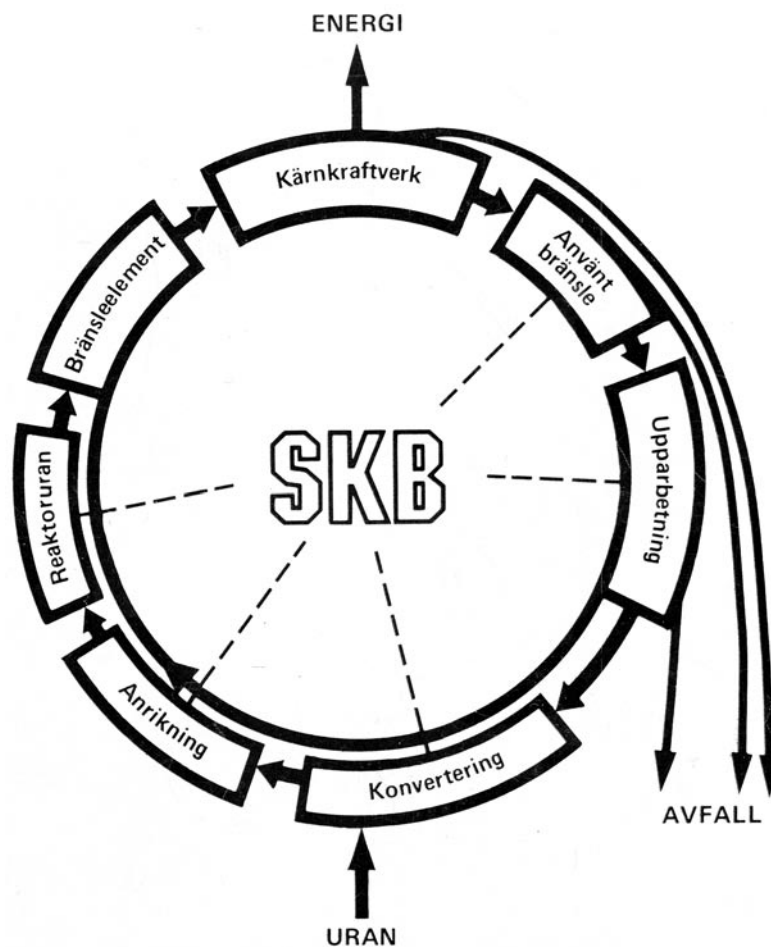


## Kärnbränsle - hantering och försörjning i Sverige

Juli 1986–Juni 1987



1987-11-25

S Bjurström/ET

Det svenska systemet för att ta hand om radioaktivt avfall.

Omhändertagande av olika industriavfall diskuteras mycket idag. När det gäller vårt radioaktiva kärnkraftavfall har detta stått i fokus under många år.

SKB, som är ett företag ägt av de fyra svenska kärnkraftsproducenterna, lämnar årligen en rapport över vår verksamhet till Miljö- och Energidepartementet. Rapporten ger en översikt och fakta-bakgrund som vi tror kan vara av intresse för Dig.

Sverige ligger i frontlinjen inom detta område, i många avseenden är vi världsledande. Just nu färdigställes Slutförvaret för radioaktivt driftavfall - SFR - utanför Forsmark. Här skall förvaras låg- och medelaktivt avfall från kärnkraftverken, men även avfall från sjukhus, industri och forskning.

Det använda bränslet - i princip det enda högaktiva och långlivade "avfall" som vi har i Sverige - mellanlagras successivt i CLAB i avvaktan på en slutlig deponering omkring år 2020. CLAB har varit i drift sedan 1985.

Nämnda anläggningar ger Sverige en komplett och sammanhängande kedja när det gäller hantering av vårt radioaktiva avfall.

Vårt svenska system för denna avfallshantering röner stort internationellt intresse och mina medarbetare och jag står givetvis till Ditt förfogande för ytterligare upplysningar.

Med vänlig hälsning  
SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING AB



Sten Bjurström  
VD

SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING AB  
SWEDISH NUCLEAR FUEL AND WASTE MANAGEMENT CO

POSTADRESS  
MAILING ADDRESS  
SKB  
BOX 5864  
S-102 48 STOCKHOLM

KONTOR  
OFFICE  
BRAHEGATAN 47  
STOCKHOLM

TELEFON  
TELEPHONE  
08-65 28 00  
+46 8 65 28 00

TELEX  
TELEX  
13108-SKB

TELEFAX  
TELEFAX  
08-6157 19  
+46 8 6157 19

# **Kärnbränsle – hantering och försörjning i Sverige**

**Redogörelse över det aktuella läget beträffande kärnbränsle samt verksamheten inom Svensk Kärnbränslehantering AB under tiden juli 1986 – juni 1987**

**Rapport till miljö- och energidepartementet juli 1987**

## FÖRORD

SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING AB – SKB – skall årligen avge en rapport över verksamheten till miljö- och energidepartementet.

Föreliggande rapport anknyter till de tidigare rapporter som SKB inlämnat. Rapporten redogör huvudsakligen för utveckling och verksamhet under perioden juli 1986 – juni 1987.

SKBs verksamhet domineras av insatser för omhändertagande av kärnkraftens restprodukter i enlighet med de av kärnkraftföretagen och av stat och myndigheter fastställda riktlinjerna. Dessutom medverkar företaget i försörjningen av det svenska kärnkraftsprogrammet med kärnbränsle och tjänster i anknytning härtill samt uppdragsverksamhet inom kärnavfallsområdet.

I september 1986 ingav SKB det första allsidiga programmet för forskning, utveckling och övriga åtgärder till Statens Kärnbränslenämnd enligt lagen om kärnteknisk verksamhet. En omfattande remissbehandling har gett i huvudsak positiva kommentarer.

SKB svarar för och har i stora delar förverkligat ett system för hantering av allt radioaktivt avfall från de 12 svenska reaktorerna. Sålunda är ett transport- och lagringssystem i drift innefattande bl a ett transportfartyg M/S Sigyn och en central mellanlagringsanläggning (CLAB) för använt bränsle vid OKG AB. En anläggning för slutförvaring av reaktoravfall, låg- och medelaktivt, SFR i Forsmark är under uppförande och färdig att tas i drift i början av 1988.

En mer detaljerad redogörelse för bl a forsknings- och utvecklingsverksamheten under år 1986 ges i SKB Annual Report 1986 (på engelska), SKB Technical Report 86-31.

Stockholm juli 1987

SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING AB

Sten Bjurström

VD

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sida
<b>FÖRORD</b>	
<b>1 ALLMÄN BAKGRUND OCH SAMMANFATTNING</b>	7
1.1 Det svenska kärnkraftprogrammet	
1.2 Organisation och gällande lagar	
1.3 Det svenska systemet för hantering av kärnkraftavfall, kostnader	
1.4 Forsknings- och utvecklingsarbetet	
<b>2 FÖRSÖRJNING MED KÄRNBRÄNSLE</b>	12
2.1 Naturligt uran	
2.1.1 Den svenska situationen	
2.1.2 Den internationella situationen	
2.2 Konvertering	
2.3 Isotopanrikning	
2.3.1 Svensk försörjning	
2.3.2 Anläggningar	
2.3.3 Marknad	
2.4 Tillverkning av bränsleelement	
2.5 Kärnbränslelager	
<b>3 CENTRALT MELLANLAGER FÖR ANVÄNT BRÄNSLE — CLAB</b>	17
3.1 Allmänt	
3.2 Drift	
<b>4 TRANSPORTSYSTEM</b>	20
4.1 Allmänt	
4.2 Drifterfarenheter	
<b>5 SLUTFÖRVAR FÖR REAKTORAVFALL – SFR</b>	22
5.1 Allmänt	
5.2 Reaktoravfall	
5.3 Säkerhet	
5.4 Konstruktion och uppförande	
5.5 Tidplan och kostnader	
<b>6 UPPARBETNING</b>	26
<b>7 FORSKNING OCH UTVECKLING</b>	27
7.1 Allmänt	
7.2 Forskningsverksamheten	
7.2.1 Tekniska barriärer, konstruktion och teknologi	
7.2.2 Geovetenskap	
7.2.3 Biosfären	
7.2.4 Kemi	
7.2.5 Säkerhetsanalys	
7.3 Internationellt samarbete	

<b>8</b>	<b>KOSTNADSBERÄKNINGAR</b>	32
8.1	Plan-87	
8.2	Avgift	
<b>9</b>	<b>KÄRNBRÄNSLECYKELNS OCH SLUTSTEGENS KOSTNADER</b>	34
<b>10</b>	<b>UPPDRAGSVERKSAMHET</b>	36
<b>11</b>	<b>INFORMATION</b>	37
11.1	Allmänt	
11.2	SKBs informationsverksamhet	
11.3	Broschyrer	
11.4	Filmer	
11.5	Videokassetter	

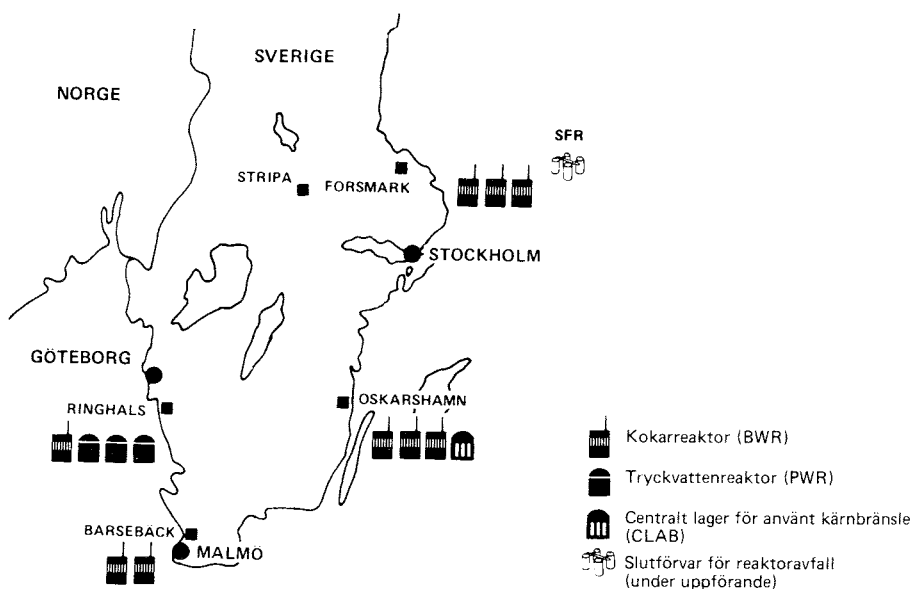
# 1 ALLMÄN BAKGRUND OCH SAMMANFATTNING

## 1.1 DET SVENSKA KÄRNKRAFTPROGRAMMET

Det svenska kärnkraftsprogrammet omfattar 12 reaktorer vid 4 kärnkraftstationer och med en sammanlagd effekt av 9 650 MW<sub>e</sub>. Forsmark 3 och Oskarshamn 3, som är de sista två reaktorerna i programmet, nådde full effekt och togs i kommersiell drift år 1985. Enligt gällande riktlinjer skall kärnkraften i Sverige vara avvecklad senast år 2010. Huvuddata för de 12 enheterna visas i Figur 1-1. 1986 svarade kärnkraften för ca 50% av den samlade svenska elproduktionen.

Reaktorer i Sverige

Reaktor		Effekt MW <sub>e</sub>	I drift	Energi tillgänglighet 1986 %
Oskarshamn 1	BWR	440	1972	83
Oskarshamn 2	BWR	595	1974	88
Oskarshamn 3	BWR	1050	1985	92
Barsebäck 1	BWR	595	1975	90
Barsebäck 2	BWR	595	1977	85
Ringhals 1	BWR	750	1976	79
Ringhals 2	PWR	800	1975	57
Ringhals 3	PWR	915	1981	79
Ringhals 4	PWR	915	1983	77
Forsmark 1	BWR	972	1980	93
Forsmark 2	BWR	972	1981	93
Forsmark 3	BWR	1050	1985	89



Figur 1-1. Det svenska kärnkraftsprogrammet.

## 1.2 ORGANISATION OCH GÄLLANDE LAGAR

Kärnkraftstationerna ägs av följande fyra företag

- Statens Vattenfallsverk (SV) äger Ringhals kraftstation.
- Sydsvenska Värmekraftaktiebolaget (SVAB), som är ett helägt dotterbolag till Sydkraft AB, äger Barsebäcks kraftstation.
- OKG AB äger Oskarshamns kraftstation. Sydkraft är den störste enskilde aktieägaren i OKG.
- Forsmark Kraftgrupp AB (FKA) äger Forsmarks kraftstation. Vattenfall har 74,5% av aktierna i FKA.

Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) har bildats av dessa fyra företag. SKB har till uppgift att utveckla, planera, bygga och driva anläggningar och system för hantering och deponering av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall från de svenska kärnkraftstationerna.

SKB svarar vidare för det allsidiga forsknings- och utvecklingsprogram som åvilar kärnkraftföretagen enligt lag. SKB hanterar också frågor beträffande uranprospektering, beredskapslagring av uran samt anrikning och upparbetning. SKB biträder på begäran sina ägare i frågor rörande urananskaffning.

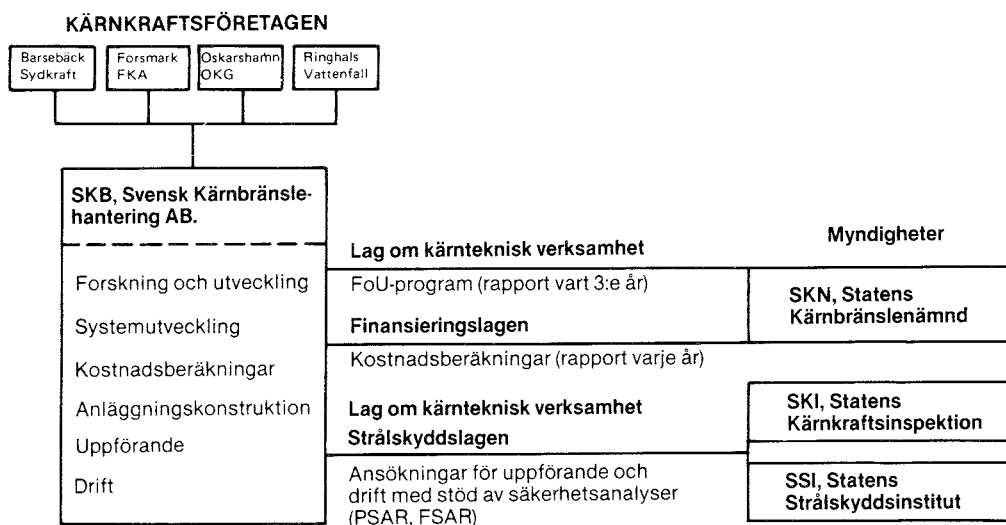
SKB har totalt ca 45 anställda. Huvuddelen av arbetet läggs ut på andra organisationer och konsulter.

SKBs huvudsakliga verksamhet är hanteringen av kärnkraftavfallet. Denna verksamhet regleras av olika lagar och övervakas av flera myndigheter. Figur 1-2 ger en allmän översikt härav.

De tre viktigaste lagarna är följande:

- Lag om kärnteknisk verksamhet (SFS 1984:3 med ändring SFS 1987:3)
- Lag om finansiering av framtida utgifter för använt kärnbränsle m m (SFS 1981:669 med ändring SFS 1984:5 och SFS 1986:601)
- Strålskyddslagen (SFS 1958:110)

Lagen om kärnteknisk verksamhet lägger det primära ansvaret för säkerheten på ägaren av en kärnteknisk anläggning. Ägaren av en sådan anläggning är sålunda ansvarig för säkerheten vid konstruktion, byggande och drift. Ägaren är också ansvarig för hanteringen och den slutliga deponeringen av det radioaktiva avfallet, för rivningen av stationen och för det erforderliga forsknings- och utvecklingsarbetet. Enligt lagen skall ett allsidigt forsknings- och utvecklingsprogram inom avfallsområdet inges till regeringen vart tredje år med början år 1986. De fyra kraftföretagen har lagt det operativa ansvaret för avfallsverksamheten på SKB. Av bestämmelserna i lagen följer också att ägaren har det ekonomiska ansvaret för erforderlig verksamhet.



Figur 1-2. Den legala ramen för SKBs verksamhet.



De övervakande myndigheterna är Statens Kärnkraftinspektion, Statens Strålskyddsinstitut och Statens Kärnbränslenämnd.

Lagen om finansiering av framtida utgifter för använt kärnbränsle m m (den s k finansieringslagen) föreskriver, att innehavaren av en kärnkraftstation skall inbetala en avgift till staten så länge anläggningen är i drift; detta för att säkerställa att medel för de framtida kostnaderna för hanteringen av det använda kärnbränslet och rivningen av stationen skall finnas tillgängliga.

Avgiften utgår i relation till den från kärnkraftverken levererade elenergi mängden och var för 1986 1,9 öre per kWh. För 1987 har avgiften hållits på samma genomsnittliga värde men differentierats till

för OKG	1,7 öre per kWh
för SV och FKA	1,9 öre per kWh
för SVAB	2,2 öre per kWh

Varje år skall en kostnadsberäkning över de framtida kostnaderna inges till Statens Kärnbränslenämnd, som i sin tur föreslår nästa års avgift till regeringen.

Strålskyddslagen innehåller grundläggande regler för skydd mot joniserande strålning. Strålskyddsinstitutet är här tillsynsmyndighet.

De tre myndigheter som nämns ovan utför också viss egen forskning. Med syfte bl a att samordna forskningen på avfallsområdet bildades 1985 samrådsnämnden för kärnavfallsfrågor (KASAM). Nämnden skall rapportera till regeringen årligen.

### 1.3 DET SVENSKA SYSTEMET FÖR HANTERING AV KÄRNKRAFTAVFALL, KOSTNADER

Inom SKB har ett fullständigt system för hanteringen av allt radioaktivt avfall från de 12 svenska reaktorerna planerats och delvis förverkligats. Inom ramen för detta system tas också övrigt radioaktivt avfall i Sverige omhand, t ex från viss försöksverksamhet respektive från sjukhus. Systemet har baserats på avfallsmängderna fram till år 2010.

Från drift av reaktorer erhålles använt kärnbränsle och olika slag av låg- och medelaktiva driftavfall. När rivning av stationerna senare skall ske tillkommer också rivningsavfall.

I Tabell 1-1 ges en uppskattning av olika slag och mängder av det radioaktiva avfallet.

Tabell 1-1. Avfallskategorier.

	AVFALLS-KATEGORIER	URPSRUNG	FORM	EGENSKAPER	KVANTITET
1	Använt kärnbränsle	Drift av kärnkraftsreaktorer	Bränslestavar inkapslade i koppar	Hög värmeavgivning och hög strålning i tidigt skede. Innehåller långlivade nuklider.	5 600 kapslar (7 800 ton)
2	Annat avfall innehållande transuraner	Studsvik	Solidifierad i betong	Låg- till medelaktivt. Innehåller vissa långlivade nuklider	6 000 m <sup>3</sup>
3	Härdkomponenter	Kasserade delar från de inre delarna av reaktortankar	Obehandlat eller ingjutet i betong	Medelaktivt. Innehåller vissa långlivade nuklider.	19 000 m <sup>3</sup>
4	Reaktoravfall	Driftavfall från kärnkraftanläggningar m.m.	Solidifierat i betong eller bitumen. Kompakterat.	Låg- till medelaktivt. Begränsad livslängd.	100 000 m <sup>3</sup>
5	Rivningsavfall	Från rivning av kärnanläggningar	Huvudsakligen obehandlat	Låg- till medelaktivt. Begränsad livslängd.	115 000 m <sup>3</sup>

Den grundläggande strategin för hanteringen av de olika avfallsslagen är att kortlivat avfall skall deponeras så snart som är praktiskt rimligt, medan använt kärnbränsle och andra långlivade avfall skall mellanlagras 30–40 år före definitiv deponering.

Huvuddragen av det planerade systemet i Sverige visas i Figur 1-3.

För låg- och medelaktivt reaktoravfall är ett slutförvar, SFR, under byggnad. Det planeras tas i drift 1988. SFR kan senare utvidgas till att ta hand om också rivningsavfall.

En central mellanlagringsanläggning för använt kärnbränsle, CLAB, togs i drift i juli 1985. Denna anläggning har en kapacitet av 3 000 ton använt kärnbränsle och kan utvidgas så att det totala svenska behovet kan täckas.

Efter ca 40 års mellanlagring i CLAB avser man inkapsla det använda bränslet i behållare av korrosionsbeständigt material och deponera det så inkapslade använda kärnbränslet på ungefär 500 meters djup i den svenska berggrunden. Inkapslingen och deponeringen påbörjas inte förrän omkring år 2020. Någon plats härför har alltså inte valts ännu.

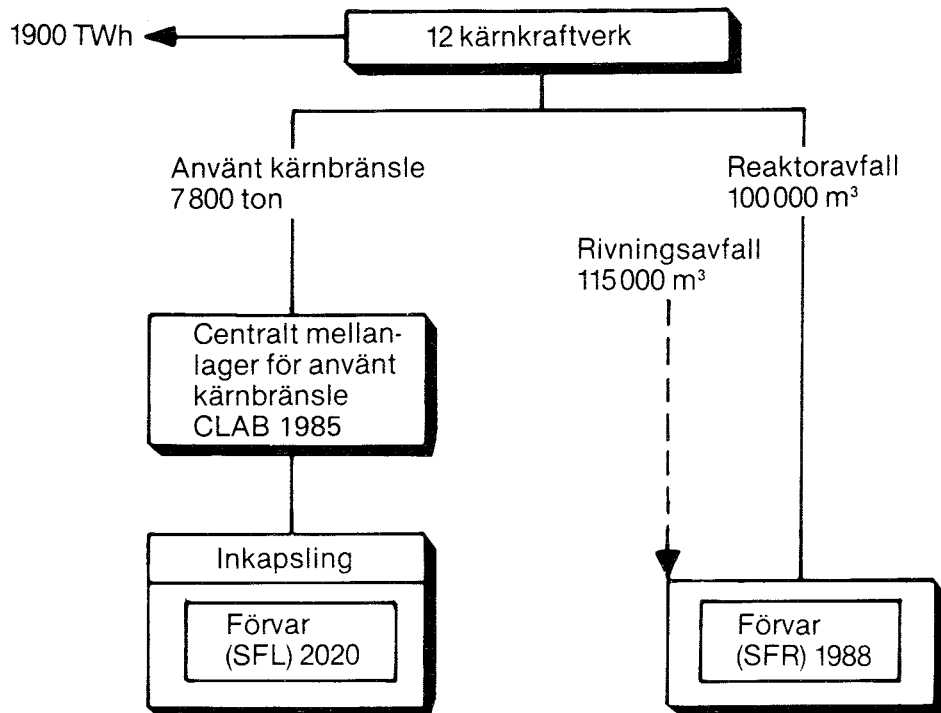
För en relativt liten del av det använda kärnbränslet föreligger också uppberedningskontrakt med COGEMA i Frankrike (494 ton) och BNFL i Storbritannien (140 ton). Man avser dock ej utnyttja kontrakten med COGEMA. På detta sätt undviks det speciella avfallet från uppberedningen och hanteringen i Sverige blir mer enhetlig.

För transport av använt kärnbränsle och andra slag av radioaktivt avfall har ett särskilt transportsystem byggts upp. Detta transportsystem är baserat på sjötransport med specialfartyg.

Enligt den senaste, den 1 juli 1987 till Kärnbränslenämnden inlämnade kostnadsberäkningen – Plan-87 – utgör den totala kostnaden för slutdelen av kärnbränslecykeln i Sverige ca 46 miljarder kronor i prisnivå 1987, varav ca 6 miljarder kronor beräknas ha disponerats tom 1987.

Den totala kostnadsbilden för kärnbränslet i Sverige (inkl slutsteg och rivning av kärnkraftstationerna var för 1986

Försörjning inkl beredskapslager	3,1 öre/kWhe
Slutsteg inkl rivning	2,0 öre/kWhe
Summa	5,1 öre/kWhe



Figur 1-3. System för hantering av radioaktivt avfall i Sverige.

## 1.4 FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGSARBETET

Forsknings- och utvecklingsarbetet inom SKB påbörjades 1976–77 i samband med att den sk villkorslagen tillkom. Denna lag behandlade specifikt deponeringen av högaktivt avfall från kärnkraftstationer. I lagen föreskrevs att ägaren av en reaktor måste kunna visa hur och var högaktivt avfall eller använt kärnbränsle skulle kunna slutligt deponeras på ett helt säkert sätt innan kärnbränslet för första gången fick tillföras reaktorn. Lagen erfordrade sålunda en demonstration av en möjlig metod för säker hantering och slutförvaring men krävde inte någon optimerad lösning. Villkorslagen är sedan den 1 februari 1984 ersatt med lag om kärnteknisk verksamhet, som har likartade bestämmelser.

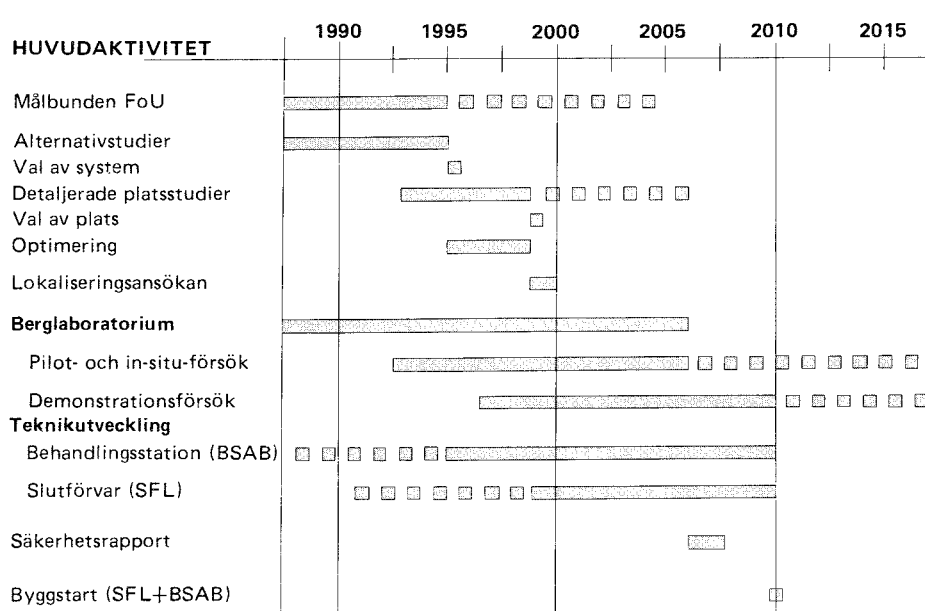
För att uppfylla villkorslagens krav påbörjade kärnkraftföretagen sent 1976 det sk KBS-projektet. Projektgruppen organiserades senare som en avdelning inom SKB, och utgör nu avdelningen för forskning och utveckling.

Huvuduppgiften inom forsknings- och utvecklingsavdelningen är att planera, initiera och koordinera arbetet samt att sammanställa och dokumentera resultaten. Mer än 200 experter och konsulter vid universitet, industrier och andra organisationer har engagerats i olika aspekter av forsknings- och utvecklingsarbetet. Resultaten publiceras i serien SKB Tekniska Rapporter och i form av artiklar i lämpliga vetenskapliga tidskrifter.

Den ovan nämnda lagen om kärnteknisk verksamhet föreskriver också, att ägarna till kärnkraftsreaktorer tillsammans skall upprätta ett allsidigt program för forskning, utveckling och övriga åtgärder, som erfordras för att uppfylla lagens övriga krav. Programmet skall inges till Statens Kärnbränslenämnd vart tredje år med början år 1986. I enlighet härmed ingav SKB till nämnden den 29 september 1986 det första programmet, FoU-program-86. Detta ger en allmän beskrivning av alla åtgärder som behövs tills dess slutlig disponering av avfallet har fullbordats. För perioden 1987–1992 ges en mer detaljerad beskrivning. Forskningsprogrammet utgår från det underlag som skapats genom arbetet med de sk KBS-rapporterna (KBS-1, KBS-2 och KBS-3) samt det forskningsprogram som knöts till KBS-3-rapporten. FoU-program-86 syftar till att ta fram underlag så att en lokaliseringsansökan för ett specifikt system för slutförvaring av använt kärnbränsle på en vald plats kan inlämnas omkring år 2000.

Programmet har under tiden oktober 1986 – maj 1987 granskats av Statens Kärnbränslenämnd, SKN, och ett stort antal svenska och internationella remissinstanser. En granskningsrapport från SKN tillställdes regeringen i slutet av maj 1987. I denna ställer SKN vissa krav på kompletteringar särskilt i fråga om underlaget för val av plats. I stort anser nämnden att programmet fyller de anspråk som skäligen kan ställas i nuläget.

En översiktlig tidplan för forskningsinsatserna ges i Figur 1-4.



Figur 1-4. Översiktlig tidplan för åtgärder fram till byggstart för slutförvar och behandlingsstation.

## 2 FÖRSÖRJNING MED KÄRNBRÄNSLE

Inom området kärnbränsleförsörjning har SKB uppgiften att utreda behov m m i olika former, arrangera för samordning beträffande uraninköp, företräda kraftföretagen i vissa gemensamma frågor samt svara för ärenden rörande prospektering, anrikning och beredskapslagring för kraftföretagens behov.

### 2.1 NATURLIGT URAN

#### 2.1.1 Den svenska situationen

Natururanbehovet för de tolv reaktorer som ingår i det svenska kärnkraftsprogrammet är 1 300–1 400 ton per år. Detta behov kan bli högre eller lägre beroende på en rad faktorer, vilket innebär att planeringen av försörjningen måste vara flexibel.

Natururanbehovet för tioårsperioden 1987 till och med 1996 är 13 400 ton. Vid mitten av år 1987 hade de svenska kraftföretagen ingående lager och kontrakt för tillförsel av 12 700 ton under denna period. Huvuddelen av tillförseln baseras på långsiktiga kontrakt. Under 1986 och början av 1987 gjordes dock en del spotköp eftersom priserna var låga på spotmarknaden.

Natururan levereras till Sverige i huvudsak från Kanada och Australien men även från Niger och USA. Kanada svarar för mer än 50% av framtida leveranser enligt nu befintliga kontrakt.

#### *Prospektering*

I vissa delar av den prekambrisk berggrunden i Sverige förekommer uran i relativt höga halter. SKB har därför utfört lokal prospektering på olika platser i norra delen av landet. Därvid har mineraliseringar innehållande sammanlagt mer än 6 000 ton uran påträffats med halter över 1 000 g uran per ton malm. Dessa malmer utgör viktiga reserver för framtiden.

Eftersom tillgången på uran på världsmarknaden är god och priserna låga har SKB i december 1985 beslutat att tills vidare upphöra med denna prospektering.

#### *Ranstad*

Kring Ranstad i Västergötland finns ett område med alunskiffer som i uranrik del innehåller ca 300 g uran per ton skiffer. Tillgångarna av uran är stora i en homogen malm, men halterna är låga. Metod finns utvecklad och demonstrerad i industriell skala för uranutvinning ur denna speciella typ av uranmalm. Vid nuvarande låga priser på uran på världsmarknaden är det dock ej lönsamt att utvinna uran från Ranstad.

#### 2.1.2 Den internationella situationen

##### *Tillgångar*

OECD och IAEA har utrett tillgångarna på uran. Östländerna har därvid ej lämnat uppgifter, varför nedanstående gäller den övriga världen. De utvärderade tillgångarna uppgår 1987 till 1 660 000 ton uran. Denna mängd omfattar uranmalm där uranet bedöms kunna utvinnas till en kostnad under 600 svenska kronor per kilo. Därutöver finns sannolika tillgångar omfattande 920 000 ton som kan utvinnas till samma kostnad samt 670 000 ton i utvärderade tillgångar, där uranet kan utvinnas till en högre kostnad, mellan 600 och 950 kronor per kilo.

##### *Produktion och konsumtion*

Uranproduktionen i världen beräknas till ca 37 000 ton år 1986, vilket är något högre än produktionen 1985.

Urankonsumtionen i världen beräknas till ca 40 000 ton under år 1986, vilket är något högre än konsumtionen 1985.

År 1986 är därmed det andra året då konsumtionen av uran översteg produktionen. Detta utgör för närvarande något problem, eftersom det finns ca 120 000 ton uran i lager i världen.

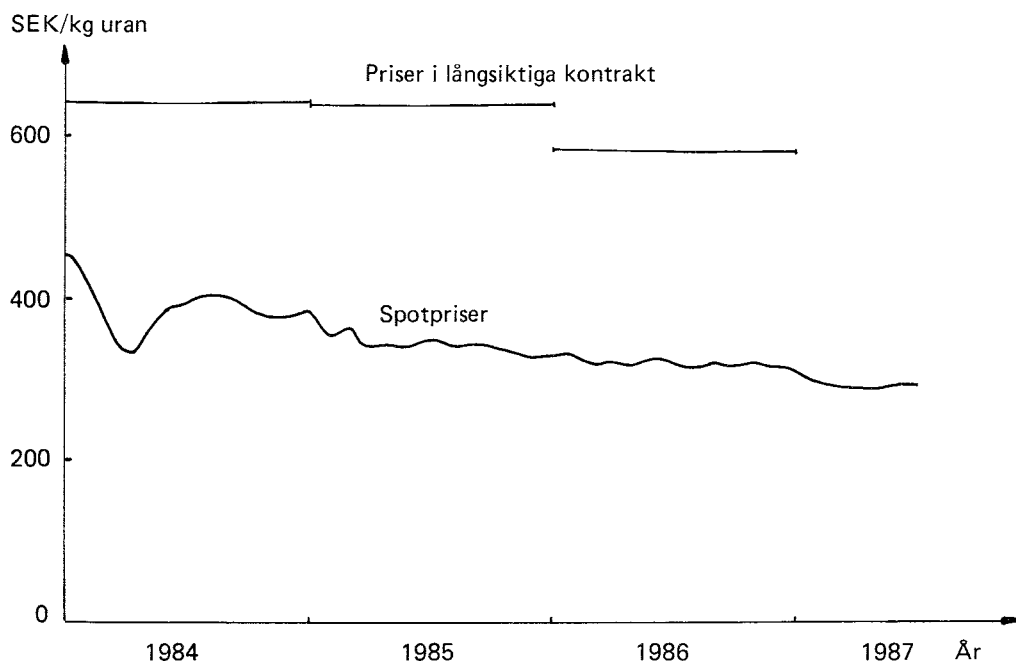
Urankonsumtionen förutses öka till ca 50 000 ton per år i mitten av 1990-talet, vilket innebär att ökad produktion behövs då.

### **Marknad och priser**

Under 1986 levererades ca 15% av allt uran enligt spot-köp, medan huvuddelen, ca 85% levererades enligt långsiktiga kontrakt.

Figur 2-1 visar att priserna för spot-köp räknat i svenska kronor var låga under 1986.

Priserna enligt långsiktiga kontrakt varierar på grund av olika villkor. Medelpriserna under perioden 1984–1986 för leveranser till EG för sådana kontrakt var, som Figur 2-1 visar, högre än spotpriserna under samma år.



Figur 2-1. Långsiktiga priser och spot-priser för uran.

## **2.2 KONVERTERING**

Konvertering är en kemisk process för tillverkning av uranhexafluorid från urankoncentrat.

I västländerna finns 5 stora anläggningar för konvertering: Allied Chemical och Sequoyah Fuel i USA, Eldorado Nuclear Ltd. i Kanada, British Nuclear Fuels plc. i Storbritannien och Comurhex i Frankrike. Därutöver finns mindre anläggningar i Japan, Kina och Sydafrika. Dessutom säljer Techsnabexport i Sovjetunionen konvertering till västländerna. Den totala kapaciteten i västländerna är ca 52 000 ton uran per år, medan behovet för närvarande håller sig kring ca 37 000 ton per år.

Konverteringstjänster för de svenska kraftföretagen utförs i Kanada, Frankrike, Storbritannien och USA.

## **2.3 ISOTOPANRIKNING**

### **2.3.1 Svensk försörjning**

De svenska kraftföretagens försörjning med isotopanrikning har tidigare skett, dels från USA och dels från Sovjetunionen, med övervägande dominans från USA.

De europeiska anrikningsföretagen blev konkurrenskraftiga i början av 1980-talet. Under perioden 1983 till -85 tecknade de svenska kraftföretagen en rad kontrakt för anrikning från Europa med leveranser från och med 1984.

För perioden 1986–1990 kommer huvuddelen av leveranserna till Sverige att ske från EURODIF med anrikningsanläggning i Frankrike och från URENCO med anrikningsanläggningar i Holland, Storbritannien och Västtyskland. Leveranser från Sovjetunionen fortsätter som tidigare, medan leveranser från USA fortsätter i betydligt mindre omfattning än tidigare.

Med fyra olika leverantörer av isotopanrikning erhålles också hög försörjningstrygghet.

### 2.3.2 Anläggningar

#### *USA*

I USA finns tre isotopanrikningsanläggningar baserade på gasdiffusionsmetoden. Två anläggningar är i drift, nämligen Paducah i Kentucky med en nominell årskapacitet av 11,3 miljoner anrikningenheter, och Portsmouth i Ohio, med en nominell årskapacitet av 8,3 miljoner anrikningenheter. Anläggningen i Oak Ridge med en årskapacitet av 7,7 miljoner anrikningenheter togs ur drift under 1985, eftersom behovet var lågt. Den kan tas i drift igen vid eventuellt ökat behov.

Department of Energy har istället valt isotopseparation med laser som framtida teknologi. Forskning och utveckling koncentreras nu till teknologin AVLIS (Atomic Vapour Laser Isotope Separation) med målsättningen att ha en anläggning i drift i mitten av 1990-talet.

#### *Sovjetunionen*

I Sovjetunionen finns anrikningsanläggningar som används för såväl behov inom Sovjetunionen och i Östeuropa som för export till västländer. Exporten till väst uppskattas till 1,5 à 2 miljoner anrikningenheter per år.

#### *Frankrike*

Företaget EURODIF, som ägs av franska, italienska, belgiska och spanska företag, har en anläggning enligt gasdiffusionsmetoden i drift med kapaciteten 10,8 miljoner anrikningenheter per år.

Det franska atomenergikommissariatet håller på att utveckla en laseranrikningsteknik kallad SILVA.

#### *URENCO*

URENCO har nu tre anläggning enligt gascentrifugmetoden i drift, en i Almelo i Holland, en i Capenhurst i Storbritannien och en i Gronau i Västtyskland.

Den totala kapaciteten för de tre anläggningarna är nu ca 2 miljoner anrikningenheter per år.

### 2.3.3 Marknad

Den nuvarande totala anrikningkapaciteten kan uppskattas till omkring 34 miljoner anrikningenheter per år, vilket är högre än behovet i västvärlden, som var ca 24 miljoner anrikningenheter under 1986.

Behovet kommer att öka i och med att nya reaktorer tas i drift, men den nuvarande kapaciteten beräknas vara tillräcklig fram till mitten av 1990-talet.

Konkurrensen mellan fyra olika producenter har lett till lägre priser på anrikning. Detta illustreras i tabellen nedan med Department of Energys anrikningspriser, dels omräknade till svenska kronor, dels i US\$.

År*	SEK/anrikningsenhet	US\$/anrikningsenhet
1984	1 152	138,65
1985	1 145	135
1986	888	125
1987	774**	119
1988		117

\* anger amerikanska budgetår, där t ex 1984 inleds 831001

\*\* medeldollarkursen 1987 antas bli 6:50.

Prissänkningarna accentueras av att Department of Energy ger kunder som tar hela sitt behov från dem möjlighet att ta 30% av behovet till det lägre priset US\$ 90 per anrikningsenhet. Dessa prissänkningar leder naturligtvis till att andra producenters priser utsätts för ett tryck nedåt.

Det finns en spotmarknad där anrikningstjänster kan köpas. Denna omfattar dock endast 3 à 4% av det totala behovet. Priset på spotmarknaden var US\$ 80 per anrikningsenhet vid utgången av år 1986, vilket motsvarade 550 SEK per anrikningsenhet.

## 2.4 TILLVERKNING AV BRÄNSLEELEMENT

Inom landet sker tillverkning av bränsleelement vid ASEA-ATOMS fabrik i Västerås.

De svenska kärnkraftföretagen upphandlar tillverkning av bränsleelement på kommersiell bas. Därvid har ASEA-ATOM erhållit beställningar i många fall, medan andra gått till bränsleföretag i USA, Västtyskland eller Frankrike.

**Tabell 2-1. Tillverkare av bränsleelement under perioden 1986-88**

	1986	1987	1988
Barsebäck 1	AA	AA	EXX
Barsebäck 2	AA	AA	AA
Oskarshamn	EXX	EXX	KWU
Oskarshamn 2	AA	AA	AA
Oskarshamn 3	AA	AA	AA
Ringhals 1	AA	AA	AA
Ringhals 2	KWU	KWU	KWU
Ringhals 3	AA	AA	AA
Ringhals 4	FRA	FRA	FRA
Forsmark 1	KWU	KWU	KWU
Forsmark 2	AA	AA	AA
Forsmark 3	AA	AA	AA

\*) AA = ASEA-ATOM, bränslefabrik i Västerås, Sverige

EXX = EXXON, bränslefabrik i USA och Västtyskland

KWU = Kraftwerksunion, bränslefabrik i Västtyskland

FRA = FRAGEMA, bränslefabrik i Frankrike

I tabellen har ej upptagits enstaka demonstrationsknippen, som kan komma från annan leverantör visst leveransår.

Bränsleelementtillverkningen vid ASEA-ATOMS fabrik i Västerås uppgick 1986 till ca 165 ton kärnbränsle för kokarreaktorer och ca 25 ton kärnbränsle för tryckvattenreaktorer. Av denna produktion exporterades ca 40 ton till Finland, Västtyskland, Schweiz och USA.

Det nya bränsleelementet SVEA, där bränslestavarna indelas i fyra grupper om 4 x 4 stavar i varje av ett vattenkors i zirkaloy är nu det dominerande bränslet i svenska kokarreaktorer. Mer än hälften av ASEA-ATOMS leveranser av kokarvattenbränsle under 1986 bestod av detta bränsle.

SVEA-bränslet ger högre reaktivitet och en jämnare utbränning och sålunda en bättre möjlighet att utnyttja energin från de inre bränslestavarna. SVEA-bränslet producerar nu 8 - 10% mer energi än ett standardbränsleelement från samma kvantitet anrikat uran.

Under 1986 har en ny sorts SVEA-bränsle introducerats, SVEA-100. Sex bränsleknippen av denna sort har satts in i två svenska kokarreaktorer. I SVEA-100 är bränslestavarna tunnare och delade i fyra grupper om 5 x 5 stavar. Det ger bl a bättre möjligheter att snabbt ändra reaktorns effekt.

ASEA-ATOM har under 1986 investerat i nya verkstäder och utrustning, bl a en återvinningsanläggning av uran från avfall, en ny verkstad för styrtstavar och en kracker för framställning av vätgas från metanol.

## **2.5 KÄRNBRÄNSLELAGER**

I enlighet med riksdagens beslut om beredskapslagring av kärnbränsle har SKB tecknat avtal med Överstyrelsen för Ekonomiskt Försvar (ÖEF). Avtalet innebär att SKB skall beredskapslagra anrikat uran och zirkaloy motsvarande en elproduktion av 35 TWh.

Med kärnbränslet i reaktorerna samt bränsleelement vid kraftverken och under tillverkning inom landet ger beredskapslagret en uthållighet av ca 2 år med normal drift av de 12 reaktorerna från ett eventuellt importstopp.



## 3 CENTRALT MELLANLAGER FÖR ANVÄNT BRÄNSLE – CLAB

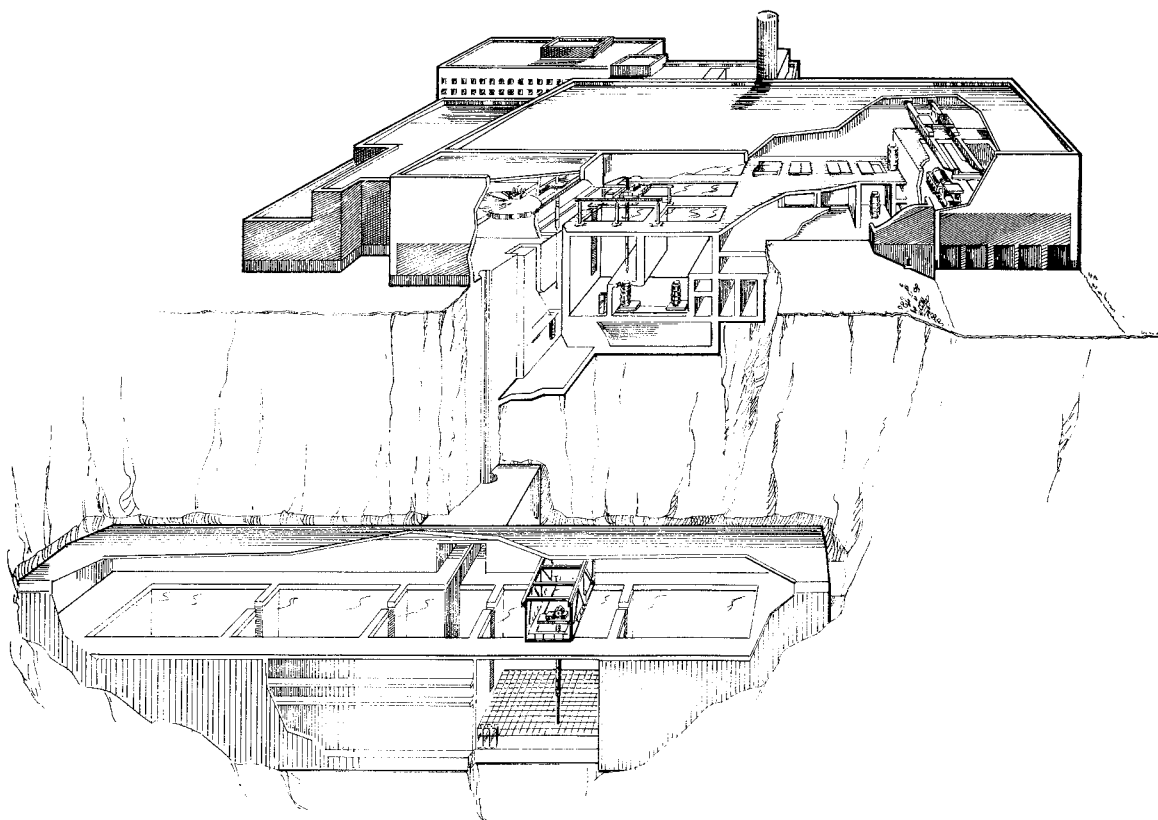
### 3.1 ALLMÄNT

Den svenska mellanlagringsanläggningen för använt bränsle, CLAB, är belägen på Simpevarps-halvön i anslutning till Oskarshamns kärnkraftstation, togs i drift den 11 juli 1985 och invigdes den 29 april 1986.

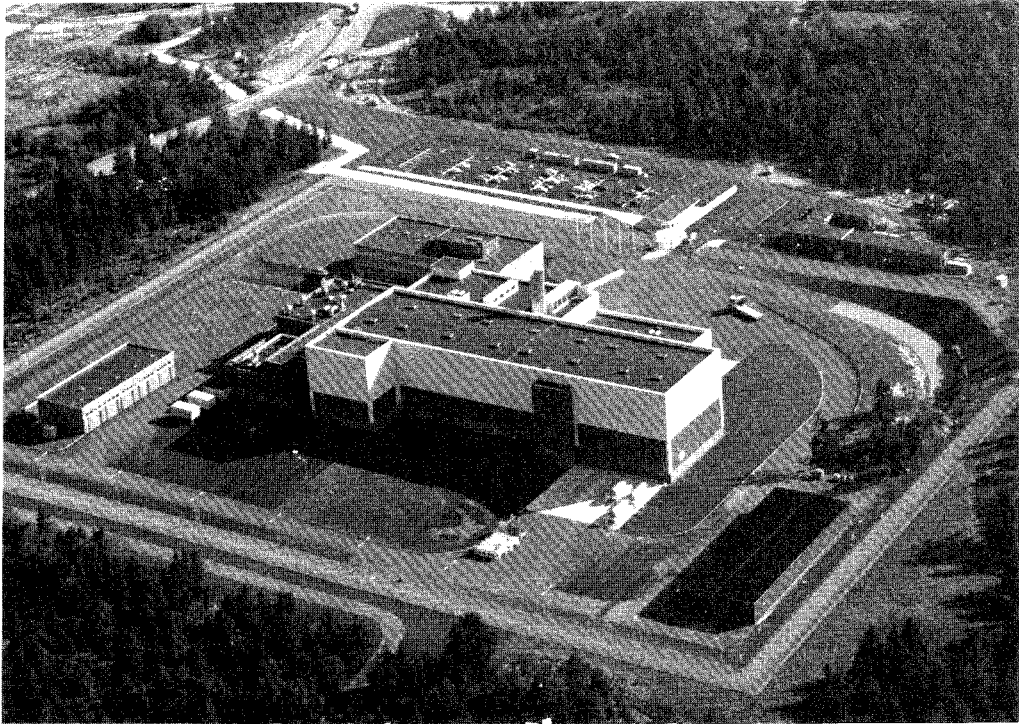
Anläggningen består av 5 underjordiska lagringsbassänger för totalt 3 000 ton uran. Mottagningsbyggnad, hjälpsystembyggnad och kontor finns på marknivå, se Figur 3-1. Anläggningen har konstruerats för att kunna ta emot 300 ton uran per år, vilket motsvarar ungefär 100 transportbehållare.

OKG AB sköter driften av anläggningen på SKBs uppdrag.

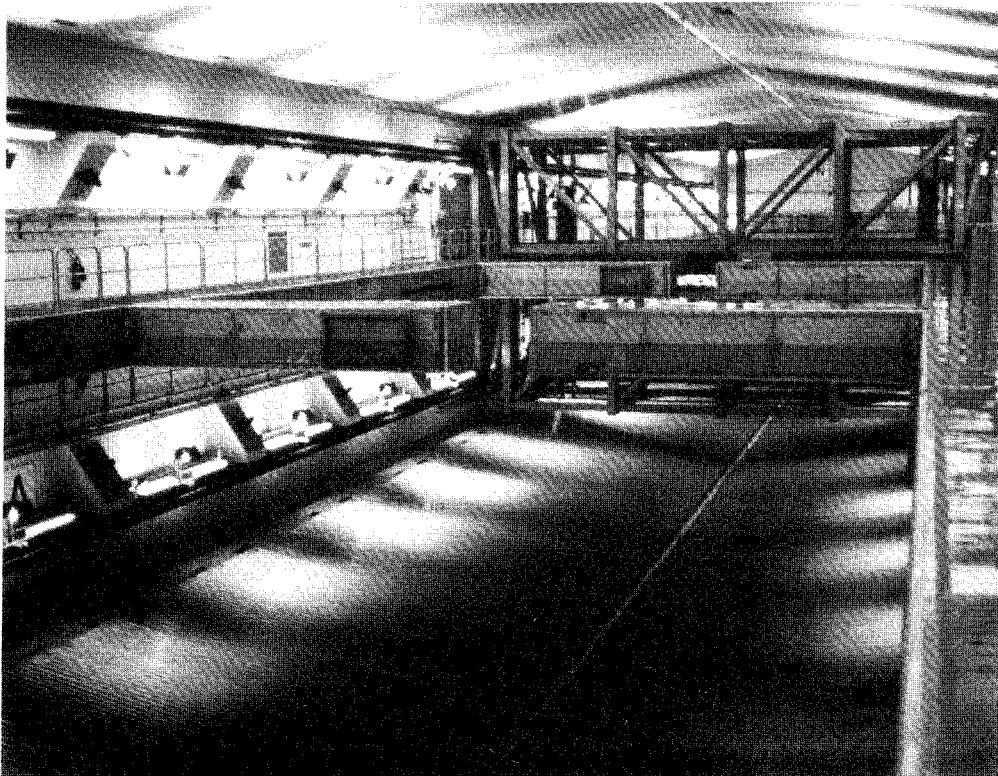
Den totala investeringen i CLAB är ca 1 700 miljoner kronor. Driftkostnaderna beräknas till ca 70 miljoner kronor per år.



Figur 3-1. CLAB-anläggningen. Principskiss.



*Figur 3-2. Flygbild av CLAB-anläggningen.*



*Figur 3-3. En av förvaringsbassängerna.*

### 3.2 DRIFT

Inaktiv provdrift påbörjades i slutet av år 1984 då alla system utprovades. Under våren 1985 utfördes samkörningsprov av olika system och slutligen provades hela anläggningen under inaktiva förhållanden, varvid en normal transportbehållare och bränsleelementatrappor användes. Tillstånd att påbörja aktiv drift erhöles den 19 juni 1985 av Kärnkraftinspektionen och Strålskyddsinstitutet. Tillståndet var begränsat att gälla till och med december månad 1985 och SKB skulle bl a avge en rapport över erfarenheterna från denna första period av aktiv drift.

Baserat på den med gott resultat genomförda första aktiva provdriftperioden ansökte SKB i slutet av november 1985 om tillstånd för fortsatt kontinuerlig aktiv drift. Det tillstånd som då erhöles gällde till och med juni 1986. I maj 1986 redovisades resultaten från denna andra provdriftperiod. Baserat härpå erhöles i juni 1986 tillstånd för rutinmässig drift.

Härefter har drift pågått i normal omfattning. Erfarenheterna från driften har varit mycket goda och tom juni 1987 hade sammanlagt ca 500 ton använt bränsle och en mängd hårdkomponenter tagits emot. Även ur strålskyddssynpunkt har resultaten varit goda och dosen till personalen har uppgått till endast ca 25% av den under projekteringsstadiet beräknade. Parallellt med driften har förberedelser gjorts i anläggningen för mottagning av västtyskt sk MOX-bränsle. Detta bränsle, ca 24 ton, utgör en del i ett utbyte av använt bränsle mellan Sverige och Förbundsrepubliken Tyskland och avses transporteras till CLAB under perioden juli 1987 – mars 1988.

## 4 TRANSPORTSYSTEM

### 4.1 ALLMÄNT

I slutet av 1982 tog SKB i drift ett sjötransportsystem för använt bränsle och radioaktiva avfallsprodukter. Systemet består för närvarande av

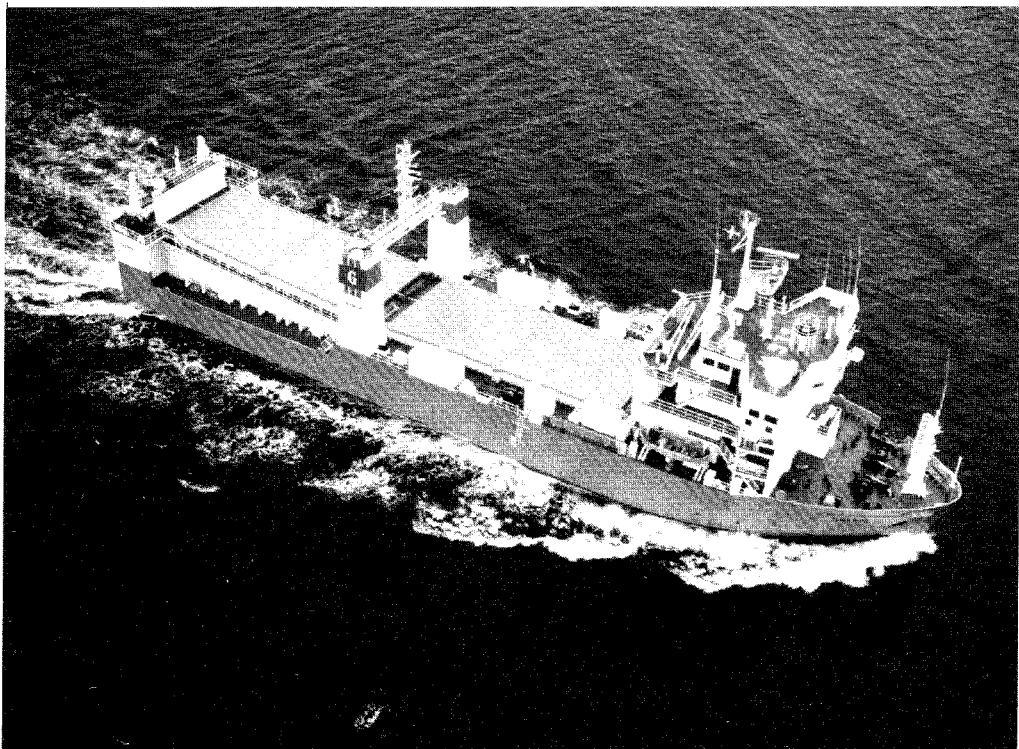
- 1 st specialkonstruerat ro-ro/lo-lo fartyg M/S Sigyn
- 10 st transportbehållare för använt bränsle (BTB)
- 2 st transportbehållare för använda hårdkomponenter
- 12 st lastbärare för transportbehållare
- 4 st specialfordon
- 4 st transportbehållare för avfall (ATB)

Efter de första årens transport av använt bränsle (57 ton) till La Hague i Frankrike har systemet sedan juli 1985 använts för transporter av använt bränsle från de svenska kärnkraftverken till CLAB i Oskarshamn. Fartygets drift sköts av Gotlandsbolaget. Med början i juli -87 kommer även transporter av sk MOX-bränsle att ske med fartyget från Lübeck i Västtyskland till CLAB i Oskarshamn. I systemet ingår för närvarande fyra transportbehållare för reaktoravfall. Dessutom pågår tillverkning av ytterligare 22 st transportbehållare (ATB) hos Kockums Verkstäder i Malmö, vilka levereras successivt under hösten 1987. Systemet har under året även kompletterats med ett specialfordon avsett huvudsakligen för transporter av avfall från Sigyn till SFR i Forsmark.

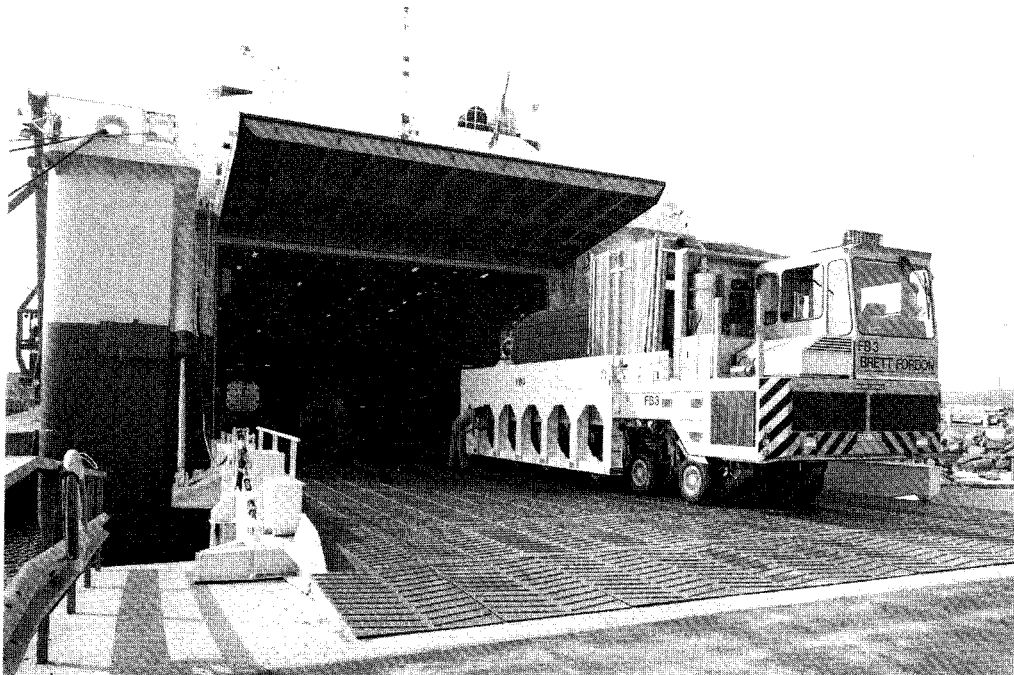
Fartyget kan lasta maximalt 10 st transportbehållare för antingen använt bränsle eller reaktoravfall.

Den totala investeringen i transportsystemet uppgår till ca 250 miljoner kronor.

Den årliga kostnaden är för närvarande ca 30 miljoner kronor, varav direkta driftkostnader för fartyget ca 10 miljoner kronor.



Figur 4-1. M/S Sigyn under gång.



Figur 4-2. Lastning av M/S Sigyn.

## 4.2 DRIFTERFARENHETER

Den fortsatta driften av transportsystemet har fungerat i stort sett utan störningar. Den stränga vintern 86/87 innebar dock att vissa omplaneringar av transporterna från Barsebäck fick göras, då issituationen där gjorde att Sigyn under en period inte kunde anlöpa kraftverkshamnen. Under driftåret har ett 15-tal sjötransporter med totalt ca 65 transportbehållare utförts. Besättningen ombord på M/S Sigyn har inte utsatts för någon mätbar radioaktiv strålning utöver den normala naturliga bakgrundsstrålningen. Värmeavgivningen samt ytdosraten från transportbehållarna har varit mycket låg jämfört med tillåtna värden.

En prototyp till ATB har färdigprovats och tillverkning av ytterligare 25 st behållare pågår. 3 st av dessa har under våren levererats med Sigyn till SFR i Forsmark för provdrift.

Ett fjärde specialfordon för SFR i Forsmark har tillverkats hos Scheuerle i Västtyskland. Fordonet har kombinerad diesel- och eldrift och har framgångsrikt testats i Tyskland. Leverans till Forsmark sker i juli -87 där provdriften fortsätter.

En sjötransportplan för transport av avfall till SFR har inlämnats till Sjöfartsverket för godkännande.

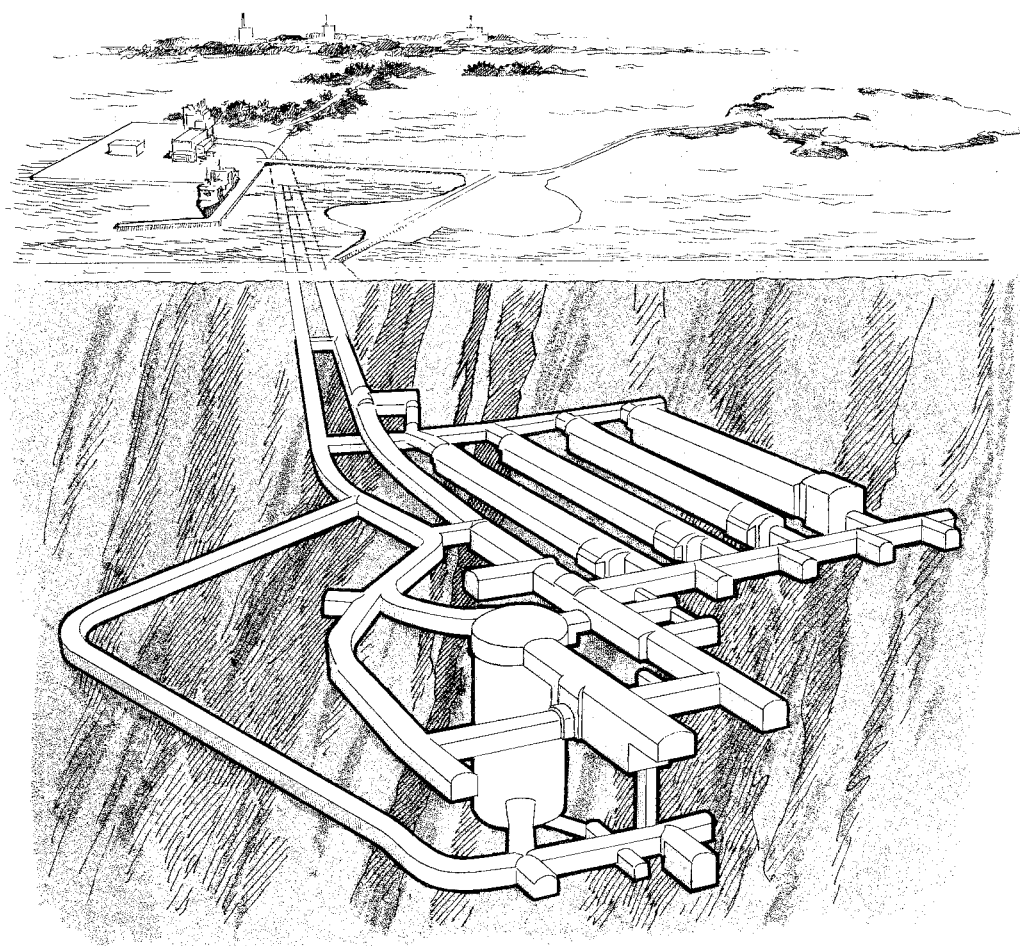
## 5 SLUTFÖRVAR FÖR REAKTORAVFALL – SFR

### 5.1 ALLMÄNT

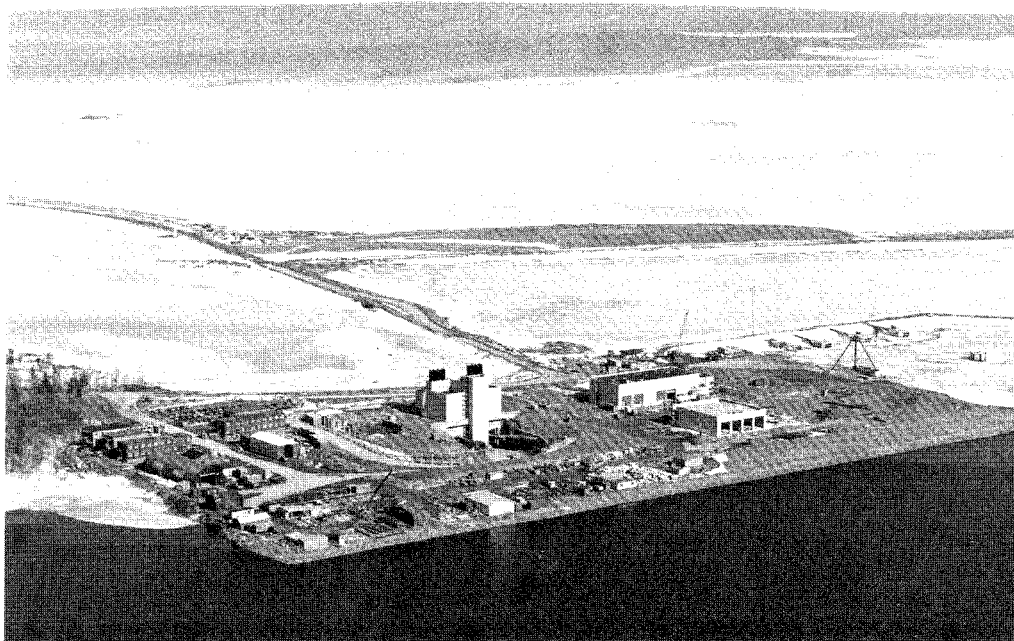
SKB bygger nu ett slutförvar för reaktoravfall, SFR, vid Forsmarks kärnkraftstation. Förvaringen skall ske i berggrum under Östersjön med en bergtäckning av 60 m från berggrummens tak till havsbotten. Två 1 kilometer långa tillfartstunnlar har byggts från hamnområdet i Forsmark. Den första byggnadsfasen inkluderar fyra 160 m långa berggrum och ett 70 m högt cylindriskt berggrum, en silo (Figur 5 – 1). I en framtida andra fas planeras ytterligare en silo tillsammans med ytterligare ett eller två långa berggrum.

Byggnadsarbetet påbörjades sommaren 1983 och idag har alla tunnlar och berggrum som ingår i den första fasen sprängts ut och för närvarande pågår avslutande byggnads- och montagearbeten. Efter installationen av hanteringsmaskiner och hjälpsystem planeras förvaret tas i drift vid början av 1988. Den andra fasen beräknas byggas inom 10 till 15 år.

Anläggningen visas från luften i figur 5 – 2.



Figur 5-1. Översikt av tunnlar och förvaringsrum i SFR (den första byggnadsetappen).



Figur 5-2. Flygbild över hamnområdet i Forsmark med SFR. I mitten tunnelnedfarten med ventilationsbyggnaden.

## 5.2 REAKTORAVFALL

Det avfall som skall deponeras i SFR kommer från driften av de 12 svenska kärnkraftreaktorerna och CLAB. Avfallet innehåller kortlivade radionuklider och klassificeras som låg- och medelaktivt radioaktivt avfall. En liten mängd liknande avfall från forsknings- och medicinsk verksamhet avses också deponeras i SFR. Den totala mängden avfall från det svenska programmet till och med år 2010 beräknas till ca 90 000 m<sup>3</sup>.

Allt avfall konditioneras vid kraftstationerna eller vid kärnforskningsstationen Studsvik. Jonbytarmassor ingjuts i antingen cement eller bitumen. Om så erfordras kan avfall från underhållsarbete också behandlas på detta sätt. Dessa kategorier klassificeras som medelaktivt avfall och kräver strålskydd under hantering och transport. Lågaktivt avfall behandlas på olika sätt och förpackas slutligen i standardtransportbehållare. Det totala aktivitetsinnehållet i SFR beräknas bli 3 x 10<sup>6</sup> GBq år 2010. Dominerande nuklider är Co-60 och Cs-137.

## 5.3 SÄKERHET

Det avfall som innehåller huvuddelen av aktiviteten deponeras i en betongsilo, som omges med en lerbarriär. Tillsammans med det låga grundvattenflödet som råder i berggrunden under havet ger dessa barriärer en hög säkerhet mot uttransport av radioaktiva ämnen.

Tillståndet för uppförandet av SFR baseras på en preliminär säkerhetsrapport. I denna rapport har migrationen av radionuklider beräknats med pessimistiska antaganden beträffande barriärfunktionerna. Den på så sätt konservativt beräknade dosen för mest utsatt individ var 3 x 10<sup>-6</sup> Sv/år.

En slutlig säkerhetsrapport kommer att färdigställas till drifttagningen av SFR. Den rapporten kommer att baseras på data från ett försöksprogram som utförs under bygnadsperioden inkluderande



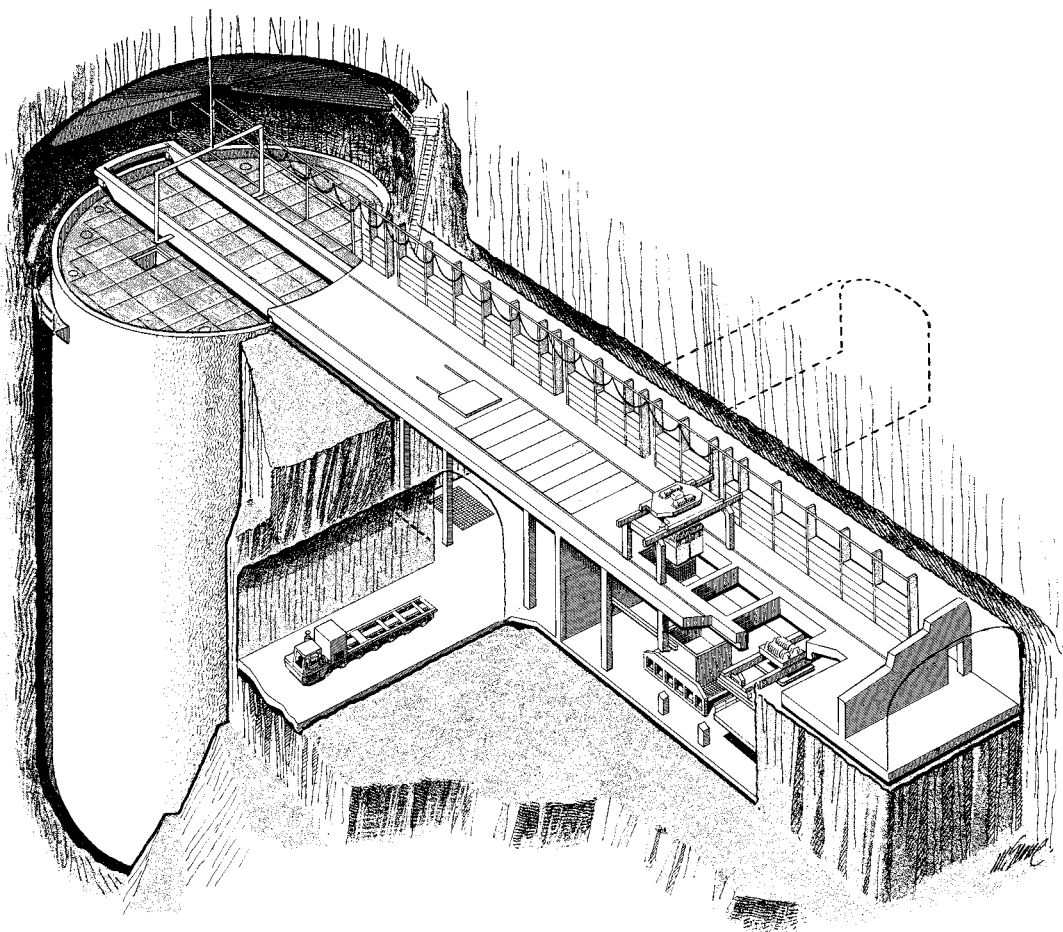
- Geologiska och hydrogeologiska undersökningar i förvarsområdet. Modeller för grundvattenflödet.
- Ytterligare provning av material till lerbarriären runt betongsilon.
- Undersökningar av processer som leder till gasproduktion samt prov av barriärmaterialets gasgenomsläpplighet.
- Beskrivning av de olika avfallstyper som kommer att deponeras i SFR.
- Studier av den kemiska miljön i förvaret och dess betydelse för migrationen av radionuklider.

De flesta av dessa undersökningar har färdigställts under år 1986. Resultaten sammanställs och utvärderas i en slutlig säkerhetsrapport som ligger till grund för ansökan om drifttillstånd.

## 5.4 KONSTRUKTION OCH UPPFÖRANDE

SKB har uppdragit åt Vattenfall att konstruera och uppföra SFR. På detta sätt har de resurser som byggts upp för uppförandet av Forsmarks Kraftstation – inte minst de personella – kunnat komma till användning. Tunnelarbetet startade i oktober 1983 och tunnlar-na nådde förvarsområdet i början av 1985. Alla tunnlar och berggrum i den första fasen (430 000 m<sup>3</sup>) hade sprängts ut i mars 1986.

I början av 1987 byggdes den 50 m höga betongsilon i det cylindriska berggrummet genom användning av sk glidformsteknik. Utrymmet mellan betongsilon och själva berggrunden fylldes efteråt med bentonit. Silons bottenplatta ligger på ett lager av bentonit blandad med sand. När silon är fylld med avfall kommer lerbarriären att fullbordas med ett bentonit/sandlager ovanpå.



Figur 5-3. Förvaringssilo med fjärrstyrd hantering av transporthållare.



Hantering av avfallet i ett siloförvar sker fjärrstyrt, se Figur 5-3. Ett elektriskt fordon kommer med en avfallsbehållare och positioneras under en hanteringsmaskin. Denna maskin för behållaren in i en tunnel ovanför avlastningsområdet. Behållarens lock avlägsnas med hjälp av en fjärrmanövrerad kran. Avfallskollina plockas sedan upp av hanteringsmaskinen och transporteras till silon. Efter att ha placerats på plats i ett av schakten i silon kringgöts avfallskollina med betong.

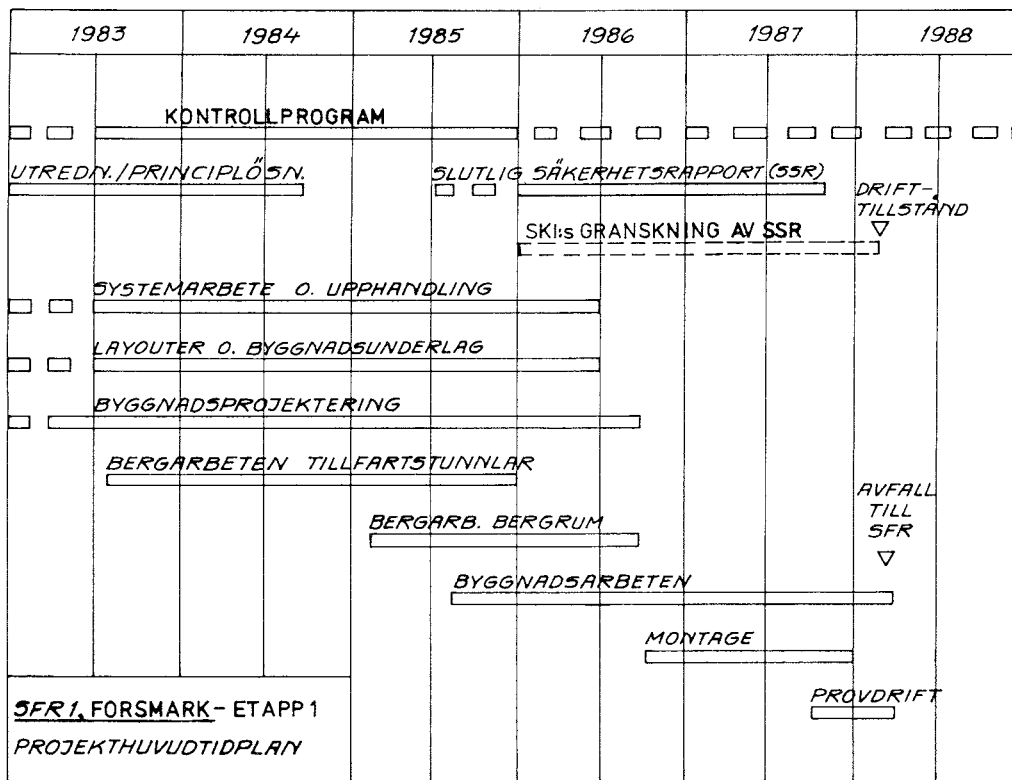
Samma typ av fjärrmanövrerad hantering kommer att användas i ett av de andra berggrummen. I övriga berggrum kommer konventionella gaffeltruckar att användas för hanteringen av avfall med låg dosrat på ytan.

Hanteringsmaskinerna är levererade och monterade. Terminalfordonen som ska transportera avfallsbehållarna har levererats till platsen. Under hösten 1987 genomförs systemprov och anläggningsprov inför idrifttagningen av SFR.

## 5.5 TIDPLAN OCH KOSTNADER

SFR avses tas i drift i början av 1988. Arbetet fortskrider i enlighet med denna planering, Figur 5-4.

Den totala kostnaden för den första uppförandefasen beräknades tidigare till 830 miljoner kronor i löpande priser. På grund av bl a något lägre kostnadsutveckling än förutsett väntas slutkostnaden nu bli omkring 740 miljoner kronor. Driftkostnaden uppskattas till ca 15 miljoner kronor per år.



Figur 5-4. Tidplan för SFR.

## 6 UPPARBETNING

Mellan OKG AB och det brittiska företaget British Nuclear Fuel plc (BNFL) finns ett avtal om upparbetning av 140 ton använt bränsle. Det använda bränslet under detta kontrakt har tidigare transporterats till Storbritannien. Något radioaktivt avfall från upparbetningen av denna mängd använt bränsle skall ej tas om hand i Sverige.

Mellan SKB och det franska företaget COGEMA finns avtal om upparbetning av använt bränsle från reaktorerna i Barsebäck, Ringhals och Forsmark. Upparbetningsavtalen med COGEMA är av två slag. Dels finns två mindre avtal – de sk 70-talsavtalen – om sammanlagt 57 ton använt bränsle från Ringhals respektive Barsebäck. Dels finns ett större avtal – det sk 80-talsavtalet – där ett antal kunder från Belgien, Frankrike, Japan, Nederländerna, Schweiz, Sverige och Västtyskland gemensamt finansierar en upparbetningsanläggning – UP3A i La Hague – som ägs och drivs av COGEMA. Proportionell skyldighet att betala kostnader respektive proportionell rättighet till kapacitet föreligger.

För COGEMA-avtalen gäller att avfall som motsvarar det svenska bränslet efter upparbetning senare (efter 1990) kan komma att återsändas till Sverige.

Sammanlagt föreligger upparbetningskontrakt för mindre än 10% av den mängd använt kärnbränsle som produceras inom ramen för det svenska programmet.

För den svenska situationen gör man den bedömningen att direktdeponering utan upparbetning för allt använt kärnbränsle är den mest rationella och kostnadsmässigt fördelaktiga vägen att gå. SKB avser därför att ej utnyttja upparbetningskontrakten med COGEMA och istället om möjligt finna andra kunder.

Som ett led i detta avvecklingsarbete har beträffande de sk 70talsavtalen i enlighet med vilka ca 57 ton använt kärnbränsle transporterats till La Hague en överenskommelse 1985 träffats mellan SKB och fyra västtyska kraftföretag. Överenskommelsen innebär, att de 57 ton använt kärnbränsle i La Hague byts mot ca 24 ton använt västtyskt MOX-bränsle som SKB skall ta hand om och mellan- och slutlagra i Sverige. USA gav sitt tillstånd till bytet i maj 86. Den svenska regeringen godkände i juni 1986. Efter bytet har de tidigare svenska 57 tonnen använt kärnbränsle i La Hague upparbetats (sept-okt 1986). Transporten av det västtyska använda MOX-bränslet till Sverige avses påbörjas i juli 1987.

Som ett annat led i avvecklingsarbetet har 178 av de 672 ton som det sk 80-talsavtalet med COGEMA omfattar 1985 kunnat överföras till ett japanskt kraftföretag.

Nu kvarstående upparbetningskontrakt är alltså förutom det gamla mellan OKG och BNFL om 140 ton ett sk 80-talskontrakt med COGEMA om nominellt 494 ton.

# 7 FORSKNING OCH UTVECKLING

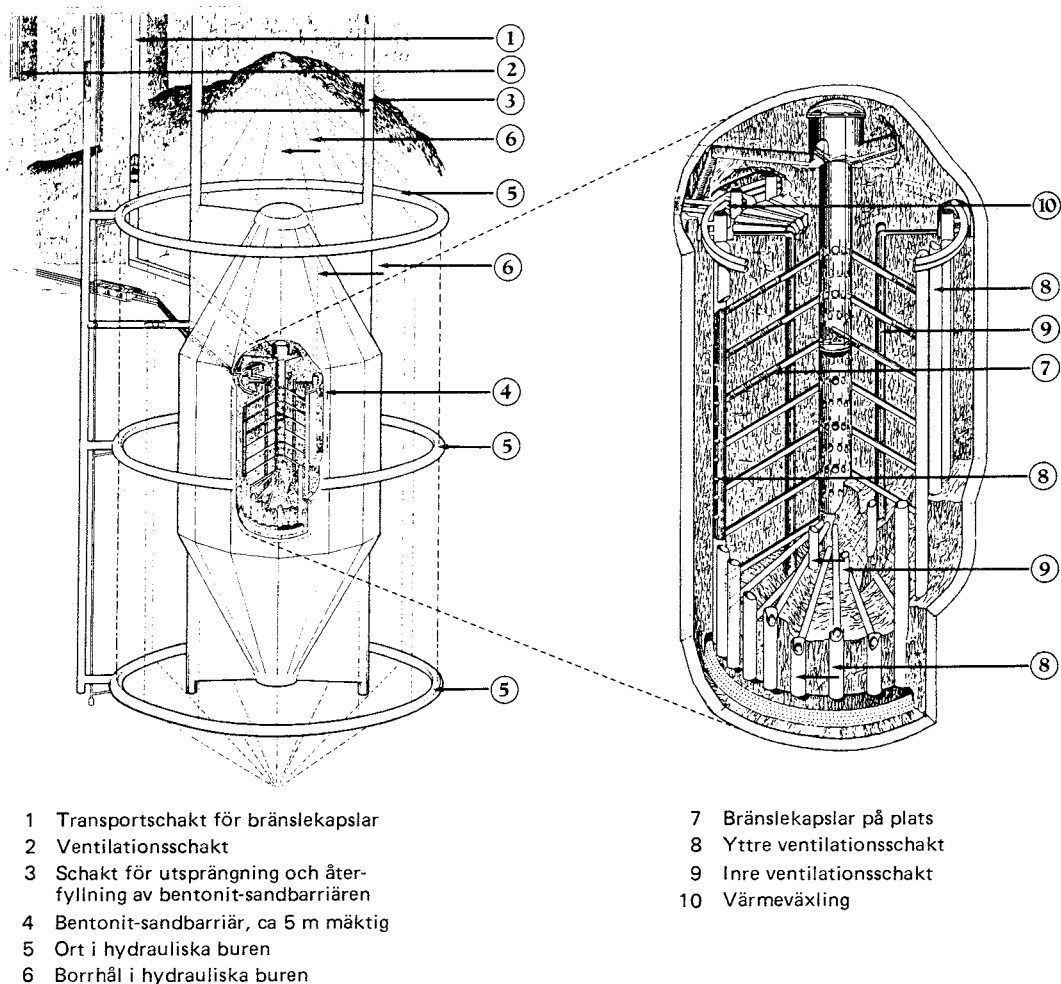
## 7.1 ALLMÄNT

De huvudsakliga forsknings- och utvecklingsaktiviteter som utförts under perioden ingår som delar i ett arbete som baseras på erfarenheterna från KBS-3 arbetet och de kommentarer som erhållits vid den omfattande remissbehandlingen av denna rapport. Vidare har många arbeten som presenterades i FoU-program-86 påbörjats bl a studier av alternativa koncept till KBS-3.

## 7.2 FORSKNINGSVVERKSAMHETEN

### 7.2.1 Tekniska barriärer, konstruktion och teknologi

Ett särskilt organiserat projekt för allsidig utvärdering av karakteristika för det sk WP-Cave konceptet har påbörjats. Detta koncept utvecklades ursprungligen av en grupp inom Boliden WP Contech AB. Arbeten härpå bekostades av SKN 1982–1985. Den utvärdering som SKB nu gör avses vara färdig 1988. Hittills har man koncentrerat sig på analys av förvarets långtidsegenskaper och på kostnadsbilden. Två storlekar har studerats – en kapacitet på 1 500 respektive 3 750 ton uran i använt kärnbränsle. Se Figur 7-1.



Figur 7-1. Sprängskiss av WP-Cave för ca 1500 ton uran. Bentonitsandbarriären är 300 m hög och har en diameter av 130 m.

En preliminär studie av möjligheten att deponera använt kärnbränsle i mycket djupa (flera kilometer) borrhål i kristallint berg har genomförts våren 1987. En fortsättning och fördjupning planeras under 1987-88.

Studier av använt kärnbränsle som avfall har fortsatt i enlighet med långtidsplaneringen. Dessa studier är viktiga i SKBs program. Experiment på PWR-bränsle har påbörjats.

Ett betydelsefullt projekt som påbörjades 1986 är ägnat åt utveckling av utrustning för elektronstrålesvetsning av tjocka metallkonstruktioner utan vakuum. Detta projekt sponsras av flera länder i Europa under EUREKA överenskommelsen. Det utföres och ledes av Welding Institute i Storbritannien. SKB deltar med ett begränsat bidrag. Resultaten kan bli av avgörande betydelse för teknologin att avtåta tjocka metallbehållare för använt kärnbränsle.

Studier av lokala korrosionsangrepp på koppar och kolstål har fortsatt respektive påbörjats. Kolstålstudierna görs vid Harwell i Storbritannien och avser huvudsakligen statistisk analys av tillväxt av punktangrepp.

Marin arkeologi har gett möjlighet att studera långtidskorrosion (300 år) i gränsytan mellan en bronskanon (med mycket hög halt, ca 96%, av koppar) och en glaciär lera. Kanonen (se Figur 7-2) har bärgats (1985) från regalskeppet KRONAN som sänktes utanför Öland den 1 juni 1676. I över 300 år har den legat begravd på 26 m djup i bottenleran. Denna består av illite, montmorillonite och bentonit. Mätningar har utförts av korrosionen på kanonen och av kopparhaltiga ämnen som migrerat ut i leran. Kopparhalten i bronset har minskat nära ytan och koppar har spårats i den omgivande leran upp till 4 cm från kanonens yta.

Forskning beträffande buffert och fyllnadsmaterial har fortsatt med tonvikten på olika typer av bentonit. Franska smektitrika leror utvärderas i ett försöksprogram i samarbete med CEA i Frankrike. Försök görs i Stripa och på laboratorier i Frankrike. En översikt över möjliga buffertmaterial i Sverige har gjorts.



*Figur 7-2. Bronskanon från regalskeppet Kronan på havsbotten före lyft. Leran har avlägsnats på ena sidan. Den övre mörkare delen av kanonen har ej varit täckt av lera.*

Prov avseende sättning av behållare och skjuveffekter härrörande från rörelser i berggrunden påbörjades 1986. Prov i Stripa avseende pluggning av schakt och borrhål samt tätning av tunnlar ingående i Fas 2 av Stripa-projektet slutfördes och rapporterades under 1986. Resultaten har till fullo bekräftat den använda tekniken där man använder sig av tät smektitlera.

### 7.2.2 Geovetenskap

Det geovetenskapliga programmet innefattar forskning och utveckling inom geologi, geofysik och geohydrologi. Det innehåller också utveckling av nya metoder, modeller och instrument för mätning och utvärdering. Forskningen organiseras till stor del i projekt som ger möjlighet till samverkan mellan specialiserade discipliner.

Ett stort projekt som påbörjades 1986 var planeringen av ett nytt berglaboratorium. Detta presenterades första gången i forsknings- och utvecklingsprogrammet 1986. Man planerar för närvarande att lägga detta laboratorium nära Oskarshamns kärnkraftstation där också CLAB ligger. Innan beslut kan tas måste emellertid resultaten från den geologiska förundersökningen avvaktas. Denna startades sent 1986 med luftburna geofysiska mätningar på omkring 800 km<sup>2</sup> yta omkring läget. Under våren 1987 genomfördes vidare vissa mark-geofysik-mätningar, geologisk kartering och en ingående planering av det fortsatta arbetet. Förundersökningen planeras klar hösten 1988.

Studiet av en sprickzon fortsatte vid Finnsjön.

Ett annat större projekt som påbörjats gäller berggrundens stabilitet. Studier av en postglacial rörelsezon vid Lansjärv i Norrbotten har påbörjats. Projektet omfattar olika geofysiska, geokemiska och seismologiska mätningar såväl som analys med bergmekaniska modeller. Sommaren 1987 inleddes borrhningar vid zonen.

Undersökningarna vid Klipperås har genomförts och huvuddelen av analys och rapportering är också klar. En sammanfattning av resultaten har tryckts och presenterats för berörda kommuner och närboende. För första gången har radarmätningar gjorts i borrhål vid en studie av detta slag.

I forskningsprogrammet för 1986 drogs den slutsatsen att framtida platsundersökningar skulle koncentreras på gnejs och granit och att ej några vidare undersökningar skulle göras på basiska bergarter (gabbro och liknande). På den sistnämnda punkten har SKN dock i sin granskning begärt kompletterande studier.

Inga undersökningar på nya platser planeras för den kommande treårsperioden. Istället koncentrerar man sig på kompletterande mätningar vid tidigare studerade platser.

### 7.2.3 Biosfären

Mätningarna i Klipperås av naturligt radioaktiva substanser i ytliga grundvatten, i jord och biomaterial har kompletterats.

Studien av naturlig åldring av en sjö fortsattes och huvuddelen av Fas 2 har klarställt. En tredje fas som syftar till upprättande av en modell för långtidsuppträdandet av radionuklider i ett sjöecosystem har påbörjats.

Olyckan i Tjernobyl förorsakade ett stort utsläpp av radionuklider i atmosfären. Dessa deponerades senare till viss del i Sverige genom sk fall-out. Två av de platser där SKB bedriver forskningsarbete (Finnsjön och Gideå) befinner sig i de områden som fått ganska hög fall-out. Ett program påbörjades sommaren 1986 och kommer att fortsättas med syfte att utvärdera möjligheterna att använda insamlade data för validering av modeller för radionuklidtransport i biosfären och i ytliga grundvatten.

### 7.2.4 Kemi

Forskningen på detta område spänner över ett stort antal delområden som grundvattenkemi, radionuklidkemi, modeller för nuklidtransport och validering av modeller med hjälp av naturliga analogistudier.

Mätningar och analyser av grundvatten, sprickmineral och isotoper vid Klipperås visar

mycket intressanta resultat av hög kvalitet. De bekräftar den allmänna bild av de geokemiska förhållandena på stort djup i granit som användes t ex KBS-3 studien.

Humus- och fulvussyror kan ha betydelse för radionuklidtransport i grundvatten. Sådana syror insamlas från grundvatten på stort djup, isoleras och renas för komplexexperiment. Experimenten utförs av en arbetsgrupp vid Universitetet i Linköping i samarbete med en grupp vid CEA i Frankrike.

#### 7.2.5 Säkerhetsanalys

En särskild samfunksgrupp (SFG) har bildats inom forskningsavdelningen. De huvudsakliga uppgifterna för denna grupp är att etablera en bas för jämförelse av olika alternativ med hänsyn till säkerhet, att följa de pågående arbetena på sådana alternativ och att ge råd beträffande säkerhetsanalysen, att jämföra olika alternativ för konstruktion och dess säkerhet, att ge impulser i prioriteringsfrågor, att utvärdera kunskapen om förvars säkerhet och att föreslå tillägg eller ändringar till forsknings- och utvecklingsprogrammet. Hittills har huvuddelen av arbetet inom denna grupp relaterats till WP-Cave studien.

Utvecklingen av den probabilistiska modellen PROPER fortsätter. SKB har deltagit i en särskild studie organiserad av OECD/NEA, Probabilistic Systems Assessment Code User Group. I denna studie deltar tio organisationer i sju länder.

### 7.3 INTERNATIONELLT SAMARBETE

Samarbete och utbyte av information på internationell eller bilateral bas utgör en väsentlig del av SKBs forsknings- och utvecklingsverksamhet.

Den internationella utvecklingen inom området har följts genom deltagande i ett antal konferenser, varvid också representanter för SKB eller dess konsulter, har hållit föredrag och presenterat rapporter. Representanter för SKB och experter anlitade av SKB har också deltagit i verksamhet inom IAEA och OECD/NEA.

SKB har bilaterala överensstämmelser om informationsutbyte med USDOE, AECL-Canada, Euratom, NAGRA-Switzerland och CEA-France. Ett informellt informationsutbyte sker också mellan SKB och forskningsorganisationer i Belgien, Finland, Japan, Spanien, Storbritannien och Västtyskland.

Under år 1986 har svenska specialister och konsulter för SKB arbetat i längre eller kortare perioder vid laboratorier i Frankrike (CEA, Fontenay aux Roses) och i USA (Battelle Memorial Institute). På samma sätt har utländska experter arbetat vid svenska forskningsinstitutioner inom ramen för SKBs forskningsprogram.

Arbetet i Stripa som har formen av ett multinationellt OECD/NEA-projekt som leds av SKB har fortgått i enlighet med gällande planering. Överenskommelse om att fortsätta arbetet i en ny femårsperiod, Fas 3, har träffats. Programmet för Fas 3 inkluderar en integrerad studie av en granitmassa 125 x 125 x 50 meter, vidare studier av kanaliserade flöden i granit med sprickor samt utveckling och prov av material för tätning av sprickor i kristallint berg. Arbetet med Fas 3 påbörjades hösten 1986 och avses pågå till 1991.

Fas 2 av Stripa-arbetet är i huvudsak avslutat och avrapporteringen beräknas vara klar under 1987. Viktiga resultat under denna fas har varit utveckling av borrhålsradar, seismiska mätningar mellan borrhål samt experiment med olika tätningsmetoder såväl i borrhål som schakt och tunnlar.

Under 1986 intensifierades också samarbetet med AECL i Kanada och man träffade en överenskommelse om deltagande från SKB i det sk URL-projektet i Whiteshell, Manitoba, för en fyraårs period. En svensk forskare har under våren 1987 deltagit i arbetet vid URL.

En slutlig Fas 5 av det sk JSS-projektet genomförs under 1986–87. I detta projekt deltar CRIEPI, Japan, NAGRA, Schweiz och SKB, Sverige. Försök utförs i Studsvik, Sverige och EIR Würenlingen, Schweiz. Arbete med utveckling av en modell som beskriver resultaten utförs också vid Hahn-Meitner-Institutet i Västberlin.

Ett nytt internationellt projekt påbörjades 1986, Poços de Caldas projektet. Deltagare är CNEN, Nuclebras och Rio de Janeirouniversitetet i Brasilien, UKDOE i Storbritannien, NAGRA i Schweiz och SKB i Sverige. Man avser studera naturliga analogier vid en

stor thorium-förekomst, Morro do Ferro, och vid urangruvan Osamu Utsumi. Båda ligger nära staden Poços de Caldas i Brasilien. USDOE har också anslutit sig till projektet under 1987. Programmet är på tre år och avser i huvudsak två områden

- utvärdering av transporter av naturliga radionuklider och sällsynta jordartsmetaller i kristallint berg med sprickor under såväl oxiderande som reducerande förhållanden. Detta avses utföras i urangruvan,
- studie av kolloidbildning och -rörlighet i naturliga grundvatten och betydelsen av kolloider för transport av radionuklider. Detta avses utföras i Morro do Ferro.

SKB deltar i det internationella HYDROCOIN-projektet. Detta samordnas av ett sekretariat som satts upp av Statens Kärnkraftsinspektion tillsammans med OECD/NEA. SKB har också deltagit i planeringen för ett följdprojekt, INTRAVAL, som påbörjas under senare delen av 1987.

## 8 KOSTNADSBERÄKNINGAR

### 8.1 PLAN-87

I enlighet med svensk lag skall alla kostnader för hantering och slutförvar av radioaktivt avfall inkluderande kostnaderna för rivning av kärnkraftstationerna bäras av ägarna till dessa stationer. För att säkerställa att tillräckliga medel skall finnas tillgängliga i framtiden skall ägarna betala en särskild avgift till Statens Kärnbränslenämnd. Avgiftens storlek uttryckt i öre per kilowattimme fastställs årligen av regeringen.

Basen för avgiften utgörs av en kostnadsberäkning som SKB utför och varje år per den 1 juli inlämnar till Statens Kärnbränslenämnd. Kärnbränslenämnden granskar sedan beräkningarna och ger ett förslag till avgift till regeringen som sedan senast i december fastställer avgiften för kommande år.

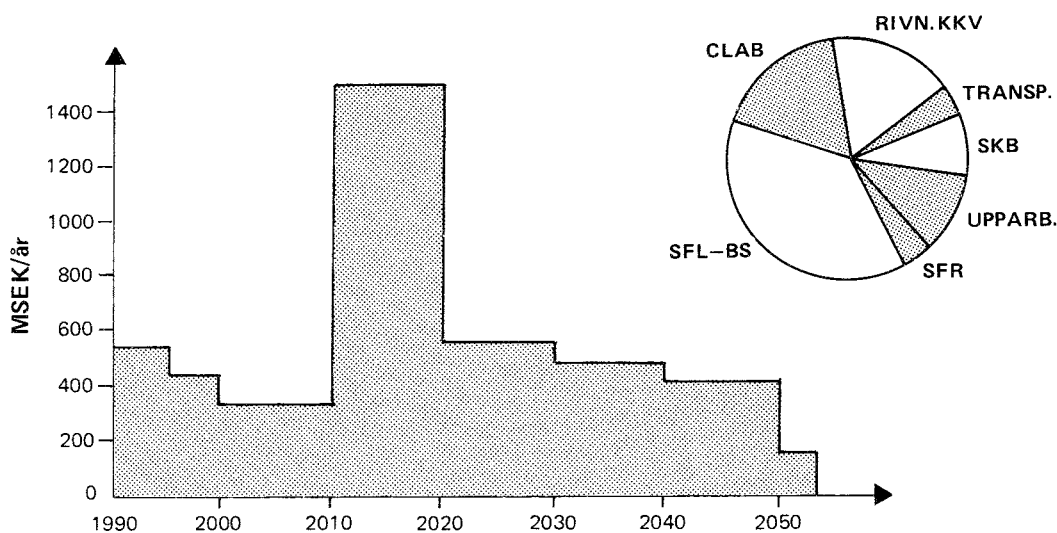
Kostnadsberäkningarna baseras på det hanteringssystem och det scenario som beskrivits i kapitel 1. Kostnadsberäkningarna inkluderar kostnaderna för byggande, drift och rivning av alla nödvändiga anläggningar och tillhörande utrustning. Dessa är:

- Transportsystem
- Mellanlager för använt kärnbränsle, CLAB
- Inkapslingsstation för använt kärnbränsle
- Anläggning för slutförvaring av använt kärnbränsle och annat långlivat avfall
- Anläggning för slutförvaring av reaktoravfall och rivningsavfall, SFR.

Vidare inkluderas kostnader för forskning och utveckling, för kvarvarande uppdragskontrakt, och för rivning av kärnkraftstationerna.

Enligt den senaste – 29 juni 1987 – till Kärnbränslenämnden inlämnade kostnadsbeskrivningen – Plan-87 – utgör de uppskattade framtida kostnaderna från och med 1988 i prisnivå januari 1987 approximativt 40 miljarder kronor. Till och med år 1987 beräknas ca 6 miljarder kronor ha disponerats. Den totala kostnaden för slutdelen av kärnbränslecykeln i Sverige är sålunda ca 46 miljarder kronor. Värdet av den nukleärt producerade elektriciteten är drygt 500 miljarder kronor.

De totala utgifterna kommer att bli utspridda över en period av mer än 70 år. Figur 8-1 visar en grov bild av kostnadsfördelningen i framtiden.



Figur 8-1. Framtida kostnader för hanteringen av det radioaktiva avfallet samt fördelningen på olika anläggningar.



Med uteslutande av uppberedningskostnaderna fördelar sig kostnaderna grovt enligt följande

Transporter	8%
Mellanlagring av använt kärnbränsle	20%
Inkapsling och slutförvaring av använt kärnbränsle och långlivat avfall	40%
Slutförvaring av reaktoravfall och avfall från rivning av kärnkraftstationer	4%
Rivning av kärnkraftstationer	19%
Diverse inkluderande forskning och utveckling, allmän försöksverksamhet	9%

Kostnadsberäkningarna har baserats på preliminär utformning av de olika anläggningarna. För detta arbete är också erfarenheterna från byggandet av CLAB och SFR av stor betydelse.

## 8.2 AVGIFT

Eftersom kostnaderna för de olika företagen inte är helt lika tillämpas från och med 1987 separata avgifter. I genomsnitt är avgiften 1,9 öre/kWh och uppdelat på kärnkraftverken

Barsebäck	2,2 öre/kWh
Ringhals	1,9 öre/kWh
Forsmark	1,9 öre/kWh
Oskarshamn	1,7 öre/kWh

Detta motsvarar en total kostnad för de svenska kärnkraftföretagen av approximativt 1,3 miljarder kronor per år. Avgiften inbetalas till Statens Kärnbränslenämnd och sätts in på konto i Riksbanken, ett för varje kraftföretag. De inbetalade avgifterna administreras av nämnden, som också utbetalar medel till SKB för användning inom området.

## 9 KÄRNBRÄNSLECYKELNS OCH SLUTSTEGENS KOSTNADER

Kostnaderna för försörjningen med kärnbränsle inträffar tidsmässigt i anslutning till motsvarande elproduktion. Naturligt uran köps 1 à 2 år innan motsvarande färdigt kärnbränsle sätts in i en reaktor. Detta kärnbränsle ger därefter elenergi under ca 5 år. Kostnader för försörjningen med råvaror och tjänster för kärnbränslet kan därmed relateras till motsvarande produktion av elektricitet.

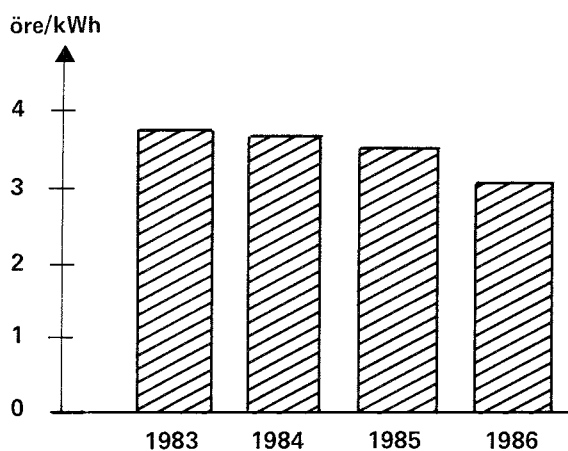
Kostnader för kärnbränsle varierar givetvis med kommersiella villkor i olika kontrakt och därmed också för olika kraftföretag. Under 1986 har kostnader för färdigt kärnbränsle i Sverige i medeltal uppgått till 3,1 öre/kWh.

Tabell 9-1 visar en uppdelning av kostnaderna per kilowattimme samt den totala kärnbränslekostnaden för 1986 års elproduktion med kärnkraft, som uppgick till 67 TWh.

Tabell 9-1. Kostnader för försörjning med kärnbränsle 1986.

	Öre per kilowattimme	Millioner kronor totalt
Natururan	1,1	740
Konvertering	0,1	70
Isotopanrikning	1,2	800
Bränsletillverkning	0,6	400
Beredskapslager	0,1	70
Total bränsleförsörjning	3,1	2 080

Under de senaste åren har kostnaderna sjunkit för färdigt kärnbränsle, vilket beror på att såväl uran som anrikningstjänster blivit billigare. God tillgång på uran från fyndigheter med relativt höga halter har lett till sjunkande priser, framför allt på den sk spot-marknaden för omedelbara köp. Konkurrens mellan leverantörer av anrikningstjänster från USA, Europa och Sovjetunionen har lett till en mera rationell drift av befintliga anläggningar samtidigt som ny teknik introduceras – och detta leder till lägre priser. Figur 9-1 visar utvecklingen av kostnaderna i medeltal för färdigt kärnbränsle till Sverige under de senaste åren.



Figur 9-1. Kostnader för färdigt kärnbränsle.

För slutstegen är kostnadernas fördelning i tiden annorlunda. Flera av de nödvändiga åtgärderna pågår visserligen, andra är i ett inledande skede, men slutförvaringen av högaktiva och långlivade avfall kommer ej att ske förrän långt (ca 40 år) efter det att motsvarande elproduktion förevarit.

Enligt den sk finansieringslagen skall, för att säkerställa att medel i framtiden kommer att finnas tillgängliga, kärnkraftproducenterna inbetala en avgift till den ansvariga myndigheten, Statens Kärnbränslenämnd. Denna avgift avser kostnaderna för slutdelen av kärnbränslecykeln inklusive rivningskostnader för avställda anläggningar och fastställs årligen av regeringen. Basen härför utgörs av de årliga kostnadsberäkningar som utförs av SKB och inges till Kärnbränslenämnden. Avgiften är för år 1987 i genomsnitt oförändrad, 1,9 öre per kärnkraftgenererad kWh, men har differentierats för de olika kärnkraftstationerna (se avsnitt 8.2).

Kostnaderna för låg- och medelaktivt sk reaktoravfall som väsentligen uppstår under produktionsperioden för motsvarande kärnkraft faller utanför finansieringslagen och täcks genom interna avsättningar av kärnkraftproducenterna. För närvarande avsätts 0,1 öre per kärnkraftgenererad kWh.

Den totala kostnadsbilden för kärnbränslet inklusive rivning blir då för år 1986

– Försörjning inklusive beredskapslager	3,1 öre/kWhe
– Slutsteg inklusive rivning 1,9 + 0,1	<u>2,0 öre/kWhe</u>
Summa	5,1 öre/kWhe

Av detta utgör kostnader för rivning ca 0,4 öre/kWh.

Sammanlagt har Kärnbränslenämnden till och med 1986 tillförts 7 702 miljoner kronor varav drygt 860 miljoner kronor utgör räntor. Under samma tid har till ersättningar m m åtgått 4 632 miljoner kronor, varför behållningen vid årsskiftet 1986–87 utgjorde 3 070 miljoner kronor.

## 10 UPPDRAGSVERKSAMHET

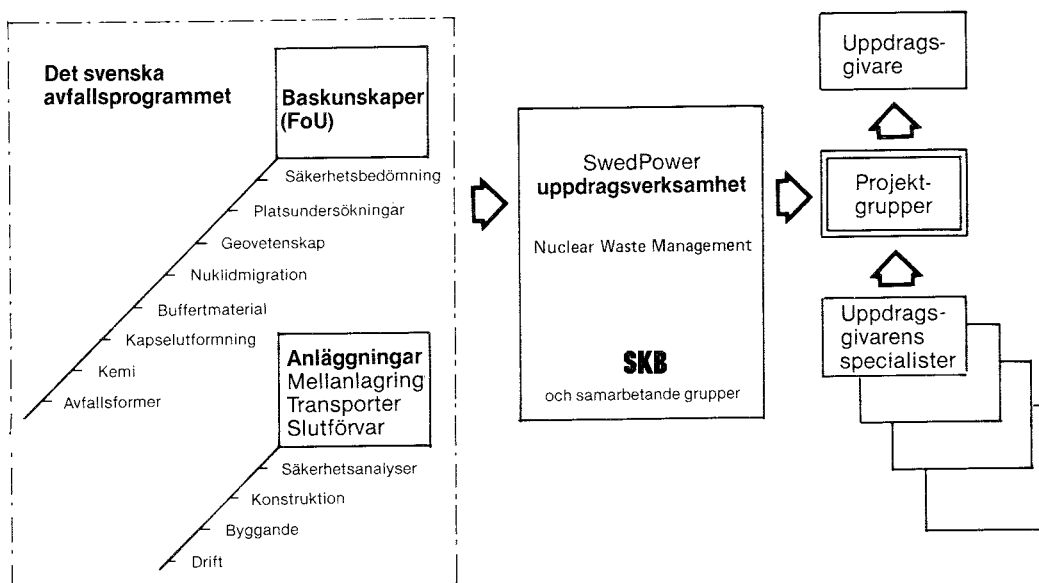
Erfarenheter och know-how vunna i arbetet med det svenska programmet för hantering av kärnavfall under SKBs ledning är tillgängliga internationellt på uppdragsbas. Uppdragsverksamhet är emellertid ej någonting som SKB arbetar direkt med. Istället marknadsförs och samordnas uppdragsverksamheten av SwedPower som har samma huvudägare som SKB och marknadsför erfarenheter och know-how inom hela energiområdet. Den grundläggande affärsidén är att kommersiellt erbjuda erfarenheter och know-how från den svenska kraftindustrin. Ansvaret gentemot kunden vilar hos SwedPower som kontraktsslutande part, organisationsprincipen visas i Figur 10-1.

För varje uppdrag tillsätts en projektgrupp med en projektledare. Det är vanligen fördelaktigt att kunden låter egen personal (specialister) ingå i projektgrupperna.

Bland viktigare uppdrag kan nämnas:

- en ettårig studie beträffande strategien för omhändertagande av radioaktivt avfall i Taiwan,
- utredningsuppdrag gällande geovetenskapliga platsundersökningar i kristallint berg för slutförvaring av högaktivt avfall för Battelle, USA.

Dessutom geovetenskapliga borrhålmätningar för TVO i Finland, NAGRA i Schweiz samt för AECL i Kanada.



Figur 10-1. Organisation av uppdragsverksamheten.

# 11 INFORMATION

## 11.1 ALLMÄNT

Det svenska systemet för hantering och deponering av kärnkraftavfall har planerats och konstruerats för att tillgodose höga krav med hänsyn till säkerhet och omgivningspåverkan. Det bygger på användning av känd teknik och det är utformat så att ingen ekonomisk eller annan börda ålägges kommande generationer.

Information till allmänheten är en integrerad och utomordentligt viktig del av det totala avfallsprogrammet. SKBs målsättning är att öppet redovisa och aktivt sprida information om företagets verksamhet, både på det lokala planet i samband med till exempel specifika bergundersökningar och på riksnivå när det gäller övergripande frågor.

Syftet med informationsarbetet är att ge berörda medborgare möjlighet att själva bilda sig en uppfattning om avfallsfrågorna och kvaliteten på lösningarna.

## 11.2 SKBs INFORMATIONSVERKSAMHET

Ända sedan forsknings- och utvecklingsverksamheten 1977 inleddes inom SKB har allmänheten informerats om arbetet. Sedan 1985 arbetar en särskild informationsavdelning med den allmänna informationen om SKB och håller fortlöpande kontakter med massmedier och samhälle. Sedan 1986 finns också SKB-nytt som regelbundet informerar, inte bara anställda, utan även den stora krets vetenskapsmän, forskare och konsulter som arbetar för SKB.

En stor informationshändelse det senaste året var presentationen av SKBs forsknings- och utvecklingsprogram. I samband därmed ordnades både journalistseminarier och parallella presskonferenser på några platser i landet. Som ett led i en fortlöpande bakgrundsinformation till massmedierna har också en serie seminarier arrangerats för olika journalistgrupper under slutskedet av byggnadsarbetet vid SFR utanför Forsmark.

En enstaka men i medierna bevakad händelse var de besök i SFR och CLAB som ett antal amerikanska senatorer gjorde under våren 1987.

Under perioden 1/7 1986 – 1/7 1987 har flera offentliga informationsmöten avhållits i kommuner där SKB bedriver forskningsverksamhet. I dessa möten har oftast VD och forskningschefen deltagit och de har bevakats i press, radio och TV.

Ett stort antal besökare, därav många från utlandet, har mottagits vid SKBs olika anläggningar (CLAB, SFR, Stripa och Sigyn).

Några nya broschyrer, filmer och annat informationsmaterial har producerats under året. Tillgängligt material listas nedan.

## 11.3 BROSCHYRER

* SKB Verksamheten	på svenska och engelska
* Om kärnbränsleförsörjning	på svenska
* Slutförvar för reaktoravfall – SFR	på svenska och engelska
* Centralt mellanlager för använt kärnbränsle – CLAB	på svenska och engelska
* M/S Sigyn	på svenska och engelska
* Transporter av radioaktivt avfall	på svenska och engelska
* Stripa – en gruva för forskning	på svenska och engelska
* Forskning om kärnkraftavfallet	på svenska
* Berggrundsundersökningar	på svenska
* Mobilt laboratorium	på svenska
* Data om kärnkraft och avfall	på svenska, engelska, tyska och franska

## **11.4 FILMER**

- \* Bergsäker forskning svensk version
- \* Slutförvar i Forsmark svensk, engelsk och tysk version
- \* CLAB in Action svensk, engelsk och fransk version

## **11.5 VIDEOKASSETTER**

- \* Bergsäker forskning svensk och engelsk version
- \* Slutförvar i Forsmark svensk, engelsk och tysk version
- \* CLAB in Action engelsk version
- \* Det använda kärnbränslets väg svensk och engelsk version