
KBS TEKNISK RAPPORT

16

ÖVERSIKT AV UTLÄNDSKA RISKANALYSER SAMT
PLANER OCH PROJEKT RÖRANDE SLUTFÖRVARING

Åke Hultgren

AB ATOMENERGI Augusti 1977

ÖVERSIKT AV UTLÄNDSKA RISKANALYSER SAMT
PLANER OCH PROJEKT RÖRANDE SLUTFÖRVARING

Åke Hultgren

AB ATOMENERGI Augusti 1977

Denna rapport utgör redovisning av ett arbete som utförts på uppdrag av KBS. Slutsatser och värderingar i rapporten är författarens och behöver inte nödvändigtvis sammanfalla med uppdragsgivarens.

I slutet av rapporten har bifogats en förteckning över av KBS hittills publicerade tekniska rapporter i denna serie.

ÖVERSIKT AV UTLÄNDSKA RISKANALYSER SAMT PLANER OCH PROJEKT
RÖRANDE SLUTFÖRVARING

Fil lic Åke Hultgren, AB Atomenergi

SUMMARY

Risk analysis as an instrument for systems safety evaluation and the calculation of consequences from various accidents related to the probability of their occurrence is under rapid development. Risk analysis of the back end of the fuel cycle is now being given increasing efforts in several nuclear power countries. A review of the major programmes abroad in this field, especially for terminal storage of high level nuclear waste, is given in the first part of this report.

The second part of the report reviews major projects and plans for terminal storage in America and in Western Europe, with a brief reference to co-operation in international fora. The most comprehensive programme is in progress in the United States. For Sweden it seems that also the programmes in Canada and France are of particular interest due to their concentration on terminal storage in crystalline rocks.

I ÖVERSIKT AV UTLÄNDSKA RISKANALYSER

1. INLEDNING

Risicanalys som metod att utvärdera säkerheten hos system genom beräkning av 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 närförläggningsutredningen, som båda analyserar 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 [1].

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

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 [2, 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 objektiva beräknade risker skall kunna påverka utformning av kriterier och normer [4]. Den öppna processen i USA med hearings kring föreslagna kriterier och normer innan dessa lagfästes verkar i samma riktning.

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 Program (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 [5, 6]. Den nuvarande programplanen förutsätter idrifttagning av två anläggningar för slutförvaring under 1985, troligen i bergsalt. 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, 8]:

- koncept och metoder för säkerhetsvärdering
- analys av disruptiva händelser
- källkaraktärisering
- transportmodeller
- insamling och framtagning av transportdata.

Med disruptiva händelser menas här händelser som kan bryta den geologiska isoleringen av avfallet i bergförvaret. För källkaraktäriseringen tas fram data 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 NWTIS-programmet pågår med Västtyskland och Kanada. Under 1977 har även samarbete etablerats mellan OWI och KBS.

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 [9]. Studien ger en analys för perioden 1975 - 2000 över bl a den totala miljöpåverkan av kärnkraftens bränsle- och avfalls-

hantering 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.

Följande dosinteckningar i den yttre miljön har beräknats av utsläpp från normaldrift och olyckor i anläggningar för tillverkning av plutoniumbränsle och upparbetning.

Tillverkning av plutoniumberikat bränsle

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

Upparbetning

Orsak	Maximal individdos rem/år		Befolkningsdos manrem	
	Uran- bränsle	Plutonium- bränsle	Uran- bränsle	Plutonium- bränsle
Driftsutsläpp (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

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

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 kärnkraftsindustrin. 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 sammanfattas 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 20 - 28 mrem per transportarbetare och 0.05 - 0.08 mrem till befolkningen. Dosen från naturlig strålning under samma period uppgår till 2 600 mrem.

SLUTFÖRVARING

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 manrem 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 [10] citeras av GESMO-rapporten. Den väsentliga slutsatsen var att ett allvarligt bräckage 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 ytexplosion av en 50 megatons kärnladdning kan inte bryta den geologiska isoleringen. Högsta beräknade individdoser uppgick till 0.56 mrem (benmärgsdos).

En senare NRC-studie [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 avfallshantering, 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 [12]. Studien fokuseras på en tänkt anläggning i horisontellt 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 sommaren 1977.

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. Miljökriterier planeras föreligga mot slutet av 1977 och allmänna miljönormer för högaktivt avfall under sommaren 1978 [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 [14, 15]. Den utgör en del av en större modell som omfattar alla steg i avfallshanteringen: 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 frigöres, 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 försöks-skala 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 alternativ till bränsleupparbetning, såsom direkt slutförvaring av det använda bränslet, krävs kompletterande insatser.

2.4 EPRI

Vid EPRI genomförs en studie över tillgänglig teknologi för hantering och slutförvaring av kärnkraftens högaktiva avfall [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 avfallshandling 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 vissa fall har även kärnklyvning ägt rum i naturliga uranförekomster).
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 ett referenssystem för slutlig förvaring 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.

3. KANADA

I Kanada planeras slutförvaring i antingen urberg eller bergsalt med platsval 1981 och drift av en anläggning för demonstration av tekniken 1986 [17, 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 [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 [20]. De berör tre områden:

- storleken hos grundvattenflöden förbi avfallet genom anläggningen och omgivande berggrund till biosfären.
- hur snabbt radioaktiva nuklider lakas ut ur avfallet av grundvattnet
- hur snabbt utlakade 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 stråldoser i avfallsmatrisen och i berggrunden har liten betydelse för frigörelse och transport av avfallsnuklider. Man har också funnit att utlakningshastigheten reduceras när det utlakande vattnet står i kemisk jämvikt med berggrunden. Vid Chalk River undersöks transport i marken av radionuklider från ett område där lågaktivt avfall tidigare disponerats direkt i marken. Dessa undersökningar ger underlag för en modell över hur radioaktiva nuklider transporteras från grundvattnet till biosfären.

Målsättningen är att ha väl utvecklade modeller för grundvattenrörelser samt för frigörelse och transport av radioaktiva nuklider 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.

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 [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 [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 miljöanknutna 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.

5. STORBRIANNIEN

I Storbriannien påbörjades studier över slutförvaring i geologiska bildningar under 1976 som en del av EG-programmet [23]. En preliminär geologisk studie har utförts för att fastställa kriterier för val av områden lämpliga för slutförvaring [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 [25].

6. FRANKRIKE

I Frankrike planeras slutförvaring i bergsamt 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 Geologiques et Minières och Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris. Hälsoministeriet har ett oberoende ansvar för tillsyn av miljöeffekter [26, 27].

En allmän beräkningsmodell för spridning av radioaktivt material från i berggrunden slutförvarat avfall har utvecklats [28]. Analysen utgår från förglasat avfall och har tillämpats på fem hypotetiska geologiska formationer med bl a olika porositet.

7. VÄSTTYSKLAND

På grund av hög befolkningstäthet och intensiv användning av yt- och grundvatten i Västtyskland inriktades avfallsprogrammet på ett tidigt skede mot användning av djupa geologiska formationer, bl a bergsamt [29]. Sedan 1967 slutförvaras nu lågaktivt avfall i bergsamt i den nedlagda Asse-

gruvan 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 högtemperaturreaktor.

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 avfallshandlingen i Västtyskland över de närmaste decennierna, omfattar bl a utveckling av metodik och användning av probabilistisk riskanalys [30]. Den utvecklade metodiken har hittills prövats på tanklagring och en förglasningsanläggning för flytande högaktivt avfall samt slutförvaring av det förglasade avfallet i en hypotetisk anläggning i Assegruvan [31]. Riskanalysen av slutförvaret utfördes för tre tidsperioder:

- driftsperioden: 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 strata och olika jordarter samt riskanalys av specifika lägen för slutförvaringsanläggningar i Västtyskland för medelaktivt och för högaktivt avfall [32].

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. 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.
2. Conference on "Public Policy Issues in Nuclear
Waste Management". Sponsored by ERDA, NRC,
National Science Foundation, Council on Environ-
mental Quality and ERDA.
Chicago, October 27 - 29, 1976.
3. EPA Workshop on "Issues Pertinent to the Develop-
ment of Environmental Protection Criteria for
Radioactive Wastes".
Reston, Virginia, February 2 - 5, 1977.
4. NEALEY S et al
Public Values Associated with Radioactive
Waste Disposal.
BNWL-1997, June 1976.
5. ZERBY C D
The National Waste Terminal Storage Program.
Symposium on Waste Management.
Tucson, Arizona, October 3 - 6, 1976.
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. Waste Isolation Safety Assessment Program (WISAP)
Project need and objectives, task summary and
detailed plans.
Revised document 77-02-22.
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.
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.

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.
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.
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.
13. ROWE W D
US EPA Overview.

Symposium on Waste Management.
Tucson, Arizona, October 3 - 6, 1976.
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.
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.
16. DAU G J, WILLIAMS R F
Status of Commercial Nuclear High-Level Waste Disposal.
Electric Power Research Institute
NP-44-SR, September 1976.
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.

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.
19. TAMMEMAGI H Y
Geologic Disposal of Radioactive Wastes - The
Canadian Development Program.
AECL-5392, May 1976.
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.
21. ORLOWSKI S, GIRARDI F
CEC Program on Radioactive Waste Management, Disposal
and Risk Assessment.
Symposium on Waste Management.
Tucson, Arizona, October 3 - 6, 1976.
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.
23. Status Report for the United Kingdom.
NEA Workshop on Risk Analysis and Geologic Modelling.
Ispra, Italy, May 23 - 27, 1977.
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.
25. KEEN N J
NEA Coordinating Group on Geological Disposal
Status of United Kingdom Programme.
AERE, Harwell, November 24, 1976.
26. FREJACQUES C
The French Program.
International Symposium on the Management of
Wastes from the LWR Fuel Cycle.
Denver, Colorado, July 11 - 16, 1976.

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.
28. de MARSILY G, BARBREAU A, MARGAT J
Nuclear Waste Disposal: Can Geologists Guarantee
Long-Term Isolation?
Paper submitted for publication in Science, 1977.
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.
30. WINGENDER H J et al
Systemstudie: Radioaktive Abfälle in der Bundes-
republik Deutschland, Band 5.
KWA 1214, SRA 5, Dezember 1976.
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.
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.

II ÖVERSIKT AV UTLÄNDSKA PLANER OCH PROJEKT RÖRANDE SLUTFÖRVARING

1. INLEDNING

Större insatser för att kartlägga och utreda problemet med slutförvaring av kärnkraftens avfall har tidigare genomförts främst i Förenta Staterna. En omfattande studie över olika tekniskt-vetenskapligt tänkbara metoder för den mycket långsiktiga hanteringen av högaktivt avfall publicerades där 1974 av Battelleinstitutet [1, 2]. Studien behandlade bl a teknisk genomförbarhet, säkerhet, kostnader, miljöhänsyn och forskningsbehov för följande metoder:

1. Slutförvaring i geologiska bildningar på land
2. Slutförvaring i eller under havsbotten
3. Slutförvaring i polarisar
4. Utskjutning i rymden
5. Eliminering av avfallet genom kärnomvandling (transmutation)

Studien behandlade också för var och en av dessa metoder möjliga konflikter med lagar och förordningar och med internationella överenskommelser samt allmänhetens attityder och riskuppfattning i förhållande till hantering av radioaktivt avfall.

En senare studie av Battelleinstitutet [3] redogör för tekniska alternativ för hantering av allt radioaktivt avfall från slutstegen av lättvattenreaktorernas bränslecykel. Liksom i den tidigare studien ägnas slutförvaring i geologiska bildningar på land den största uppmärksamheten.

Inom OECDs kärnenergiorgan NEA har nyligen sammanställts en rapport över policysynpunkter och praktiska metoder för hantering av radioaktivt avfall från den totala kärnbränslecykeln [4]. I Sverige lämnade den s k Aka-utredningen i sin slutrapport [5] en då aktuell översikt av forskning och utveckling på avfallsområdet inom olika kärnkraftländer och internationella samarbetsorganisationer.

Under de sista åren har insatserna utomlands för forskning, utveckling och demonstration av slutförvaring av högaktivt och långlivat avfall ökat väsentligt. Enligt konventionen om förhindrande av havsföroreningar, den s k Londonkonventionen av den 13 november 1972, är dumpning av högaktivt avfall i havet förbjudet. Svensk lagstiftning förbjuder dumpning av allt avfall från svenska fartyg och på svenskt vatten. Insatserna för slutförvaring är också till övervägande del inriktade på anläggningar i geologiska bildningar på land.

I det följande ges en översikt av större insatser för slutförvaring av högaktivt avfall i Amerika och Västeuropa.

2. FÖRENTA STATERNA

I Förenta Staterna är slutlig förvaring av högaktivt avfall tillåten endast på federalt ägd och kontrollerad mark [6]. Denna regel har föreslagits gälla även långlivat alfaaktivt avfall med en specifik aktivitet överstigande 10 nCi/g. Högaktivt avfall från upparbetning av använt civilt kärnbränsle måste inom 5 år från upparbetningen överföras i fast form och inom 10 år transporteras till en federal anläggning för slutförvaring.

Energiforskningsorganet ERDA ansvarar nu för utveckling av metoder att behandla och slutförvara avfallet samt byggande och drift av federala anläggningar för slutförvaring. Det amerikanska naturvårdsverket EPA utvecklar och fastställer allmänna villkor för miljöskyddet vid slutförvaring medan 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 dessa tre myndigheters insatser på området. Tidtabellen sträcker sig fram till 1985, då den första anläggningen för slutförvaring beräknas vara i drift i försöksskala (Bilaga 1).

Slutförvaring i bergsalt föreslogs i USA redan 1957 av en rådgivande kommitté, som bildats 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 kärnkraft och från egna anläggningar för bl a plutoniumframställning. Ansvaret för det program, som avser kärnkraftens avfall, the National Waste Terminal Storage Program (NWTS), har tilldelats Office of Waste Isolation i Oak Ridge (OWI).

Ändamålet med NWTS-programmet är att uppföra anläggningar i djupa geologiska formationer på ett antal platser i USA, där högaktivt kärnkraftavfall, som måste överlätas till federal slutförvaring, kan tas omhand med tillfredsställande 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 [7].

NWTS-programmet innehåller planer att uppföra sammanlagt 6 anläggningar för slutförvaring, enligt tidsschema som framgår av Bilaga 2. De två 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 med driftstart av nästa två anläggningar två år senare. Drift i full skala planeras kunna ske fem år efter driftsstart i försöksskala.

En mer detaljerad plan för den första anläggningen återges i Bilaga 3. Platsval planeras kunna ske 1978. Markinköp sker inte förrän myndigheterna godkänt hela processen för lokalisering av slutförvaringsanläggningar i bergsalt. Efter driftstarten 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, vilket gör 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 helt tillgängliga på begäran. Besök av utländska medborgare för tekniska diskussioner med stabspersonalen har varit ofta återkommande och välkomnas även i fortsättningen [8].

Ett samarbetsprogram mellan USA och Västtyskland kring slutförvaring i geologiska formationer pågår och administreras av ERDA. Det omfattar utbyte av vetenskaplig personal, datorprogram och teknisk information. Sedan flera år har även ett informellt samarbete kring slutförvaring ägt rum mellan OWI med dess föregångare och Atomic Energy of Canada Ltd och Geological Survey of Canada. Under 1977 har samarbete etablerats mellan OWI och KBS-projektet om undersökningar i Stripa-gruvan av effekter av termisk belastning i granitiska bergarter och utprovning av teknik för att mäta vattenflöden i täta bergarter. Från OWI är man angelägen att utnyttja ytterligare möjligheter för bilateralt eller internationellt samarbete.

För slutförvaring av högaktivt och långlivat avfall från ERDAs egna anläggningar genomförs ett separat program. ERDA har föreslagit att bygga en anläggning för detta ändamål vid

Los Medanos i New Mexico i en 200 miljoner år gammal bergsaltformation [9]. Anläggningen, kallad WIPP (Waste Isolation Pilot Plant), kommer att ta emot långlivat transuranavfall 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 design och en miljöförklaring (Environmental Impact Statement, EIS) över miljöeffekter av anläggningen. Om den öppna prövningsprocessen utfaller positivt beräknas byggande kunna påbörjas 1979 för driftsstart i försöksskala under 1983. Även kring WIPP-projektet finns ett aktivt informationsprogram mot press, allmänhet och berörda myndigheter [10].

Ett tidsschema för WIPP-projektet återges i Bilaga 4.

3. KANADA

I Kanada har ett utvecklingsprogram för slutförvaring i djupa stabila geologiska formationer initierats och leds av Atomic Energy of Canada Ltd (AECL). Programmet genomförs i nära samarbete med kraftföretagen och med bl a Geological Survey of Canada och Canada Centre for Mineral and Energy Technology som konsulter. 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 [11].

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 slutförvaring av det använda bränslet kunna ske med ringa inverkan på förläggning, utformning och byggande av anläggningar för slutförvaring [12].

AECL och kraftbolaget Ontario Hydro har föreslagit ett Fuel Management Center (FMC) på platsen för slutförvaring av avfallet. FMC skulle omfatta ett centralt mellanlager för använt bränsle, upparbetningsanläggning samt anläggningar för avfallsbehandling och slutförvaring. Samtliga anläggningar i FMC förväntas bli ägda av den federala regeringen utom det centrala mellanlagret, som eventuellt kommer att ägas och drivas av kraftindustrin [13].

Tyngdpunkten i det kanadensiska programmet för slutförvaring är undersökningar av urbergsskölden, the Canadian Shield, 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, varefter konstruktion och uppförande av en demonstrationsanläggning förväntas leda till idrifttagning under senare hälften av 1980-talet. Anläggningen utvidgas senare för att under 30 - 50 år ta emot allt avfall från Kanadas kärnkraftprogram. Anläggningen planeras sedan bli lämnad öppen med en fortlöpande övervakning av dess stabilitet under några tiotal år innan den försluts. Man håller också möjligheten öppen att under den första anläggningens livstid uppföra ytterligare anläggningar för slutförvaring. En preliminär tidtabell för anläggningens hela byggnadstid och driftstid ges i Bilaga 5 [12].

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 markanvändning och tillstånd att påbörja konstruktion av anläggningen.

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 [14]:

- kartläggning av lämpliga geologiska bildningar inom EG-länderna med publicering i slutet av 1978
- 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 miljoner dollar per år [15].

5. STORBRIANNIEN

I Storbritannien ansvarar Nuclear Installations Inspectorate för tillsyn av anläggningar för radioaktivt avfall och annan kärnteknisk verksamhet. Atomenergimyndigheten UKAEA genomför preliminära studier av metoder att slutförvara högaktivt avfall bl a på botten av djuphavet. En studerad metod är därvid att låta behållaren falla fritt och borra sig in i bottenens sedimentskikt där en penetration av 50 m anses möjlig i vissa områden [16, 17]. En alternativ möjlighet är att placera avfallet på visst djup under havsbotten, i sedimentbergarter eller urberg. Icke-konsoliderade övre sediment anses mest lovande genom sina plastiska egenskaper och kapacitet

att genom jonbyte fånga upp eventuella läckage av radioaktivt material från avfallet. Vid jämförelse med slutförvaring i geologiska formationer på land anses havsbotten erbjuda en avsevärd ytterligare isolation genom det djupa vattenskiktet.

För landbaserad slutförvaring har en geologisk studie utförts, där kriterier för val av lämpliga geologiska områden i Storbritannien har fastställts [18]. Insatserna på urbergsundersökningar sker till stor del med stöd av EG-kommissionen.

Den s k Flowers-kommissionen underströk i sin rapport till regeringen [19] vikten av att inte binda sig för ett stort kärnkraftprogram innan det demonstrerats att det tveklöst finns en 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, för radioaktivt avfall bl a även 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 bildningar på land och under havsbotten. Bägge metoderna är dock otillräckligt studerade
- avsevärda insatser bör göras i UK för slutförvaring i geologiska bildningar på land
- slutförvaring under havsbotten har flera fördelar och ett forskningsprogram bör etableras
- om utländskt kärnbränsle upparbetas i UK tjänar återtransport av avfallet till ursprungslandet intet miljömässigt ändamål
- ansvaret för avfallsstrategin i UK bör vila på miljöministern (Secretary of State for the Environment; det låg vid denna tidpunkt på energiministern och därmed på atomenergimyndigheten UKAEA) 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 vissa fall tagit ställning till Flowers-kommissionens rapport [20]. Därvid framgick bl a:

- regeringen noterar kommissionens tvivel på accepterbarheten av att deponera avfallet på havsbotten men anser att metoden inte nu bör uteslutas
- regeringen accepterar kommissionens slutsats att varken slutförvaring i geologiska bildningar 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 återtransport av avfall efter upparbetning av utländskt bränsle i UK kommer att beaktas om och när frågan om sådan återtransport blir aktuell
- miljöministern har, tillsammans med ministrarna för Scotland och Wales, fått ansvaret för policy beträffande hantering av avfallet från den civila kärnkraften och en översyn av nuvarande policy 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

6. FRANKRIKE

I Frankrike fastställs policy för säkerheten vid hantering av kärnkraftavfall av en interministeriell kommitté för kärnsäkerhet, Conseil Supérieur de Sûreté Nucléaire. Även regler och tillstånd utfärdas på regeringsnivå av Service Central de Sûreté des Installations Nucleaires, som anlitar tjänster av en expertgrupp inom Commissariat à l'Energie Atomique (CEA).

Utveckling av tekniska metoder och studier som underlag för policybeslut utförs av CEA. För slutförvaring av avfall i geologiska formationer görs insatser för CEA av bl a Bureau des Recherches Geologiques et Minières och Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris. Det statliga franska bolaget COGEMA bedriver kommersiell verksamhet inom hela kärnbränslecykeln. Hälsoministeriet, slutligen, har ett oberoende ansvar för tillsyn av miljöeffekter [21].

Frankrike intar en ledande ställning i utveckling av metoder att förglasa högaktivt avfall från upparbetning. En förglasningsanläggning i industriell skala tas i drift vid Marcoule under 1977 och ytterligare förglasningsanläggningar planeras vid La Hague under 1980-talet. Efter ca 40 års mellanlagring kommer det förglasade högaktiva avfallet att förvaras i geologiska bildningar. Vissa saltformationer har undersökts. Borrningar i granit har utförts vid La Hague, där dock en komplex tektonisk struktur påträffats. Undersökningarna av kristallint urberg kommer att utvidgas i Frankrike, delvis finansierat inom EG-programmet. En första anläggning för slutförvaring av långlivat ej högaktivt avfall (alfa-aktivt avfall) planeras stå färdig 1985 [22].

7. VÄSTTYSKLAND

En strategi för slutstegen i kärnbränslecykeln har utvecklats av den västtyska regeringen. Den innebär att anläggningar för lagring och upparbetning av använt bränsle, tillverkning av plutoniumberikat bränsle samt behandling och lagring av radioaktivt avfall lokaliseras till en plats. Slutförvaring av allt avfall sker i geologiska formationer. Låg- och medelaktivt avfall slutförvaras i anslutning till detta bränslecykelcentrum. Högaktivt avfall mellanlagras vid centret och slutförvaras i en stabil geologisk formation, främst bergsalt. Hela systemet bör vara i full drift 1988/89 [23, 24].

Den fördelning av ansvaret mellan regeringen och industrin, som utvecklats, innebär bl a

- industrin ansvarar för byggande och drift av anläggningar för upparbetning, bränsleåterföring, avfallshantering och mellanlagring
- regeringen ansvarar för all nödvändig forskning och utveckling för bränslecykelns slutsteg samt för byggande och drift av anläggningar för slutförvaring
- alla kostnader för det totala systemet skall bäras av kraftindustrin enligt principen "polluter pays"

Ministeriet för forskning och teknologi finansierar forskningsinsatser bl a vid kärntekniska centra i Karlsruhe och Jülich. Under inrikesministeriet, som ansvarar för säkerheten enligt den tyska atomlagen, har Physikalisch-Technische Bundesanstalt i Braunschweig erhållit det exekutiva ansvaret för prövning och tillsyn. Kraftindustrin har under 1977 bildat företaget Deutsche Gesellschaft zur Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen (DWK), som har till uppgift den centrala lagringen och upparbetningen av använt bränsle. En säkerhetsrapport över hela bränslecykelcentret inlämnades den 31 mars 1977 till delstatsregeringen i Niedersachsen, som angivit förläggningsplats. Ett första byggnadstillstånd förväntas 1979 - 80.

Olika förglasningsprocesser har utvecklats i Västtyskland och beslut om demonstration i radioaktiv skala förväntas under 1977. Utprovning av slutförvaring av högaktivt avfall kommer att ske i den nedlagda saltgruvan i Asse nära Braunschweig, delvis som en del av EG-programmet. Asse-gruvan förvärvades av regeringen genom Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung som där slutförvarar lågaktivt avfall sedan 1967 och medelaktivt avfall sedan 1972. Experimentell slutförvaring av högaktivt avfall planeras nu kunna påbörjas i Assegruvan under 1984 [25].

8. ÖVRIGA LÄNDER

Insatser för slutförvaring pågår även i andra länder.

I Nederländerna inriktas arbetet på slutförvaring i bergsalt,

och fem möjliga förläggingsområden har offentliggjorts av regeringen [26].

I Schweiz har regering och industri bildat "die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle" (NAGRA), som genomför program bl a för slutförvaring i geologiska formationer, inklusive byggande och drift av anläggningar [27].

I Spanien har låg- och medelaktivt avfall deponerats i en nedlagd urangruva i Sierra Albarrana. En försöksanläggning för geologisk slutförvaring av högaktivt avfall planeras för slutet av 1980-talet parallellt med idrifttagning av en uppberedningsanläggning [22].

Belgien och Italien undersöker slutförvaring i lera, som en del av EG-programmet.

I Österrike pågår geologiska undersökningar med sikte på att identifiera lämplig förläggning av geologisk slutförvaring. En planeringsrapport beräknas utkomma under 1977 [28]. Ett preliminärt tidsschema anger beslut om förläggningsplats 1980 - 82 med drift i försöksskala 1987 och full drift under 1990-talet [29].

9. SLUTANMÄRKNING

Hantering och slutförvaring av radioaktivt avfall är nu en viktig del av programmet i internationella organ för samarbete på kärnkraftområdet. Bl a har arbetsgrupper för informationsutbyte och definition av kriterier för lokalisering av slutförvaring bildats inom OECDs kärnenergiorgan NEA och det internationella atomenergiorganet i Wien IAEA. På initiativ av IAEA har även diskuterats möjligheten att etablera internationella anläggningar för slutförvaring av högaktivt avfall. Inom öststaternas organ för ömsesidigt ekonomiskt bistånd studeras geologisk slutförvaring med målsättningen att bl a optimera hantering och slutförvaring av avfall ur ekonomiska och säkerhetsmässiga synpunkter [30].

REFERENSER

1. SCHNEIDER K J, PLATT A M, editors
Advanced Waste Management Studies, High-Level
Radioactive Waste Disposal Alternatives.
USAEC Report BNWL-1900
Battelle, Pacific Northwest Laboratory, Richland, Wash.
Sections 1 through 9 in 4 Volumes, May 1974.
2. High-Level Radioactive Waste Management Alternatives.
USEAC Report WASH-1297, May 1974.
3. Alternatives for Managing Wastes from Reactors and
Post-Fission Operations in the LWR Fuel Cycle.
ERDA-76-43, Vol 1 - 5, May 1976.
4. NEA Ad Hoc Group on Radioactive Waste Management
Policy and Practice.
Draft Report, December 1976.
5. Använt kärnbränsle och radioaktivt avfall. Del II.
SOU 1976:31.
Betänkande av AKA-utredningen, maj 1976.
6. Federal Register.
Vol 34, No 105, June 3, 1969.
7. ZERBY C D
The National Waste Terminal Storage Program
Symposium on Waste Management.
Tucson, Arizona, October 3 - 6, 1976.
8. CLAIBORNE H C
The United States Program for the Safety Assess-
ment of Geologic Disposal of Commercial Radioactive
Wastes.
Workshop on Risk Analysis and Geologic Modelling,
Ispra, Italy, May 23 - 27, 1977.
9. Nuclear Engineering International, May 1977.
10. WEART W D
New Mexico Waste Isolation Pilot Plant.
A Status Report
Symposium on Waste Management,
Tucson, Arizona, October 3 - 6, 1976.
11. TAMMEMAGI H Y
Geological Disposal of Radioactive Wastes -
The Canadian Development Program.
AECL-5392, May 1976.
12. MAYMAN S A
Atomic Energy of Canada Ltd
Personligt meddelande, juni 1977.

13. 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.
14. ORLOWSKI S, GIRARDI F
CEC Program on Radioactive Waste Management, Disposal and Risk Assessment.
15. 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.
16. UNITED KINGDOM ATOMIC ENERGY AUTHORITY
Evidence submitted 1974/75 to the Royal Commission on Environmental Pollution.
17. MITCHELL N T et al
Options for the disposal of high-level radioactive waste.
International Conference on Nuclear Power and Its Fuel Cycle,
Salzburg, Austria, May 2 - 13, 1977.
18. GRAY D A et al
Disposal of highly-active, solid radioactive wastes into geological formations - relevant geological criteria for the United Kingdom,
Rep Inst Geol Sci 76/12 (1976), HMO, London.
19. ROYAL COMMISSION ON ENVIRONMENTAL POLLUTION
Sixth report on Nuclear Power and the Environment.
Cmnd 6618, HMSO, London (1976).
20. NUCLEAR POWER AND THE ENVIRONMENT
The Government's response to the sixth report of the Royal Commission on Environmental Pollution.
Cmnd 6820, HMSO, London (1977).
21. FRÉJACQUES C
The French Program
International Symposium on the Management of Wastes from the LWR Fuel Cycle.
Denver, Colorado, July 11 - 16, 1976.
22. 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.

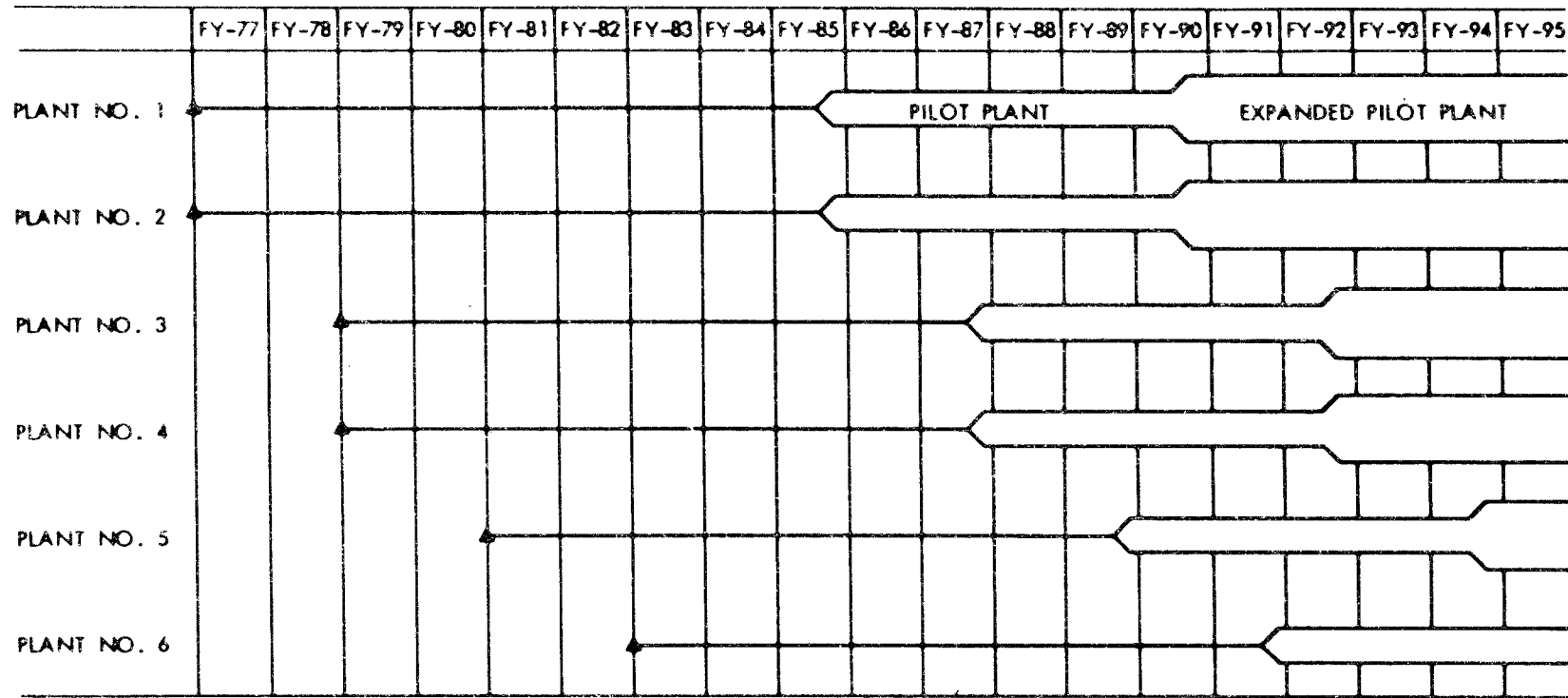
23. SCHMIDT-KÜSTER W J
The German Program and Objectives for the Management of Wastes from the LWR Fuel Cycle.
International Symposium on the Management of Wastes from the LWR Fuel Cycle,
Denver, Colorado, July 11 - 16, 1976.
24. RANDL R P
Waste Management in the Federal Republic of Germany - a Survey of Policy and R and D.
International Conference on Nuclear Power and Its Fuel Cycle,
Salzburg, Austria, May 2 - 13, 1977.
25. ALBRECHT A, BREEST H CH
The Development of Radioactive Wastes Disposal Techniques and the Radiation Exposure of the Personnel at Asse Pilot Plant.
Symposium on Waste Management,
Tucson, Arizona, October 3 - 6, 1976.
26. HAMSTRA J, VERKERK B
Review of Dutch Geologic Waste Disposal Program.
International Conference on Nuclear Power and Its Fuel Cycle,
Salzburg, Austria, May 2 - 13, 1977.
27. ZÜND H
Die nukleare Entsorgung in der Schweiz.
Informationstagung, Wiederarbeitung, Plutonium and Endlagerung, 13 - 14 juni, 1977
Schweizerische Vereinigung für Atomenergie (SVA).
28. KREJSA P
Status and Programme of the Austrian Activities for Final Disposal of Radioactive Wastes in Geological Formations.
NEA Workshop on Risk Analysis and Geologic Modelling
Ispra, Italy, May 23 - 27, 1977.
29. GATTINGER T E
Overview of the Austrian Geologic Waste Disposal Activities.
30. BARBUR I, et al
Co-operation of the CMEA Member Countries in Developing Power Reactors of Various Types, Including Some Aspects of Their Nuclear Fuel Cycles.
International Conference on Nuclear Power and Its Fuel Cycle,
Salzburg, Austria, May 2 - 13, 1977.

THE WHITE HOUSE
October 28, 1976

- 1976 ERDA issued the TAD
- 1977 ERDA issues draft GEIS on Waste Management. ERDA begins extensive program to identify, test and select a site.
- EPA proposes draft generally applicable standards for permanent storage of HLW.
- NRC publishes draft standards for solidified high-level wastes and draft siting, engineering and operating criteria for repositories for high-level wastes. Each element will include the appropriate draft environmental impact statements.
- 1978 ERDA will complete initial demonstration work on canister design, waste solidification, and preliminary repository design, and continue site selection process.
- NRC finalizes proposed site selection criteria, solidification criteria, waste definitions and operating criteria and regulations.
- EPA issues final general ambient standards for high level waste disposal.
- 1979 ERDA selects a particular repository site, issues a draft site specific EIS, and begins intensive site and design work.
- NRC performs early site review of ERDA repository; issues next phase of draft regulations for canister design, transportation, etc.
- 1980 ERDA completes site and design studies, submits preliminary safety analysis and environmental report to NRC in support of construction permit.
- 1981 ERDA begins construction with approval of NRC.
- 1984 Construction completed, repository tested with "cold" wastes.
- 1985 NRC issues repository license.
Repository begins initial commercial-scale operations.

Bilaga 1: Myndigheternas tidtabell för slutförvaring i USA.
TAD = Technical Alternatives Document, ERDA-76-43
GEIS= Generic Environmental Impact Statement
EIS = Environmental Impact Statement ("miljöförklaring")

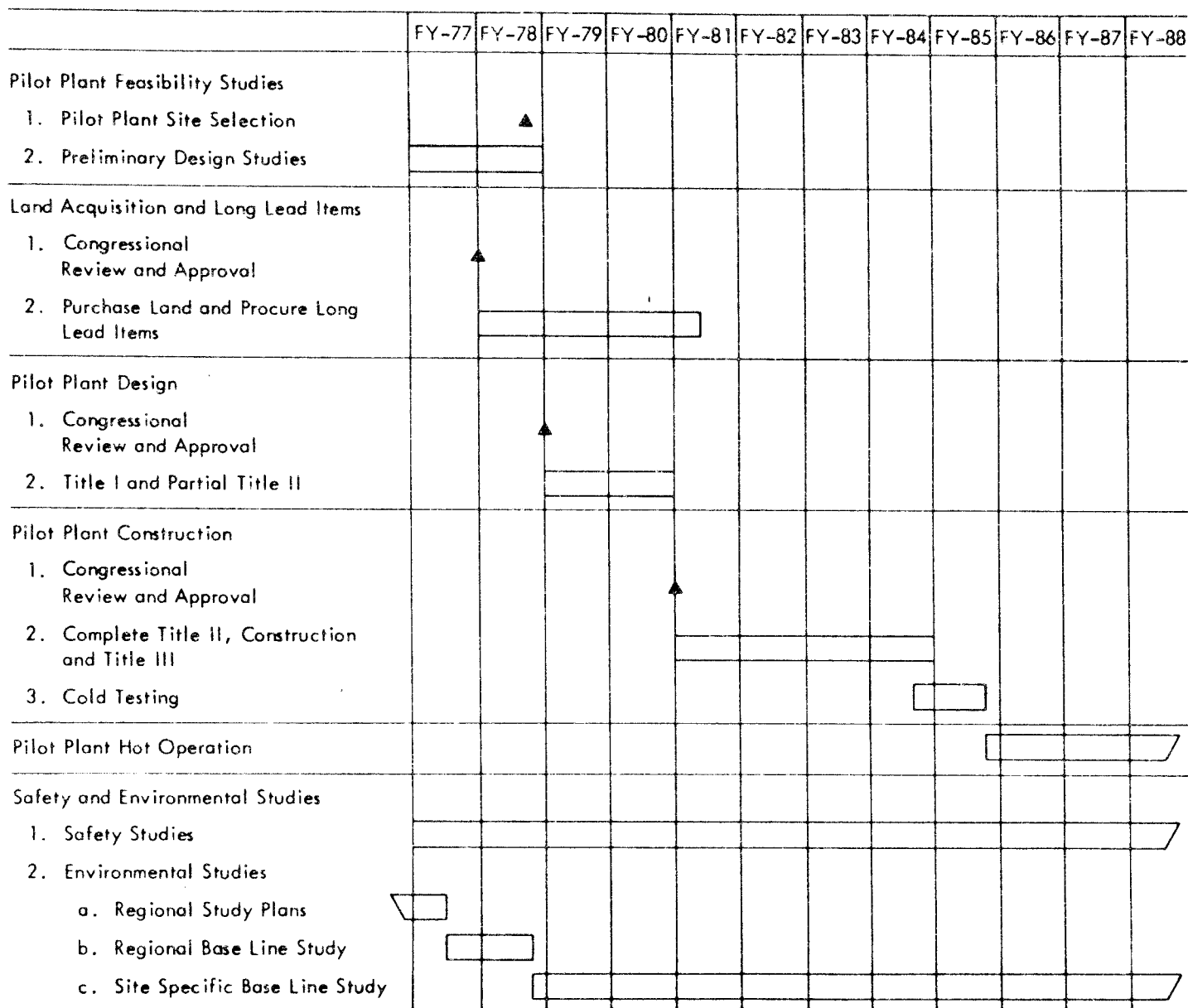
Figure 2
 GEOLOGIC TERMINAL STORAGE
 GENERAL PLAN



Bilaga 2: Tidsschema för uppförande av anläggningar för slutförvaring i USA.

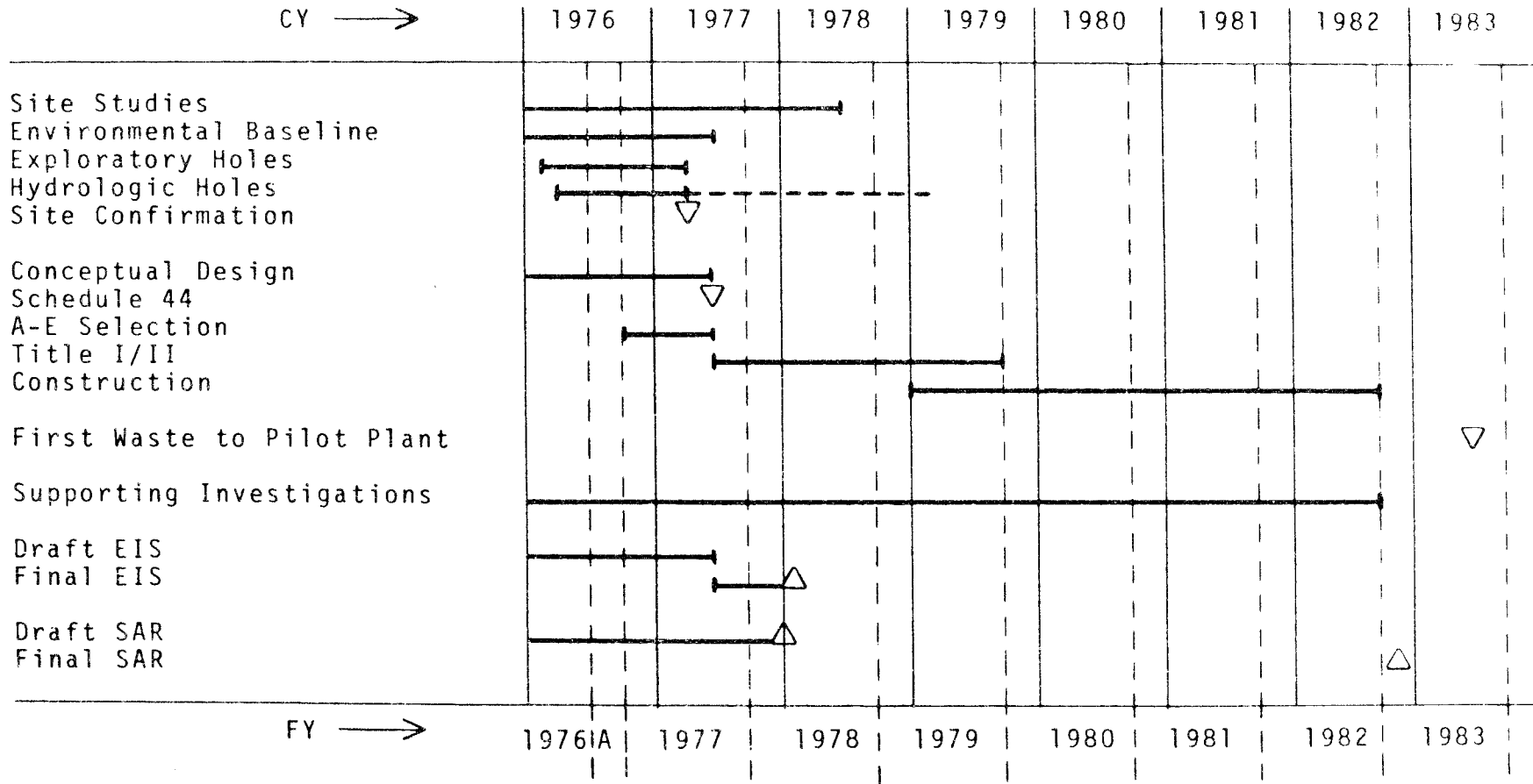
GEOLOGIC TERMINAL STORAGE

Fig. 3 PILOT PLANT NO. 1 DESIGN AND CONSTRUCTION SCHEDULE



Bilaga 3: Tidsschema för den första anläggningen för slutförvaring i USA.

FIGURE 5. WIPP MILESTONE CHART



Bilaga 4: Tidsschema för WIPP-projektet.

EIS = Environmental Impact Statement

SAR = Safety Analysis Report

1975 - 1982 ± 1	Selection of site. Conceptual design of repository.
1981 ± 1 - 1987 ± 2	Design, construction of demonstration repository.
1987 ± 2 - 2000 ± 5	Testing, monitoring of demonstration repository.
1995 ± 5 - 2000 ± 5	Expansion of facility.
2000 ± 5 - 2040 ± 10	Full-time operation.
2040 ± 10 - 2075 ± 25	Monitoring.
2075 ± 25	Back filling, sealing of repository.

Bilaga 5 : Tidsschema för den första anläggningen för
slutförvaring i Kanada.

Förteckning över tekniska rapporter

01. Källstyrkor i utbränt bränsle och högaktivt avfall från en PWR beräknade med ORIGEN
Nils Kjellbert
AB Atomenergi 77-04-05
02. PM angående värmeledningstal hos jordmaterial
Sven Knutsson och Roland Pusch
Högskolan i Luleå 77-04-15
03. Deponering av högaktivt avfall i borrhål med buffertsubstans
A Jacobsson och R Pusch
Högskolan i Luleå 77-05-27
04. Deponering av högaktivt avfall i tunnlar med buffertsubstans
A Jacobsson, R Pusch
Högskolan i Luleå 77-06-01
05. Orienterande temperaturberäkningar för slutförvaring i berg av radioaktivt avfall
Roland Blomqvist
AB Atomenergi 77-03-17
06. Groundwater movements around a repository, Phase 1, State of the art and detailed study plan
Ulf Lindblom
Hagconsult AB 77-02-28
07. Resteffekt för KBS del 1
Litteraturgenomgång Del 2 Beräkningar
K Ekberg, N Kjellbert, G Olsson
AB Atomenergi 77-04-19

08. Utlakning av franskt, engelskt och kanadensiskt glas med högaktivt avfall
Göran Blomqvist
AB Atomenergi 77-05-20
09. Diffusion of soluble materials in a fluid filling a porous medium
Hans Häggblom
AB Atomenergi 77-03-24
10. Translation and development of the BNWL-Geosphere Model
Bertil Grundfelt
Kemakta Konsult AB 77-02-05
11. Utredning rörande titans lämplighet som korrosionshärdig kapsling för kärnbränsleavfall
Sture Henriksson
AB Atomenergi 77-04-18
12. Bedömning av egenskaper och funktion hos betong i samband med slutlig förvaring av kärnbränsleavfall i berg
Sven G. Bergström
Göran Fagerlund
Lars Rombén
Cement och Betonginstitutet 77-06-22
13. Utlakning av använt kärnbränsle (bestrålad uranoxid) vid direktdeponering
Ragnar Gelin
AB Atomenergi 77-06-08
14. Influence of cementation on the deformation properties of bentonite/quartz buffer substance
R. Pusch
Högskolan i Luleå 77-06-20

15. Orienterande temperaturberäkningar för
slutförvaring i berg av radioaktivt avfall
Rapport 2
Roland Blomquist
AB Atomenergi 77-05-17
16. Översikt av utländska riskanalyser samt
planer och projekt rörande slutförvaring
Åke Hultgren
AB Atomenergi Augusti 1977
17. The gravity field in Fennoscandia and
postglacial crustal movements
Arne Bjerhammar
Stockholm 1977
18. Rörelser och instabilitet i den svenska
berggrunden
Nils-Axel Mörner
Stockholms Universitet 1977
19. Studier av neotektonisk aktivitet i mellersta
och norra Sverige, flygbildsgenombgång och
geofysisk tolkning av recenta förkastningar
Robert Lagerbäck
Herbert Henkel
20. Tektonisk analys av södra Sverige
Vättern - Norra Skåne
Kennert Röshoff
Erik Lagerlund
21. Earthquakes of Sweden 1891-1957
1913-1972
Ota Kulhànek
Rutger Wahlström

22. The influence of rock movement on the stress/strain situation in tunnels or bore holes with radioactive conisters embedded in a bentonite/quartz buffer mass.
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1977-08-22

23. Water uptake in a bentonite buffer mass.
A model study.

Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1977-08-22

24. Beräkning av utlakning av vissa fissionsprodukter och aktinider från en cylinder av franskt glas.

Göran Blomqvist
AB Atomenergi 1977-07-27