregeringen i Västtyskland godkände i slutet av mars i år riktlinjer för ett reviderat energiprogram. Den viktigaste målsättningen är en på lång sikt tryggad energiförsörjning. Detta anses inte kunna ske utan kärnenergi och minskat beroende av OPEC-länderna. Man måste öka satsningen på inhemska energikällor, främst kol samt öka energisparandet. Beräkningarna för behovet av kärnenergi har justerats nedåt till 30 000 MW.

Kriterier för upparbetning och lagring av radioaktivt avfall skall vara uppfyllda innan nya kärnkraftverk tillåts. I praktiken råder således ett slags moratorium. Regeringen anser dock, att dessa frågor skall kunna lösas inom något år.

Det nya energiprogrammet räknar med en årlig ökning av konsumtionen av elektrisk energi med 6.2 %. Elgenereringen beräknas fördela sig på de olika energiråvarorna enligt följande:

Råvara	1975	1985
Kärnenergi	7.2 %	35 %
Brunkol	31.2	19
Brännolja	8.8	7
Naturgas	17.8	13
Stenkol	24.8	18
Övrigt	10.2	8

Denna prognos baserar sig på ett bidrag med 30 000 MW från kärnkraftverk år 1985. En alternativ prognos där bidraget från kärnkraftverken endast är 18 000 MW har också utarbetats. Utredarna utesluter inte en brist på elektrisk energi år 1985 med det lägre alternativet.

Den västtyska regeringen har också godkänt ett nytt energiforskningsprogram för 1977 - 1980. Det totala beloppet för de fyra åren är 6 500 miljoner DM. Forskning och utveckling inom kärnenergiområdet utgör nästan 70 % av hela programmet. För försörjning av kärnbränsle och avfallshantering har anslagits 1 100 miljoner DM för de fyra åren.



## 5.1 UPPARBETNING OCH SLUTLIG FÖRVARING AV RADIOAKTIVT AVFALL

### 5.1.1 Organisation

Grunden för den tyska planeringen av inhemsk upparbetning är förbundsregeringens s k Entsorgungszentrum /5-1/. Den utgår ifrån att upparbetning, bränsleåterföring, avfallsbehandling och avfallslagring geografiskt skall sammanföras till en enhet. Härigenom minskas bl a transporterna av radioaktivt material. Slutlagret skall ligga i formationer av stensalt.

Ansvar för avfallshanteringen skall delas mellan industrin och staten. Detta är en av anledningarna till att den sedan många år planerade uppberetsanläggningen ännu bara befinner sig på ritbordet. De privata företagen har nu övertagit ansvaret för upparbetningen. Den federala staten ansvarar för den slutliga lagringen av radioaktivt avfall. Eftersom kraven på lokaliseringen blir främst avhängig av slutlagret ankommer det nu på förbundsregeringen att välja ut och förvärva ett lämpligt område.

Det planerade avfallscentret skall innehålla följande anläggningar

- Anläggning för mottagning och lager för använt bränsle
- Upparbetningsanläggning
- Mellanlager för avfall
- Anläggning för bearbetning av uran och uranlager
- Plutoniumlager
- Bränslefabrik
- Anläggning för behandling av högaktivt avfall
- Slutförvar

Anläggningarna för mottagning, upparbetning och mellanlager skall byggas och drivas av ett nybildat bolag Deutsche Gesellschaft für Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen mbH. Det ägs av 12 kraftbolag och har ett aktiekapital på 100 miljoner DM.

Anläggningen för bearbetning av uran och uranlagret skall byggas och drivas av Reaktor-Brennelement Union GmbH. Plutoniumlagret och bränslefabriken skall byggas och drivas av Alkem GmbH.

Ansvar för anläggningen för slutlig förvaring av avfall har ålagts den federala Physikalisch-Technische Bundesanstalt, PTB. Den blir också tillsynsmyndighet för hela anläggningen. Troligen kommer PTB att lämna uppdraget att bygga och driva slutlagret åt något industriföretag.

Frågan om verksamheten vid anläggningen för behandling av avfallet hör till upparbetning eller till slutlagringen håller på att diskuteras. Man förhandlar med flera företag om övertagande av uppgiften.

Kostnaderna för verksamheten kommer att läggas på producenterna av elektrisk energi. Detta beräknas medföra en ökning av elpriset med ca 2 öre per kWh.

### 5.1.2 Tillståndsgivningen

Det fredliga utnyttjandet av kärnenergin regleras i den s k Atomgesetz från 1959 med senaste ändring 1976. Tillståndsgivning för kärntekniska anläggningar beskrivs i förordningen till § 7 i Atomgesetz. Skydd mot skador från radioaktiva ämnen regleras i Strahlenschutzverordnung.

Tillståndsgivningen för det planerade avfallscentret löper enligt två skilda men likartade procedurer. Enligt atomlagen är uppbyggnadsanläggningar tillståndspliktiga. Ansökan inlämnas till den ansvariga tillståndsmyndigheten, i detta fall socialministeriet i Niedersachsen. Med ansökan biläggs en säkerhetsanalys med detaljerade planer, ritningar etc. Alla federala, regionala och kommunala myndigheter, vilkas ansvarsområden berörs av anläggningen, dras in i tillståndsärendet. Dessutom läggs planerna ut under två månader för allmänhetens granskning. Invändningar kan framläggas vid en offentlig förhandling.

Även det federala inrikesministeriet, som är överordnat den delstatliga tillståndsmyndigheten, kopplas in i ärendet. Genom sina två permanenta rådgivningsorgan, Reaktorsicherheitskommission och Strahlenschutzkommission granskas de säkerhetstekniska principerna. Rekommendationerna från dessa liksom yttrandena från övriga federala myndigheter tillställs den delstatliga tillståndsmyndigheten. De måste följas vid den delstatliga prövningen, men tillståndsmyndigheten kan även skärpa kraven.

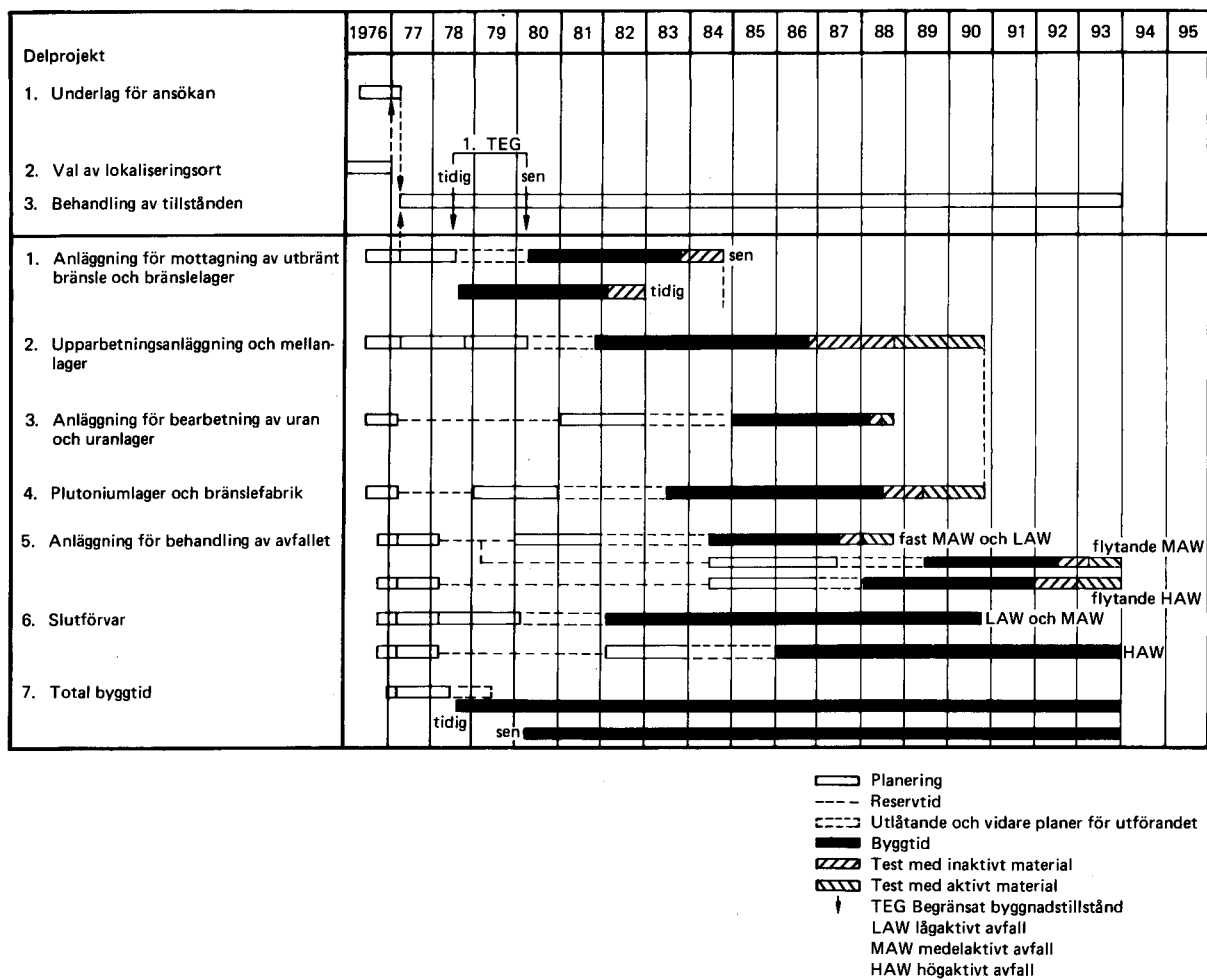
Om allmänhetens eller tillståndssökandens synpunkter inte har beaktats kan besluten överklagas i förvaltningsdomstolarna.

Tillståndsgivningen för slutförvaret följer en något enklare procedur. En regional planeringsmyndighet är prövningsinstans. Det federala inrikesministeriet har det sista avgörandet. Även här kan besluten överklagas i förvaltningsdomstolen.

### 5.1.3 Tidplaner

Den enda delstat med geologiska förutsättningar för ett avfallscentrum är Niedersachsen. Regeringen i Niedersachsen erbjöd ett område vid byn Gorleben för detta ändamål i februari 1977. Man har i slutet av mars lämnat in en ansökan om att få bygga sina delar av centret på den föreslagna platsen. Ansökan åtföljs av en säkerhetsrapport om 3 000 sidor. Den skall ge det tekniska underlaget för en bedömning om anläggningen motsvarar den tyska atomlagens säkerhetskrav.

Förbundsregeringen har hittills inte agerat på motsvarande sätt. Den anser området vid Gorleben mindre lämpligt på grund av att det ligger några få kilometer från gränsen till DDR. Man gör dock allmänt den bedömningen att förbundsregeringen inte har något annat val än att ansöka om tillstånd för anläggningen för slutligt lager av avfall. Endast genom en ansökan kan platsens lämplighet prövas. Utgången av granskningen av säkerheten anses inte på förhand given, speciellt då saltformationen i Gorleben är föga känd. Tidplanerna för avfallscentret framgår av figur 5-1.



Figur 5-1. Tidplan för avfallscentret i Niedersachsen.

Detta innebär en fördröjning på 6 år jämfört med den ursprungliga planen. Detta beror främst på att tillståndsproceduren för hela anläggningen skall behandlas samtidigt. Med undantaget för lagret för använt bränsle anses denna fördröjning inte vara kritisk. Orsaken till detta är att det tyska kärnenergi-programmet nu officiellt skrivits ned till 30 000 MW installerad effekt år 1985. Det är en bantning på ca 35 %.

För en övergångstid planerar man nu en temporär anläggning för förvaring av utbränt bränsle. Planer finns på ett centralt bränslelager för 1 500 ton uran. Lokaliseringen skall vara skild från befintliga kärnkraftverk för att tillståndsförfarandet inte skall kompliceras. Lokaliseringen kan bli inom det föreslagna området för avfallscentret men utan direkt anknötning till detta. Därigenom hoppas man kunna få en snabb behandling av ärendet. Skulle det sedan visa sig att centret kan byggas inom området vid Gorleben, skulle det då redan godkända centrala lagret kunna bli den slutgiltiga anläggningen för mottagning och lagring av utbränt

bränsle. Man räknar med att senast 1979 få tillstånd att bygga det centrala lagret för utbränt bränsle. Det skulle då kunna tas i drift 1982.

Kostnaden för det centrala bränslelagret har beräknats till 300 miljoner DM i 1976 års priser. Inventeringskostnaden för hela avfallscentret exklusive slutförvaret har kalkylerats till 4 miljarder DM.

#### 5.1.4 Skäl för upparbetning

Även i Västtyskland har man ifrågasatt om det är lämpligt att upparbeta använt kärnbränsle. Den officiella inställningen är dock mycket klart för upparbetning. Man anger tre skäl som talar för denna linje.

1. Det ekonomiska argumentet  
Vid fullständig återcyklning av uran och plutonium kan man med lättvattenreaktorer spara ca 30 % lättanrikat uran och 20 % anrikningsarbete. Ännu större blir vinsten om man kan utnyttja bridreaktorer.
2. Det radioekologiska argumentet  
Genom uppdelning av det radioaktiva avfallet i återanvändbart material och avfall med olika aktiviteter tas ett stort steg mot ett ordnat omhändertagande av avfallet. Härigenom blir det möjligt att ge det en till avfallets egenskaper anpassad förvaringsform.
3. Riskargumentet  
Genom att lämna kvar plutoniet i det radioaktiva avfallet tillförs naturen ett nytt giftigt ämne. Dessutom minskas tiden för den radiologiska risken från ett slutförvar om plutoniet och andra transuraner är avskiljda från avfallet.

En av de få fördelarna med direktförvaring av det utbrända bränslet som anförts har varit risken för missbruk av plutoniet. Det anses tillfredsställande löst genom att koncentrera all hantering med plutonium i en sluten enhet. Det söker man uppnå i avfallscentret.

## 5.2 FORSKNING OCH UTVECKLING

Forskning och utveckling inom upparbetning och avfallsbehandling har pågått under lång tid i Västtyskland. Upparbetning av utbränt bränsle sker idag i en försöksanläggning vid forskningsstationen i Karlsruhe. Den har en kapacitet av 40 ton uran per år. Anläggningen togs i drift i början av 70-talet. Efter några år med tekniska problem går den nu sedan ett par år tillbaka bra. Den upparbetar bränsle från lättvattenreaktorer.

Vid upparbetningsanläggningen i Karlsruhe pågår försök med förglasning och andra metoder för inneslutning av högaktivt avfall. Man arbetar i Västtyskland efter flera linjer bl a med glasblock, glaskulor och keramer. Realistiska prov kommer att göras i avfallsstationen i Asse saltgruva innan man slutgiltigt bestämmer sig för vilken metod man skall välja.

I den nedlagda saltgruvan i Asse pågår försök med avfallsförvaring. Där slutlagras också låg- och medelaktivt avfall. Man testar värmeledningen i saltet och värmens påverkan på saltformationernas stabilitet.

I Asse beräknar man inom ett år att slutligt förvara bränsle från högtemperaturreaktorer. Detta bränsle är inte upparbetat. Man räknar också med att man skall kunna mellanlagra utbränt bränsle från lättvattenreaktorer i Asse. Det påverkar tidsplanerna för den definitiva lösningen av upparbetning och avfallsbehandling. Frågorna behöver inte lösas under tidspress.

## 6 ÖVRIGA LÄNDER

### 6.1 NÅGRA VÄSTEUROPEISKA LÄNDER

#### 6.1.1 Nederländerna

I Nederländerna inriktas arbetet med slutförvaring av högaktivt avfall på slutförvaring i bergsalt. Fem tänkbara förläggningsområden har offentliggjorts av regeringen. Dessa är kommunerna Gasselte-Drouwen, Schoonloo, Pieterburen, Onstwedde och Anloo.

Provbörningar skall inledas i norra delen av landet i syfte att utröna förutsättningarna för lagring av utbränt bränsle och upparbetat avfall. Utfaller probborningarna och de geohydrologiska studierna positivt kan nya schakt anläggas i saltformationer i området.

De geohydrologiska studierna skall kartlägga grundvattnets rörelser i området för att utröna riskerna för läckage genom bergformationerna. Man skall också kartlägga förekomsten av karnellit, ett kalium-magnesiumsalt som kan öka risken för bristningar i berget.

Först när studierna utfaller positivt avser regeringen höra parlamentets andra kammare och berörda kommunstyrelser. Därefter kan regeringen fatta beslut.

Nederländerna avser sluta ett undersökningskontrakt med EG. Man kan därmed erhålla ersättning från EG. Undersökningsprogrammet kan utformas ändamålsenligare om man får garantier om informationsutbyte mellan EG-länderna.

#### 6.1.2 Schweiz

Den schweiziska federationen saknar konstitutionell kompetens att föra en samlad energipolitik. På hösten 1974 tillsatte regeringen därför en kommission med uppgift att föreslå en ändring i författningen och att utarbeta ett program för den schweiziska energiförsörjningen kallat Gesamtenergiekonzeption. En första rapport har kommit från kommissionen. Slutrapporten väntas komma före utgången av 1977. På grundval av den första rapporten har regeringen utfärdat rekommendationer om besparingsåtgärder.

Utbyggnaden av kärnkraften har blivit en politisk fråga. Ett s k folkinitiativ på det federala planet har lagts. Det innebär i

praktiken stopp för kärnkraftutbyggnaden om det antas. Enligt initiativet skulle tillstånd för att få uppföra ett kärnkraftverk meddelas av förbundsförsamlingen, men den kanton och den kommun där anläggningen planerades liksom angränsande kantoner och kommuner skulle få ett medinflytande som i praktiken torde innebära stopp för varje utbyggnadsprojekt.

Som motdrag mot detta folkinitiativ utarbetades i kommunikations- och energidepartementet ett förslag till ändring av gällande atomlagstiftning som innebär, att tillståndsprövningen flyttas från departementet till förbundsförsamlingen eller regeringen samt att ett behovskriterium införs i lagen. Ändringsförslaget har varit på remiss och fått ett blandat mottagande. Det prövas för närvarande i departementet. Regeringen torde senare lägga fram förslag till lagändring för förbundsförsamlingen på grundval av det ursprungliga förslaget och remissernas innehåll. Samtidigt kommer regeringen att rekommendera församlingen att ta ståndpunkt till folkinitiativet. I slutet av 1978 beräknas folkomröstningen om folkinitiativet att hållas.

I Basel hölls den 12 juni i år en folkomröstning om att de kantonala myndigheterna med alla till förfogande stående medel skall verka mot att kärnkraftverk, uppberedningsanläggningar eller lager för radioaktivt avfall placeras inom kantonen eller i dess närhet. Förslaget antogs med 46 633 röster mot 14 816.

Regeringen och industrin har tillsammans bildat die Nationale Genossenschaft für die Lagerung Radioaktiver Abfälle, NAGRA. Denna organisation skall genomföra utvecklingsprogram bl a för slutlig förvaring av högaktivt avfall i geologiska formationer. I arbetsuppgifterna ingår sedan också uppförandet och driften av de anläggningar som kommer att beslutas.

### 6.1.3 Österrike

I Österrike pågår undersökningar om hantering och förvaring av radioaktivt avfall. Projektet har om hand av Kernkraftwerk Planungsgesellschaft mbH, KKWP. Geologiska undersökningar för att avgöra lämpligheten av den tänkta förläggningen för slutförvaret pågår.

Ett preliminärt tidsschema anger beslut om förläggningsplatsen 1980-82. Man beräknar att kunna starta provdriften 1987 och vara i full drift under 1990-talet.

Hanteringen av avfallet har också planerats. Det förglasade avfallet anländer till det slutliga förvaret på järnväg. Avfallet är i form av glascylindrar, som ligger en och en i transportbehållare. Glaset kapslas därefter och kapseln sänks direkt ner till slutförvaret via ett transportschakt. Man överväger dock nu att anordna någon form av mellanlagring under 30-40 år.

Kapseln utförs av 20 cm stål och bly med ett omgivande skikt av 10 cm asfaltbetong som innesluts i en stålmantel. Den österrikiska kärnkraftinspektionen har föreslagit, att asfalt skall användas. Kapslarna läggs horisontellt i tunnlar, som fylls med betong. Innan man återfyller tunnlar med luft.

KKWP planerar inte ha något buffertmaterial med jonbytande egenskaper. Barriärerna som hindrar aktivitetsspridningen till biosfären blir därför glas, kapsel och berg.

Projektet för ett slutförvar innefattar även låg- och medelaktivt avfall. Detta avfall avser man att förvara på ca 100 meters djup. Anläggningen för detta avfall beräknas att tas i drift 1980.

#### 6.1.4 Övriga

I Spanien har låg- och medelaktivt avfall förvarats i en nedlagd urangruva i Sierra Albarrana. En försöksanläggning för högaktivt avfall planeras för slutet av 1980-talet. Den skall ligga i geologiskt lämpliga formationer. Samtidigt planeras en uppbyggnadsanläggning, som skall stå klar vid samma tidpunkt som det slutliga förvaret för högaktivt avfall.

I Belgien och Italien pågår undersökningar om möjligheterna att bygga slutförvar för högaktivt avfall i mäktiga lerlager. Undersökningarna ingår som en del i EG-programmet.

## 6.2 NÅGRA ÖSTEUROPEISKA LÄNDER

I Östeuropa pågår ett internationellt samarbete i kärnenergifrågor. Två speciella organisationer har bildats. Interatominstrument och Interatomenergo.

Den äldre av dessa är Interatominstrument som startades 1972. Den har till uppgift att koordinera forskning, utveckling och produktion av kärnkraftutrustning. På sikt skall organisationen skapa ett enhetligt normsystem och regler för tillståndsgivning.

I slutet av 1973 startades Interatomenergo i vilken även Jugoslavien deltar. Denna organisations huvuduppgift är att koordinera byggandet av kärnkraftsanläggningar inom medlemsstaterna. Tanken är att den så småningom skall få uppgiften att vara huvudleverantör för utrustning och reservdelar till kärnanläggningarna. Interatomenergo skall dessutom svara för en del utbildning av kärntekniker.

### 6.2.1 Sovjetunionen

De omfattande planerna för att bygga ut kärnkraften i Sovjetunionen har också ökat takten på arbetet med det radioaktiva avfallens hantering och förvaring.

I Sovjetunionen studerar man nu ingående förvaring och hantering av högaktivt avfall. Slutlig förvaring i kristallina bergsformationer på stort djup är föremål för jämförande studier. Speciellt har de hydrogeologiska förhållandena bedömts vara viktiga.

När det gäller låg- och mellanaktivt avfall har undersökningarna kommit längre. Man har bl a förvarat flytande låg- och medelaktivt avfall i formationer av sandsten. Man har då gått ner till 1 400 - 1 500 meters djup. Det flytande avfallet pumpas ner i sandstenen. Sedan har man studerat spridningen i marken. Erfarenheterna är goda. Metoden är dock inte ämnad för högaktivt avfall.



Det högaktiva avfallet skall vara i fast form innan det skall långtidsförvaras. Någon typ av förglasning planeras. Man håller på att utveckla lämplig teknik för förglasning i stor skala. Även keramer studeras.

Planerade anläggningar för förglasning skall placeras vid upp-  
arbetsanläggningar. Några planer för hur utformningen av en  
slutlig förvaring kommer att ske har ännu inte publicerats.

Problemen med förvaring av radioaktiva avfallet diskuteras mellan  
Sovjetunionen och de övriga medlemsländerna i COMECON inom dess  
kommission för den fredliga användningen av atomenergi. Speciellt  
Östtyskland har varit pådrivande vid detta samarbete.

### 6.2.2 Tyska demokratiska republiken, DDR

I Östtyskland pågår en omfattande utbyggnad av kärnkraften. År  
1980 beräknas 27% av elenergin genereras med kärnkraft och 1990  
ca 40%. Riskerna i samband med drift av reaktorer och förvaring  
av radioaktivt avfall avvisas från officiellt håll. Forskning och  
utveckling sker i nära samarbete med Sovjetunionen. Östtyskland  
har också köpt sina anläggningar av Sovjetunionen.

Sedan 1963 leds utveckling och forskning om kärnenergi av Amt für  
Kernforschung under Kerntechnik i Rossendorf, som ligger i närhe-  
ten av Dresden. Forskningen kring kärnkraft lyder under Akademie  
der Wissenschaft, en organisation som är underställd ministeriet  
för teknik och vetenskap. Kärntekniska anläggningar utvecklas och  
projekteras i Östtyskland av VEB Kombinat Kernenergetik.

För att reglera säkerhetsfrågorna vid kärnkraftverken stiftades  
1962 lagen om användande av atomenergi. Den behandlar frågor som  
gäller driften av kärnkraftverken samt lagring och transport av  
radioaktiva ämnen. Det ansvariga organet för skyddsfrågor är Amt  
für Atomsicherheit under Strahlenschutz, som är direkt underställt  
regeringen.

Det högaktiva avfallet sänds till Sovjetunionen för behandling  
och förvaring. Låg- och medelaktivt avfall lagras i en nedlagd  
saltgruva inom östtyskt område.

### 6.2.3 Polen

Det första kärnkraftverket i Polen beräknas bli taget i drift  
1983. Upparbetning och avfallshantering skall skötas av Sovjet-  
unionen.

Polen har intresse av att på sikt själva bygga en upp-  
arbetsanläggning och ett avfallslager.

Avfallslagret planeras kunna ligga i någon av de nedlagda salt-  
gruvorna som finns i Polen. Vid det polska atomforskningsinsti-  
tutet Instytut Badán Jadrowych studeras avfallsfrågorna. Några  
beslut om projekten lär ännu inte ha fattats.

### 6.3 KANADA

I Kanada har ett utvecklingsprogram för slutförvaring i djupa stabila geologiska formationer initierats av Atomic Energy of Canada Ltd, AECL. Programmet genomförs i nära samarbete med kraftföretagen. Som konsulter arbetar bl a Geological Survey of Canada och Canada Centre for Mineral and Energy Technology. Ansvaret för tillståndsgivning och tillsyn av anläggningar vilar på Atomic Energy Control Board. Frågan om långsiktigt ansvar för avfallet och dess slutförvaring är ännu olöst.

Det anses inte uteslutet att kanadensiskt kärnbränsle kommer att upparbetas i Kanada om ett par decennier för utvinning och användning av plutonium som reaktorbränsle. Det högaktiva avfallet slutförvaras då såsom glas eller i en annan stabil form. Om man avstår från upparbetning anses i Kanada att slutförvaring av det använda bränslet skall kunna ske med ringa inverkan på planerna för den kanadensiska anläggningen för slutförvaring av upparbetat förglasat avfall.

AECL och kraftbolaget Ontario Hydro har föreslagit ett Fuel Management Center på platsen för slutförvaring av avfallet. Det skulle omfatta ett centralt mellanlager för använt bränsle, upparbetningsanläggning och anläggningar för avfallsbehandling samt slutförvaring. Samtliga anläggningar förväntas bli ägda av den federala regeringen utom det centrala mellanlagret, som eventuellt kommer att ägas och drivas av kraftindustrin.

Tyngdpunkten i det kanadensiska programmet för slutförvaring är undersökningar av urbergsskölden i Ontario, där fram till maj 1977 32 olika lokaler med olika bergartstyper och tektoniska förhållanden har undersökts. Med en mindre insats kartläggs samtidigt lämpliga förekomster av bergsalt i Kanada. Val av förlägningsplats beräknas vara klart 1981-82. Konstruktion och uppförande av en demonstrationsanläggning väntas leda till idrifttagning under senare hälften av 1980-talet. Anläggningen utvidgas senare för att under 30-50 år ta emot allt avfall från Kanadas kärnkraftverk. Anläggningen planeras sedan bli lämnad öppen med en fortlöpande övervakning av dess stabilitet under några tiotal år. Därefter försluts den. Man håller också möjligheten öppen att under den första anläggningens livstid uppföra ytterligare anläggningar för slutlig förvaring.

Ett tidsschema för de närmaste årens insatser för utformning och förläggning av en anläggning beräknas bli publicerat inom en snar framtid.

Ett miljöstudieprogram som omfattar hela FMC-komplexet har påbörjats under 1977. Ändamålet är att visa hur anläggningen uppfyller miljökraven från federala och provinsmyndigheter. Rapportering sker bl a i anslutning till ansökan om markanskaffning och tillstånd att påbörja konstruktion av anläggningen.

### 6.4 JAPAN

Japans första kärnkraftverk togs i bruk 1966. Nu har man 12 aggregat i drift. De har en installerad effekt av 6 600 MW. Ytterligare 16 aggregat är under uppförande eller konstruktion.

Ambitionsnivån i det japanska kärnenergiprogrammet har emellertid successivt trappats ned.

Den japanska kärnkraftsindustrin är numera kapabel att utveckla, konstruera och bygga praktiskt taget alla typer av anläggningar som kan behövas inom kärntechnologin. I Japan är man speciellt intresserad av utveckling av sådana reaktorer som maximalt utnyttjar bränslet. Betydande utvecklingsarbete görs på en avancerad termisk reaktor och bridreaktorn. I båda fallen litar man helt till japansk teknik.

#### 6.4.1 Lagar, myndigheter och organisationer

Den japanska regeringen stiftade nyligen tre nya lagar för att man skall kunna göra riksplanering av nya kärnkraftverk. Enligt dessa lagar uttas en speciell lokaliseringsskatt på elektrisk energi. Avkastningen skall användas för att underlätta andra även icke-nukleära projekt i de orter inom vars område ett nytt kärnkraftverk planeras.

Den japanska atomenergikommissionen har en helt annan ställning än motsvarande organisationer i andra länder. Den är endast ett rådgivande organ i kärnenergifrågor till regeringen. Den ger också synpunkter på den statliga budgeten när det gäller forskning och utveckling av kärnenergin. Kommissionen har inga egna forskningsresurser och hela organisationen består bara av ett litet sekretariat som leds av en ledamot utsedd av den statliga nämnden för vetenskap och teknologi.

Denna nämnd för vetenskap och teknologi har huvudansvaret för kärnkraftspolitiken i Japan. Den har inte bara hand om utvecklingen av kärnkraften i detalj och kärnkraftsindustrins dagliga problem utan är även ansvarig för alla säkerhetsfrågor.

Nämnden för vetenskap och teknologi samarbetar i kärnkraftfrågor med två utvecklingsinstitut, det japanska institutet för atomenergiforskning och utvecklingsbolaget för kraftreaktorer och kärnbränsle.

Ministeriet för internationell handel och industri har ansvaret för kärnkraftverk som är i drift. Ministeriet är ansvarigt för bränsleförsörjningen, för kontroll av miljön och för den industriella rationaliseringen som kan uppnås på lång sikt. Det tillkommer också ministeriet att ge tillstånd både för uppförande och revideringar av anläggningar.

#### 6.4.2 Planer för behandling och förvaring av radioaktivt avfall

Den japanska regeringens rådgivande organ atomenergikommissionen har lagt fram riktlinjer för den framtida policyn för behandling och förvaring av radioaktivt avfall. Förslaget innehåller också forsknings- och utvecklingsprogram och ansvarsfördelning mellan regeringen och industrin. Riktlinjerna innehåller även en metod för behandling av det högaktiva avfallet. Några av principerna i förslaget är:

- Högaktivt avfall som bildas i Japan skall tas om hand inom landet
- Japan kommer inte att tillåta sådana verkningar från avfallet som kan skada människa och omgivning

Både de topografiska förutsättningarna som jordbävningar och vulkanism och de sociala förutsättningarna med hög befolkningstäthet gör att Japan har stora svårigheter att förvara det högaktiva avfallet i geologiska formationer. Omfattande geologiska undersökningar skall göras i hela landet. 1980 hoppas man att några platser där ett förvar kan byggas har tagits ut. Efter 1985 beräknas någon experimentanläggning vara i bruk.

I Japan är man också mycket intresserade av utveckling av metoder att slutligt förvara högaktivt avfall under havsbotten. Man har därför ett eget forskningsprogram om havsdeponering som planeras bli genomfört under 1980-talet.

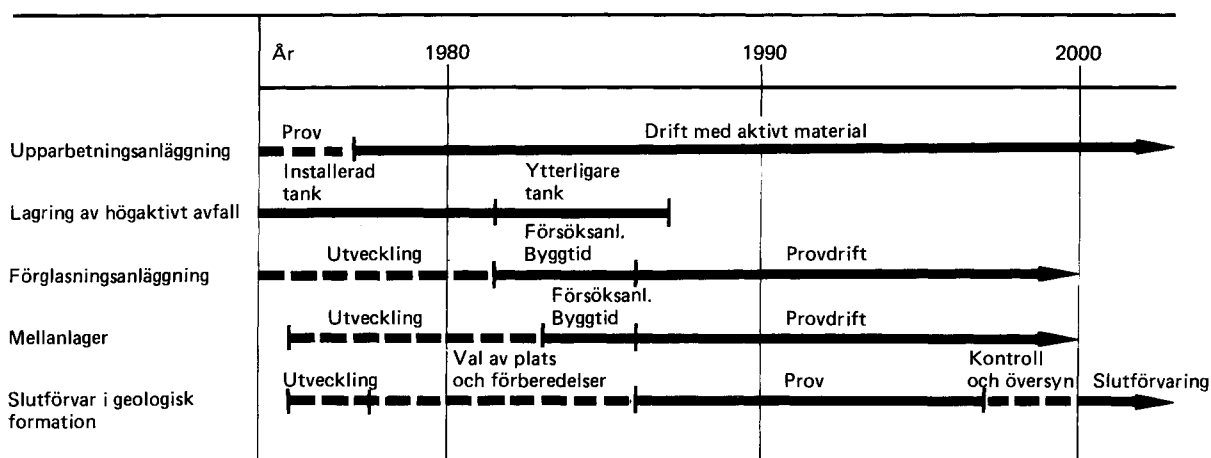
På grund av de japanska öarnas geologi blir man tvungen att utveckla egna metoder för solidifiering. Man tror att keramer och metallmatriser är bättre lämpade i Japan än avfallsglas.

Tidsschemat för de nu föreslagna stegen i behandlingen av det högaktiva avfallet är återgivet i figur 6-1.

För att kunna realisera det planerade programmet krävs omfattande forsknings- och utvecklingsarbete. Stora resurser måste satsas in under de kommande 10 åren. Japan deltar också aktivt i de internationella arbetet inom IAEAs och NEAs ram.

#### 6.4.3 Bränslecykeln

USA står för huvudparten av anrikningen av det uran som används i japanska reaktorer. Japan har länge arbetat på att utveckla en egen metod för anrikning. Man har startat en pilotanläggning i år. Den kan dock bara anrika uranet till ca 1,5% uran-235. Japan måste dock länge än lita till andras anrikningstjänster för sitt kärnbränsle.



Figur 6-1. Tidsschema för anläggningar för upparbetning, förglasning och förvaring av högaktivt avfall i Japan.

Även upparbetningsteknik har utvecklats i Japan. Man har en liten anläggning i Tokai-Mura. Den väntas bli klar för drift 1978. Den har en kapacitet av ca 210 ton per år. Man har redan börjat ta emot använt bränsle i anläggningen. Det finns planer på att uppföra ytterligare en anläggning, som kommer att bli betydligt större. Den skulle kunna stå färdig i slutet av 1980-talet. Under tiden är Japan beroende av att kunna köpa upparbetningstjänster i utlandet. Man har också underhandlat med Storbritannien och Frankrike om kontrakt på upparbetning. Ett kontrakt med det franska bolaget COGEMA har nyligen undertecknats. Det omfattar upparbetning av 1 600 ton använt bränsle.

Japan har också nyligen träffat en överenskommelse med USA om att få upparbeta i USA anrikat bränsle i Japans egen upparbetningsanläggning i Tokai-Mura.

## 7 SÄKERHETSANALYSER OCH FORSKNING

### 7.1 ALLMÄNT

Riskanalys som metod att utvärdera säkerheten hos system genom att beräkna konsekvenser vid olika olyckor i perspektiv av sannolikheten för deras inträffande har utvecklats och tillämpats bl a inom kärnenergiområdet. Exempel är den amerikanska sk Rasmussenstudien och den svenska närförläggingsutredningen. De analyserar båda risker för omgivningen vid drift av kärnkraftverk. Hanteringen av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall har dock tidigare inte analyserats lika grundligt ur risksynpunkt. I flera länder pågår dock nu omfattande insatser för att kartlägga och beräkna risker vid lagring, transport, behandling och slutförvaring av använt kärnbränsle och högaktivt avfall. De modeller och beräkningsmetoder som dessa insatser resulterar i, är av visst värde också vid riskanalys av annan industriell verksamhet, t ex transport av bensin på amerikanska landsvägar /7-1/.

I det följande ges en översikt av mer omfattande insatser utomlands på riskanalys för hantering av radioaktivt avfall.

### 7.2 FÖRENTA STATERNA

I Förenta Staterna vilar ansvaret för utveckling av metoder, anläggningar och säkerhet för hantering och slutförvaring av radioaktivt avfall i huvudsak på tre myndigheter:

ERDA	Energy Research and Development Administration,
NRC	Nuclear Regulatory Commission
EPA	Environmental Protection Agency.

ERDA ansvarar för teknisk och industriell utveckling i samarbete med industrin, NRC för regulativa funktioner såsom tillstånd att bygga anläggningar och deras övervakning, medan EPAs uppgifter främst omfattar det fundamentala skyddet av miljön. NRC och EPA initierar och finansierar därför forskning som ger underlag för myndigheternas krav och ställningstaganden. Riskanalyser med anknytning till slutförvaring av högaktivt avfall är en del av arbetsprogrammet för såväl ERDA som NRC och EPA.

Kraftindustrin i USA utför genom Electric Power Research Institute (EPRI) en värdering av teknologin för upparbetning av bränsle och slutförvaring av högaktivt avfall. Slutsatser av den inledande fasen har rapporterats.

Det allmänna engagemanget i USA i avfallsfrågan har lett till att ett flertal konferenser öppna för allmänheten /7-2, 7-3/ har arrangerats för att diskutera risker med avfallshantering. Attityder till frågan om radioaktivt avfall hos olika samhällsgrupper har kartlagts för att även riskuppfattning vid sidan av objektivt beräknade risker skall kunna påverka utformning av kriterier och normer /7-4/. Den öppna processen i USA med hearings kring föreslagna kriterier och normer innan dessa lagfästes verkar i samma riktning.

### 7.2.1 ERDA

I början av 1976 beslöt ERDA att kraftigt utöka sina insatser för slutförvaring av radioaktivt avfall från kärnkraft och från egna anläggningar. De insatser som avser kärnkraftens avfall, the National Waste Terminal Storage Programs (NWTS), har som väsentlig målsättning uppförandet på ett antal platser i USA av anläggningar för en säker slutförvaring av radioaktivt avfall i djupa geologiska bildningar. Office of Waste Isolation (OWI) i Oak Ridge samordnar programmet på uppdrag av ERDA /7-5, 7-6/. Den nuvarande programplanen förutsätter att två anläggningar för slutförvaring i bergsalt under 1985 tas i drift. Senare anläggningar planeras bli förlagda även i andra bergarter, såsom granit och skiffer. Insatser för att utveckla metoder och ta fram data som är nödvändiga för att värdera den långsiktiga säkerheten vid slutförvaring av högaktivt avfall i geologiska bildningar har på uppdrag av OWI under 1977 påbörjats vid Battelle Pacific Northwest Laboratories. Projektet, med titeln Waste Isolation Safety Assessment Program (WISAP), är uppdelat på fem uppgifter /7-7, 7-8/:

- Koncept och metoder för säkerhetsvärdering
- Analys av störande händelser
- Källkaraktärisering
- Transportmodeller
- Insamling och framtagning av transportdata

Med störande händelser menas här händelser som kan bryta den geologiska isoleringen av avfallet i bergförvaret. För källkaraktäriseringen tas data fram över hur snabbt aktinider och klyvningsprodukter kan frigöras ur avfallet. Transportmodeller avser att beskriva hur från avfallet frigjord aktivitet kan nå människan med tillämpning på utvalda platser för slutförvaring. Data tas fram i praktiska försök över hur snabbt radioaktiva nuklider kan spridas i berggrunden, primärt i bergsalt, eftersom de två första anläggningarna planeras i denna bergart.

WISAP-programmet stöds av omfattande bergmekaniska undersökningar och utveckling av teknik av förslutning av borrhål. Nu planerade insatser sträcker sig fram till 1981.

Ett internationellt samarbete kring NWTS-programmet pågår med Västtyskland och Kanada. Under 1977 har även samarbete etablerats mellan ERDA och KBS/SKBF.

### 7.2.2 NRC

I augusti 1976 publicerade NRC en omfattande studie över effekter

på hälsa, säkerhet och miljö vid återanvändning av plutonium i lättvattenreaktorer, den s k GESMO-rapporten /7-9/. Studien ger en analys för perioden 1975 - 2000 över bl a den totala miljöpåverkan av kärnkraftens bränsle- och avfallshantering i USA för sex olika hanteringsalternativ, med eller utan upparbetning av det använda kärnbränslet och återanvändning av upparbetat uran och plutonium. Analysen omfattar effekter av normal drift och olyckor vid bl a tillverkning av plutoniumberikat bränsle, upparbetning, lagring av använt bränsle, transporter och slutlig förvaring.

Dosinteckningar i den yttre miljön har beräknats av utsläpp från normaldrift och olyckor i anläggningar för tillverkning av plutoniumbränsle och upparbetning. Resultaten redovisas i tabell 7-1.

Dosen från driftutsläppen orsakas primärt av krypton-85 och kol-14, som i analysen förutsättes bli helt utsläppta. Teknik för avskiljning finns dock utvecklad och myndigheterna väntas kräva att den tillämpas i framtiden.

Tabell 7-1. Dosinteckningar i den yttre miljön.

Tillverkning av plutoniumberikat bränsle

Orsak (kritiskt organ)	Maximal individdos rem/år	Befolkningsdos manrem
Driftutsläpp (benmärg)	0.171	14 000
Kriticitetsolycka (sköldkörtel)	0.36	4.2
Brand, explosion (benmärg)	0.021	0.7

Upparbetning

Orsak (kritiskt organ)	Maximal individdos rem/år		Befolkningsdos manrem	
	Uran bränsle	Plutonium- bränsle	Uran bränsle	Plutonium- bränsle
Driftutsläpp (helkroppsdos)	0.0075	0.0075	1 100 000	1 100 000
Kriticitet (sköldkörtel)	0.056	0.056	629	629
Brand (benmärg)	0.002	0.014	18	152
Explosion (benmärg)	0.011	0.019	123	213



För jämförelse har beräknats att den totala dosen från naturlig strålning under perioden 1975 - 2000 för USAs befolkning uppgår till 850 000 000 manrem.

### Bränslelagring

Omgivningseffekter av en utvidgad bränslelagring har bedömts representera en mycket liten andel av miljöpåverkan från den totala kärnkraftindustrin. Risker från kriticitet, fallande transportbehållare och kylmedelsförlust i bränslebassängen vid en utvidgad lagring av använt bränsle har analyserats. Slutsatsen är att de inte leder till några nya potentiella riskvillkor.

### Transporter

Radiologiska risker för omgivningen vid transportolyckor med radioaktivt material har analyserats i ett antal tidigare studier, som sammanfattats i GESMO-rapporten. Transporter av högaktivt avfall förutses ske i behållare av en konstruktion som liknar transportbehållare för använt bränsle. Under perioden 1975 - 2000 har från bl a trafikstatistiska data risken för en extra svår transportolycka med högaktivt material beräknats till  $4.1 \cdot 10^{-5}$  per år, vilket motsvarar en olycka på ca 20 000 år.

Den radiologiska dosbelastningen från transporter över perioden har beräknats till 0.020 - 0.028 mrem per transportarbetare och 0.05 - 0.08 mrem till befolkningen. Dosen från en naturlig strålning under samma period uppgår till 2 600 mrem.

### Slutlig förvaring

Beräkningar anges i GESMO-rapporten för individ- och befolkningsdoser från ett års drift av en anläggning för slutförvaring av högaktivt avfall i bergsalt till  $0.5 \cdot 10^{-5}$  mrem respektive 0.1 mrem som helkroppsdos. Organdoser varierar mellan  $1.7 \cdot 10^{-5}$  till  $2.7 \cdot 10^{-4}$  mrem till individ och 0.017 - 0.58 manrem till befolkning.

En tidigare riskstudie över slutförvaring i bergsalt /7-10/ citeras av GESMO-rapporten. Den väsentliga slutsatsen var att ett allvarligt brott i den geologiska isoleringen av avfallet, genom naturhändelser eller mänsklig verksamhet, är en mycket avlägsen möjlighet och en väsentligt mindre risk än många andra risker som accepteras i samhället. Även en ytexlosion av en 50 megatons kärnladdning kan inte bryta den geologiska isoleringen. Högsta beräknade individdoser uppgick till 0.56 mrem (benmärgsdos).

En senare NRC-studie /7-11/, sammanställd som underlag för tillståndsgivning för kärnkraftverk, bygger i allt väsentligt på GESMO-rapportens analyser.

Som en del av NRCs nuvarande avfallsprogram utvecklas metodik och databaser för en oberoende värdering av de system för avfallshandling, som föreslås av industrin och ERDA. En studie i detta program påbörjades i maj 1976 vid Sandia Laboratories över långtidsrisker med slutförvaring av avfall i djupa geologiska bildningar /7-12/. Studien fokuseras på en tänkt anläggning i hori-

sontellt lagrat bergsalt med en geologisk och hydrologisk beskrivning som ger en databas för den matematiska modellen. Tre klasser av antagna haverier som kan leda till frigörelse av radioaktivitet till cirkulerande grundvatten har definierats:

- Självinducerat haveri
- Haveri av yttre orsaker
- Haveri orsakat av sabotage

Preliminära resultat av studien planeras komma fram under 1977.

### 7.2.3 EPA

Det amerikanska naturvårdsverket EPA har förutom ansvar för det allmänna skyddet av miljön ett direkt ansvar för tillsyn bl a enligt lagstiftning som berör havsdumpning, kontroll av vattenförorening och dricksvattenkontroll. Som en del av dess program för radioaktivt avfall utvecklar EPA kriterier och normer för miljöpåverkan för att bl a i kvantitativa termer definiera kraven på inneslutning och isolering av avfallet, nu och i framtiden. Miljökritierier planeras föreligga mot slutet av 1977 och allmänna miljönormer för högaktivt avfall under sommaren 1978 /7-13/.

En modell för beräkning av hälso- och omgivningseffekter från slutförvaring av högaktivt och transuraninnehållande avfall i berggrunden utvecklas av EPA i samarbete med University of New Mexico /7-14, 7-15/. Den utgör en del av en större modell som omfattar alla steg i avfallshanteingen: behandling, mellanlagring, transport och slutförvaring. Den hittillsvarande insatsen har koncentrerats på slutförvaring. Med utgångspunkt från mängden slutförvarat avfall utvärderas sannolikheten för att radioaktivt material frigöres genom olika händelser, hur stor andel av avfallet som frigörs, transport till och ansamling i biosfären, transport genom biosfären och stråldos till människan. En ekonomisk modell omräknar olika hälsoeffekter från stråldoser till kostnader för en kvantitativ jämförelse och bedömning av alternativ för behandling och slutförvaring. Den utvecklade modellen är av generisk karaktär, dvs den kan användas bl a för slutförvaring i olika geologiska bildningar.

Under 1977 har beräkningar utförts för en specifik plats: Los Medanos i New Mexico, där ERDA planerar att i försöksskala slutförvara högaktivt avfall från egna anläggningar i bergsalt. Preliminära resultat visar att endast teknetium-99, jod-129 och kol-14 kan transporteras märkbara sträckor. Alla andra nuklider i avfallet sorberas under transporten eller försvinner genom det radioaktiva sönderfallet.

Det hittillsvarande arbetet är baserat på högaktivt avfall efter upparbetning av använt bränsle. För alternativet direkt slutförvaring av det använda bränslet, krävs kompletterande insatser.

### 7.2.4 EPRI

Vid EPRI genomförs en studie över tillgänglig teknologi för hantering och slutförvaring av kärnkraftens högaktiva avfall /7-16/. För en fullständig värdering definieras tre ämnesområden:

- Genomförbarhet: forskning, utveckling och demonstrationsprojekt för upparbetning och slutförvaring.
- Kriterier för slutförvaring: analys av säkerhet samt forskning och utveckling som erfordras för att utveckla och tillämpa kriterier för slutförvaring.
- Riskvärdering: översikt av utformning, potentiella haverityper och riskanalys för specifika anläggningsprojekt.

Det hittillsvarande arbetet har väsentligen täckt de två första ämnesområdena med granskning av insatser i USA och andra kärnkraftländer. Bl a följande slutsatser anförs:

- 1 Den tekniska genomförbarheten har demonstrerats tillfredsställande i försöksskala för flera alternativa processer för vart och ett av erforderliga hanteringssteg från uttag av använt bränsle från reaktorn till en säker slutförvaring av radioaktivt avfall.
- 2 Vid ERDA utvecklas ett referenssystem för avfallshantering som tar hänsyn till synpunkter från allmänhet och experter. ERDA synes ha lämpliga resurser för att genomföra detta program.
- 3 En översikt av kriterier för slutförvaring anger att ytterligare visshet om säkerheten för slutförvaring av högaktivt avfall i berggrunden och lämpligheten av nuvarande system kan uppnås genom en jämförelse med de processer som har påverkat uranförekomster i naturen och med motsvarande radioaktiva sönderfall. I något fall har även kärnklyvning ägt rum i naturliga uranförekomster, den s k Oohlo-reaktorn.
- 4 Kärnkraftens motståndare koncentrerar sig ofta på att helt förkasta eller kräva en skärpning av kriterier för radioaktiva utsläpp. Ändringar i kriterier försenar projekt, ökar kostnader och fordrar, i vissa fall, ytterligare processutveckling och demonstration för att visa att de nya, skärpta kraven uppfylls. Ytterligare vikt bör ges åt kriterier, normer och anknuten forskning och utveckling för att minska sannolikheten för ytterligare förseningar.
- 5 I sammanfattning synes den begränsande faktorn vid införandet av högaktivt avfall i USA inte vara själva teknologin för slutförvaring utan snarare kravet på beslutsfattare att acceptera en av flera tillgängliga teknologier och att få allmänhetens förståelse och godkännande av denna teknologi och anknutna kriterier för hantering och isolering av avfall.

### 7.3

#### KANADA

I Kanada planeras slutförvaring i antingen urberg eller bergsalt med platsval 1981 och drift av en anläggning för demonstration av tekniken 1986 /7-17, 7-18/. Omfattande geotekniska studier har påbörjats för att välja plats och utforma anläggningen. Huvuddelen av insatsen skall ägnas åt kristallina bergarter med fokusering på delar av den prekambrisk urbergsskölden i Ontario. Programmet leds av Atomic Energy of Canada Ltd (AECL) med Geological Survey of Canada som huvudkonsult i geologiska frågor och genomförs i nära samarbete med kraftindustrin. Tillståndsgivning för och tillsyn av anläggningar är ett ansvar för Atomic Energy Control Board /7-19/.

Medan grundvattenflöde genom en anläggning för slutförvaring i

bergsalt är en abnorm händelse, som kan inträffa endast efter en serie av händelser med låg sannolikhet, kan man förutse mycket små grundvattenflöden genom en anläggning i urberg. De insatser, som pågår i Kanada över sannolika transportvägar för radioaktivt material till biosfären från avfallet i en anläggning för slutförvaring, har nyligen redovisats /7-20/. De berör tre områden:

- Storleken hos grundvattenflödet förbi avfallet genom anläggningen och omgivande berggrund till biosfären.
- Hur snabbt radioaktiva nuklider transporteras genom anläggningen och omgivande urberg.

Den modell för grundvattenflöde, som utvecklas, tar hänsyn till inverkan på anläggningen av själva avfallsförvaringen och av naturhändelser, även av katastrofkaraktär. Den kompletteras med en utveckling som nu påbörjats av modeller för utlakning och transport genom berggrunden och genom biosfären av radioaktiva nuklider från avfallet. Fundamentala och experimentella studier pågår samtidigt. Preliminära resultat från dessa undersökningar visar bl a att strålningen har liten betydelse för frigörelse och transport av avfallsnuklider. Man har också funnit att utlakningshastigheten reduceras när det utlakade vattnet står i kemisk jämvikt med berggrunden. Vid Chalk River undersöks transport i marken av radionuklider från ett område där lågaktivt avfall tidigare disponeras direkt i marken. Dessa undersökningar ger underlag för en modell över hur radioaktiva nuklider transporteras från grundvattnet till biosfären.

Målsättningen är att väl utvecklade modeller för grundvattenrörelser samt för frigörelse och transport av radioaktiva nuklider skall föreligga under 1980 för en detaljerad bedömning av lämpligheten hos olika platser för slutförvaring. En förenklad preliminär analys av en utvald plats planeras bli slutförd under 1978.

#### 7.4 EUROPEISKA GEMENSKAPERNA (EG)

EG-kommissionen finansierar insatser för behandling och slutförvaring av radioaktivt avfall dels vid EGs forskningscentrum JRC i Ispra, Italien, dels vid nationella laboratorier i de nio medlemsländerna. De insatser, som avser slutförvaring i geologiska bildningar, omfattar följande /7-21/:

- Kartläggning av lämpliga geologiska bildningar inom EG-länderna.
- Utveckling av en experimentell försöksanläggning i bergsalt vid Assegruvan, i Västtyskland.
- Lokalisering av en anläggning i bergsalt och anknutna studier, i Nederländerna.
- Utveckling av en facilitet i lera och anknutna studier, i Belgien.
- Allmänna och säkerhetsinriktade studier över möjligheten att slutförvara högaktivt avfall i en lerformation, i Italien.
- Studier av urberg och barriärer mot spridning av radioaktiva nuklider i urberg, i Frankrike.
- Urbergsstudier i Storbritannien, omfattande lämpliga områden med anknutna geokemiska, hydrologiska och geotermiska studier, försök över värmeledning i urberg samt utformning av en anläggning.

Det totala avfallsprogrammet, inklusive insatser för behandling av avfall, kostar ca 15 milj dollar per år /7-22/.

Insatsen på riskanalys av slutförvaring utförs till större delen vid forskningscentret i Ispra, särskilt beträffande långtidsrisker. Vissa insatser utförs dock i medlemsländerna. Riskanalysen utvecklas i tre faser:

- Utveckling av en generaliserad modell, utförs huvudsakligen av JRC.
- Verifikation av modellens tillämpbarhet på experimentella lägen med användning av realistiska geologiska och miljökuntna data, utförs i samarbete mellan JRC och nationella organ.
- Utveckling av lägesspecifika modeller för att demonstrera säkerheten hos utvalda lägen för anläggningar, utförs av nationella organ.

En första generaliserad modell har utvecklats, baserad på de fyra barriärer, som förhindrar avfallets spridning: geologisk separation, avfallets stabilitet, geokemisk retention och biosfärisk fördelning. En detaljerad rapport är under utarbetande. En slutsats är att den första modellen måste utvidgas avsevärt, speciellt vad avser transport genom biosfären.

Den andra fasen i utvecklingsarbetet påbörjades under 1977. Den tredje fasen, utveckling av lägesspecifika modeller, beräknas kunna påbörjas under 1979.

## 7.5 STORBRITANNIEN

I Storbritannien började man studier över slutförvaring i geologiska bildningar under 1976 som en del av EG-programmet /7-23/. En preliminär geologisk studie har utförts för att kartlägga kriterier för val av områden lämpliga för slutförvaring /7-24/. En värdering av radiologiska konsekvenser av slutförvaring görs för närvarande av National Radiological Protection Board på uppdrag av UK Atomic Energy Authority. Sannolikheten för och effekten av olika klimatiska och hydrologiska förändringar ingår i utvecklingen av en modell för frigörelse och transport av radioaktivt material från avfallet och resulterande doser till befolkningen. Behovet av geologiska data analyseras detaljerat. En skiss av ett 10-års program har utformats /7-25/.

## 7.6 FRANKRIKE

I Frankrike planeras slutförvaring i bergsalt eller kristallint urberg med tyngdpunkten i undersökningarna på urberget och delfinansiering av undersökningarna genom EG-kommissionen. Metoder och policy utvecklas av Commissariat à l'Energie Atomique med stöd av bl a Bureau des Recherches Geologique et Minières och Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris. Hälsoministeriet har ett oberoende ansvar för tillsyn av miljöeffekter /7-26, 7-27/.

En allmän beräkningsmodell för spridning av radioaktivt material från i berggrunden slutförvarat avfall har utvecklats /7-28/.

Analysen utgår från förglasat avfall och har tillämpats på fem hypotetiska geologiska formationer med bl a olika porositet.

## 7.7 VÄSTTYSKLAND

På grund av hög befolkningstäthet och intensiv användning av yt- och grundvatten i Västtyskland inriktades avfallsprogrammet på ett tidigt skede för användning av djupa geologiska formationer, bl a bergsalt /7-29/. Sedan 1967 slutförvaras nu lågaktivt avfall i bergsalt i den nedlagda Assegruvan nära Braunschweig av Institut für Tieflagerung vid Gesellschaft für Strahlen und Umweltforschung. Alla insatser på slutförvaring är nu helt inriktade på bergsalt. I samarbete med EG-kommissionen kommer ett försöksprogram för slutförvaring av högaktivt avfall att genomföras vid Assegruvan, som även utnyttjas för slutförvaring av använt bränsle från en gaskyld högttemperaturreaktor.

Ministeriet för forskning och teknologi initierar utvecklingsinsatser bl a vid de kärntekniska forskningscentra i Karlsruhe och Jülich, medan inrikesministeriet svarar för säkerhetsfrågor. En systemstudie, som behandlar avfallshanteringen i Västtyskland över de närmaste decennierna, omfattar bl a utveckling av metodik och användning av probabilistisk riskanalys /7-30/. Den utvecklade metodiken har hittills prövats på tanklagring av flytande högaktivt avfall samt en förglasningsanläggning för och slutförvaring av det förglasade avfallet i en hypotetisk anläggning i Assegruvan /7-31/. Riskanalysen av slutförvaret utfördes för tre tidsperioder:

- Driftperioden: haveri 5, 10 och 20 år efter start.
- 1 000 år.
- 1 000 000 år.

Resultaten har givit ledning för hur säkerheten vid slutförvaring i bergsalt kan förbättras:

1. Håll den utbrutna bergvolymen så liten som möjligt under driftperioden.
2. Täta genom infodring mot vatteninträngning under driftperioden.
3. Återfyll och täta omsorgsfullt alla borrhål och schakt efter driftperiodens slut.

Det fortsatta arbetet på riskanalys omfattar bl a utveckling av metodikens tillämpning, modeller för frigörelse och transport av radioaktiva nuklider i geologiska skikt och olika jordarter samt riskanalys av specifika lägen för slutförvaringsanläggningar i Västtyskland för medelaktivt och för högaktivt avfall /7-32/.

## 7.8 SLUTANMÄRKNING

I alla kärnkraftländer planeras för slutförvaring av högaktivt avfall i berggrunden, i första hand i bergsalt och i urberg. Stora insatser görs för att med riskanalys som instrument värdera både kortsiktig och långsiktig säkerhet vid sådan slutförvaring. Det största programmet genomförs i Förenta Staterna, men de nationella programmens inriktning mot slutförvaring i granit eller andra urbergarter i Kanada och Frankrike gör även dessa

länders program till ett primärt intresse vid fortsatta svenska insatser. Ett fortsatt arbete i Sverige på riskanalys av slutförvaring i svensk berggrund i intim kontakt och samarbete med andra länder synes vara en väsentlig uppgift i den nära framtiden.

## REFERENSER

- 1-1 Radioactive Waste Disposal into the Ground, IAEA Safety Report Serie No 15, Wien 1965.
- 1-2 Objectives, Concepts and Strategies for the Management of Radioactive Waste Arising from Nuclear Power Programmes, OECD, Paris 1977.
- 1-3 Reports to the UN General Assembly 27th Session, NY 1972.
- 1-4 Report on the Applicability of International Radiation Protection, Recommendations in the Nordic Countries, Stockholm 1976.
- 2-1 Final Generic Environmental Statement on the Use of Recycle Plutonium in Mixed Oxide Fuel in Light Water Cooled Reactors, NRC 1976.
- 4-1 Royal Commission on Environmental Pollution. 6th report on Nuclear Power and the Environment, Cmnd 6618, HMSO, London 1976.
- 4-2 Disposal of highly-active, solid radioactive wastes into geological formations - relevant geological criteria for the United Kingdom, Rep Inst Geo Sci 76/12, HMO, London 1976.
- 5-1 Bericht über das in der Bundesrepublik Deutschland geplante Entsorgungszentrum für ausgediente Brennelemente aus Kernkraftwerken, KEWA, Frankfurt 1976.
- 7-1 RHOADS R E (Project coordinator),  
BUELT J L et al (Technical contributors)  
An Assessment of the Risk of Transporting Gasoline by Truck. BNWL-2133, Nov 1976.
- 7-2 Conference on "Public Policy Issues in Nuclear Waste Management". Sponsored by ERDA, NRC, National Science Foundation, Council on Environmental Quality and ERDA.
- 7-3 EPA Workshop on "Issues Pertinent to the Development of Environmental Protection Criteria for Radioactive Wastes". Reston, Virginia, February 2 - 5, 1977.
- 7-4 NEALEY S et al  
Public Values Associated with Radioactive Waste Disposal. BNWL-1997, June 1976.
- 7-5 ZERBY C D  
The National Waste Terminal Storage Program.  
  
Symposium on Waste Management.  
Tucson, Arizona, October 3 - 6, 1976.
- 7-6 McCLAIN W L, ZERBY C D  
Waste Isolation in Geologic Formations in the United States.  
  
International Symposium on the Management of Wastes from the LWR Fuel Cycle.  
Denver, Colorado, July 11 - 16, 1976.
- 7-7 Waste Isolation Safety Assessment Program (WISAP)  
Project need and objectives, task summary and detailed plans. Revised document 77-02-22.
- 7-8 CLAIBORNE H C  
The United States Program for the Safety Assessment of Geologic Disposal of Commercial Radioactive Wastes.  
  
NEA Workshop on Risk Analysis and Geologic Modelling. Ispra, Italy, May 23 - 27, 1977.



- 7-9 Final Generic Environmental Statement on the Use of Recycle Plutonium in Mixed Oxide Fuel in Light Water Cooled Reactors.  
Health, Safety and Environment.  
NUREG-0002, Vol 1 - 5, USNRC, August 1976.
- 7-10 CLAIBORNE H C, GERA F  
Potential Failure Mechanisms and Their Consequences at a Radioactive Waste Repository in Bedded Salt in New Mexico.  
ORNL-TM-4639, October 1974.
- 7-11 Environmental Survey of the Reprocessing and Waste Management Portions of the LWR Fuel Cycle.  
A Task Force Report.  
NUREG-0116 (Supp 1 to WASH-1248)  
USNRC, October 1976.
- 7-12 TIERNEY M S  
Estimating Probabilities of Disposal System Failure - A Status Report.  
Sandia Laboratories, New Mexico.  
  
NEA Workshop on Risk Analysis and Geologic Modelling.  
Ispra, Italy, May 23 - 27, 1977.
- 7-13 ROWE W D  
US EPA Overview.  
  
Symposium on Waste Management.  
Tuscon, Arizona, October 3 - 6, 1976.
- 7-14 GOLDBERG S M, LOGAN S E, BREBANO M C  
An Assessment Methodology of Environmental Risks Associated with Radioactive Waste Management.  
  
International Conference on Nuclear Power and Its Fuel Cycle.  
Salzburg, Austria, May 2 - 13, 1977.
- 7-15 LOGAN S E, BREBANO M C  
Geologic Modelling in Risk Assessment Methodology for Radioactive Waste Management.  
  
NEA Workshop on Risk Analysis and Geologic Modelling.  
Ispra, Italy, May 23 - 27, 1977.
- 7-16 DAU G J, WILLIAMS R F  
Status of Commercial Nuclear High-Level Waste Disposal.  
Electric Power Research Institute  
NP-44-SR, September 1976.
- 7-17 TOMLINSON M et al  
Management of Radioactive Wastes from Nuclear Fuels and Power Plants in Canada.  
  
International Conference of Nuclear Power and Its Fuel Cycle.  
Salzburg, Austria, May 2 - 13, 1977.
- 7-18 DYNE P J  
Canadian Geologic Isolation Program.  
  
International Symposium on the Management of Wastes from the LWR Fuel Cycle.  
Denver, Colorado, July 11 - 16, 1976.
- 7-19 TAMMEMAGI H Y  
Geologic Disposal of Radioactive Wastes - The Canadian Development Program.  
AECL-5392, May 1976.

- 7-20 PROWSE D R  
Safety Analysis of the Proposed Canadian Geologic Nuclear Waste Repository.  
NEA Workshop on Risk Analysis and Geologic Modelling.  
Ispra, Italy, May 23 - 27, 1977.
- 7-21 ORLOWSKI S, GIRARDI F  
CEC Program on Radioactive Waste Management, Disposal and Risk Assessment.  
Symposium on Waste Management.  
Tuscon, Arizona, October 3 - 6, 1977.
- 7-22 GIRARDI F  
Status Report on Research Programmes of the European Communities Related to Risk Evaluation of Geological Disposal of Radioactive Waste.  
NEA Workshop on Risk Analysis and Geologic Modelling.  
Ispra, Italy, May 23 - 27, 1977.
- 7-23 Status Report for the United Kingdom.  
NEA Workshop on Risk Analysis and Geologic Modelling.  
Ispra, Italy, May 23 - 27, 1977.
- 7-24 GRAY D A et al  
Disposal of Highly-Active, Solid Radioactive Wastes into Geological Formations - Relevant Geological Criteria for the United Kingdom.  
Natural Environment Research Council  
Institute of Geological Sciences.  
Report No 76/12, 1976.
- 7-25 KEEN N J  
NEA Coordinating Group on Geological Disposal  
Status of United Kingdom Programme.  
AERE, Harwell, November 24, 1976.
- 7-26 FRÉJACQUES C  
The French Program.  
International Symposium on the Management of Wastes from the LWR Fuel Cycle.  
Denver, Colorado, July 11 - 16, 1976.
- 7-27 GERA F  
Geologic Isolation Programs in Other Countries.  
International Symposium on the Management of Wastes from the LWR Fuel Cycle.  
Denver, Colorado, July 11 - 16, 1976.
- 7-28 de MARSILY G, BARBREAU A, MARGAT J  
Nuclear Waste Disposal: Can Geologists Guarantee Long-Term Isolation?  
Paper submitted for publication in Science, 1977.
- 7-29 KÜHN K, HAMSTRA J  
Geologic Isolation of Radioactive Wastes in the Federal Republic of Germany and the Respective Program of the Netherlands.  
International Symposium on the Management of Wastes from the LWR Fuel Cycle.  
Denver, Colorado, July 11 - 16, 1976.
- 7-30 WINGENDER H J et al  
Systemstudie: Radioaktive Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland, Band 5.  
KWA 1214, SRA 5, Dezember 1976.

7-31 PROSKE R

Previous Results of Risk Analysis of Repositories for Radioactive Wastes in Geologic Salt Formations in the Federal Republic of Germany.

NEA Workshop on Risk Analysis and Geological Modelling.  
Ispra, Italy, May 23 - 27, 1977.

7-32 PROSKE R

Status and Future Developments of Risk Analysis for Repositories of Radioactive Wastes in Salt Formations in the Federal Republic of Germany.

NEA Workshop on Risk Analysis and Geological Modelling.  
Ispra, Italy, May 23 - 27, 1977.