



**SKB**

---

**KÄRNKRAFTENS  
SLUTSTEG**

---

**PLAN 87**

# **Kostnader för kärnkraftens radioaktiva restprodukter**

Juni 1987



# **Kostnader för kärnkraftens radioaktiva restprodukter**

**Juni 1987**

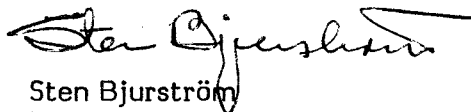
## FÖRORD

Enligt "lag om finansiering av framtida utgifter för använt kärnbränsle m m" (1981:669 med ändring 1984:5) åligger det reaktorinnehavarna att upprätta en beräkning över kostnaderna för samtliga de åtgärder som behövs för att omhänderta i reaktorerna använt kärnbränsle och radioaktivt avfall som härrör från detta samt avveckla och riva reaktorläggningarna. Kostnadsredovisningen skall årligen insändas till regeringen eller den myndighet som regeringen bestämmer. SKB upprättar på uppdrag av kraftföretagen denna kostnadsberäkning.

Föreliggande rapport, som är den sjätte årliga redovisningen, ger en uppdaterad sammanställning av erforderliga kostnader.

Stockholm i juni 1987

Svensk Kärnbränslehantering AB



Sten Bjurström  
VD

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

### SAMMANFATTNING

	<u>Sid</u>
<b>1. FÖRUTSÄTTNINGAR</b>	1
1.1 ALLMÄNT	1
1.2 ENERGIPRODUKTION OCH AVFALLS- MÄNGDER	2
1.3 PRINCIPER FÖR AVFALLSHANTERINGS- SYSTEMET	3
<b>2. ANLÄGGNINGAR OCH SYSTEM</b>	4
2.1 ALLMÄNT	4
2.2 FORSKNING OCH UTVECKLING	5
2.3 TRANSPORTSYSTEM	6
2.4 CENTRALT LAGER FÖR ANVÄNT BRÄNSLE, CLAB	8
2.5 BEHANDLINGSSTATION FÖR ANVÄNT BRÄNSLE, BS	10
2.6 SLUTFÖRVAR FÖR LÅNGLIVAT AVFALL, SFL	11
2.7 SLUTFÖRVAR FÖR REAKTORAVFALL, SFR	14
2.8 RIVNING AV KÄRNKRAFTVERK	15
<b>3. KOSTNADER</b>	17
3.1 ALLMÄNT	17
3.2 BERÄKNINGSMETOD	17
3.3 REDOVISNING AV FRAMTIDA KOSTNADER	18
3.4 TIDIGARE NEDLAGDA KOSTNADER	21
3.5 MARGINALKOSTNADER	22
<b>REFERENSER</b>	23
Bilaga 1	Använt bränsle och radioaktivt avfall i Sverige

## SAMMANFATTNING

Kärnkraftföretagen är ansvariga för att vidta de åtgärder som behövs, för att på ett säkert sätt hantera och slutförvara använt kärnbränsle och radioaktivt avfall från de svenska kärnreaktorerna. De viktigaste åtgärderna är att planera, bygga och driva de anläggningar och system som erfordras. Kraftföretagen har givit SKB i uppgift att genomföra detta arbete.

I denna rapport presenteras en beräkning över kostnaderna för att genomföra samtliga dessa åtgärder. Beräkningarna baseras på den plan för hantering och slutförvaring av de radioaktiva restprodukterna, som utarbetats av SKB och som beskrivs i rapporten.

Då slutlagringen av det högaktiva (långlivade) avfallet skall påbörjas först en bit in på 2000-talet kan den fortsatta FoU-verksamheten visa på nya metoder, vilka kan påverka såväl systemutformning som kostnader. Detta bedöms totalt sett leda till förenklingar i utförandet.

De anläggningar och system som är i drift eller under byggnad är:

- Transportsystem för radioaktiva restprodukter.
- Centralt mellanlager för använt bränsle, CLAB.
- Slutförvar för reaktoravfall, SFR 1.

Senare planeras även:

- Behandlingsstation för använt kärnbränsle.
- Slutförvar för långlivat avfall.
- Slutförvar för rivningsavfall.

I kostnadsberäkningarna ingår även kostnader för forskning och utveckling samt för att avveckla och riva reaktoranläggningarna m m.

De totala framtida kostnaderna för det svenska avfallssystemet från och med 1988 har beräknats bli 39,5 miljarder kronor i prisnivå januari 1987. Dessa kostnader utfaller under ca 60 år. Till och med 1987 har 6,1 miljarder kronor i löpande penningvärde lagts ned.

## FÖRKORTNINGAR

BS	behandlingsstation för använt bränsle och hårdkomponenter
BWR	kokarreaktor (ASEA-ATOM)
CLAB	centralt mellanlager för använt bränsle
GA	gemensamma anläggningar
GD	gemensamma delar
KKV	kärnkraftverk
PWR	tryckvattenreaktor (Westinghouse)
SFL	slutförvar för långlivat avfall
SFL 2	- för använt bränsle
SFL 3	- för långlivat avfall från Studsvik samt visst driftavfall från CLAB (fr o m 2012) och behandlingsstation
SFL 4	- för rivningsavfall från mellanlager och behandlingsstation
SFL 5	- för hårdkomponenter m fl aktiva metalldelar
SFR 1	slutförvar för låg- och medelaktivt avfall
SFR 3	slutförvar för rivningsavfall från kärnkraftverken
SKI	statens kärnkraftinspektion
SKN	statens kärnbränslenämnd
SSI	statens strålskyddsinstitut

## 1. FÖRUTSÄTTNINGAR

### 1.1 ALLMÄNT

SKB upprättar varje år på uppdrag av kärnkraftföretagen en beräkning över kostnaderna för samtliga åtgärder, som behövs för att omhänderta använt kärnbränsle och radioaktivt avfall från de svenska kärnreaktorerna. Beräkningarna baseras på ett scenario för energiproduktion, avfallsmängder och erforderliga åtgärder, som presenteras i denna rapport. Kostnadsberäkningen redovisas till statens kärnbränslenämnd (SKN) och används som underlag för beräkning av den avgift för omhändertagande av kärnkraftens radioaktiva restprodukter, som uttas på kärnkraft-producerad el.

Förutsättningarna för kostnadsberäkningarna har valts, så att de framtida kostnaderna inte skall underskattas. Sälunda har det presenterade avfallshanteringssystemet baserats på KBS-3-metoden (ref. 1), vilken granskats i samband med laddningsansökan för Forsmark 3 och Oskarshamn 3 och befunnits uppfylla högt ställda krav vad gäller säkerhet och strålskydd.

Genom fortsatt forskning och utveckling inom avfallsområdet är det troligt att förenklingar kan införas i slutförvarssystemet. Övrig teknisk utveckling verkar också i samma riktning. I kostnadsberäkningarna tas inte hänsyn till dessa faktorer.

Anläggningar, för vilka beslut om lokalisering ännu ej fattats, har i kostnadsberäkningen antagits bli placerade i Norrlands inland. En placering i Syd- eller Mellansverige skulle ge lägre kostnader.

Lager och transportsystem är dimensionerade för att ta hand om allt använt bränsle och radioaktivt avfall, som kommer från tolv kärnkraftblock, som drivs till år 2010. Detta antagande ger den största omfattningen av systemet och innehåller marginaler för förändringar i tillgänglighet och drifttid för reaktorerna.

Finansieringslagen behandlar endast de kostnader, som är hänförliga till omhändertagande av använt kärnbränsle och avfall som härrör från detta, samt till avveckling och rivning av reaktoranläggningarna. I SKBs plan för avfallshantering har utrymme även beretts för driftavfallet från kärnkraftverken, samt för övrigt radioaktivt avfall, som erhålls i Sverige, främst från Studsvik. Det senare utgör endast några få procent av den totala avfallsvolymen.

## 1.2 ENERGIPRODUKTION OCH AVFALLSMÄNGDER

Energiproduktionen i de svenska kärnkraftverken var under 1986 totalt 67 TWh, vilket motsvarar en energiutnyttjningsfaktor på 79 %. Vid beräkning av förväntad framtida energiproduktion används utnyttjningsfaktorerna 78 % för BWR resp 73 % för PWR. Detta är en ökning i jämförelse med föregående års rapport. De verkliga utnyttjningsfaktorerna förväntas emellertid liksom de senaste åren komma att ligga ännu högre. De angivna värdena har valts för att ta hänsyn till eventuella störningar i framtiden. Samma värden används för övrigt vid planering av framtida utbyggnader av kraftproduktion (ref. 2).

Elproduktionen i kärnkraftverken har bedömts bli totalt 1 960 TWh fram till år 2010. I jämförelse med föregående års redovisning har bränslets utbränning höjts, vilket gör att bränslemängden som åtgår för denna elproduktion är oförändrat ca 7 800 ton uran, varav 6 000 ton uran från BWR-reaktorer och 1 800 ton uran från PWR-reaktorer. En sammanställning över elproduktion och bränsleförbrukning i de olika reaktorblocken ges i Tabell 1.1.

Huvuddelen av det använda bränslet kommer att mellanlagras i CLAB i ca 40 år och därefter direktdeponeras. Endast 140 ton uran planeras bli upparbetat hos BNFL, varifrån inget avfall återsänds. Ingen upparbetning planeras ske av svenskt bränsle hos Cogema. Ekonomiska förpliktelser kvarstår dock och ingår i denna kalkyl.

Tabell 1.1 Elproduktion och bränsleförbrukning för de svenska kärnkraftverken

Reaktor och datum för kommersiell drift	Termisk effekt MW	Nettoeffekt MW	Energiproduktion TWh			Uranförbrukning ton U	
			t o m 1986	per år fr o m 1987	Totalt	Uttaget t o m 1986	Totalt
B1 75-07-01	1800	595	42.205	4.07	140	177	598
B2 77-07-01	1800	595	38.334	4.07	136	165	584
R1 76-01-01	2270	750	45.860	5.13	169	158	709
R2 75-05-01	2432	800	48.741	5.12	172	140	608
R3 81-09-09	2775	915	25.069	5.86	166	69	594
R4 83-11-21	2775	915	20.371	5.86	161	57	578
O1 72-02-06	1375	440	39.130	3.01	111	168	519
O2 74-12-15	1800	595	46.276	4.07	144	183	606
O3 85-08-15	3020	1050	12.226	7.18	185	1	700
F1 80-12-10	2928	972	39.091	6.65	199	132	817
F2 81-07-07	2928	972	33.712	6.65	193	99	775
F3 85-08-22	3020	1050	12.227	7.18	185	1	700
BWR	20941	7019	309.061	47.99	1461	1084	6007
PWR	7982	2630	94.181	16.83	498	266	1781
Samtliga	28923	9649	403.242	64.82	1959	1350	7788

Utnyttjningsfaktor för BWR = 0.78

Utnyttjningsfaktor för PWR = 0.73

Utbränningsgrad för BWR: 1987-90 33 MWd/kgU Efter 1990 38 MWd/kgU

Utbränningsgrad för PWR: 1987-90 38 MWd/kgU Efter 1990 41 MWd/kgU



Utöver det bränsle som anges i Tabell 1.1 kommer 24 ton västtyskt Mox-bränsle samt ca 20 ton bränsle från Ågesta och R1-reaktorn att tas om hand. Det västtyska bränslet ersätter 57 ton svenskt bränsle, som tidigare levererats till Cogema.

Utöver använt bränsle ger det svenska kärnkraftprogrammet upphov till låg- och medelaktivt driftavfall från kärnkraftverken, CLAB och behandlingsstationen för använt bränsle, samt, när anläggningarna rivs, rivningsavfall. I Tabell 1.2 sammanfattas beräknade avfallsmängder. De redovisas i detalj i Bilaga 1. Aktivitetsinnehållet i de olika avfallstyperna är mycket olika. Kravet på hantering och slutförvaring blir därför beroende av avfallstyp.

### 1.3 PRINCIPER FÖR AVFALLSHANTERINGSSYSTEMET

Som grund för tidplanen för det svenska avfallshanterings-systemet och för utformningen av anläggningarna har i denna rapport antagits att:

- Kortlivat avfall skall deponeras snarast efter att det erhålls.
- Använt bränsle mellanlagras i ca 40 år innan det placeras i slutförvar. Därigenom begränsas värmeutvecklingen i slutförvaret.
- Övrigt långlivat avfall deponeras i anslutning till slutdeponeringen av använt bränsle.

Dessa förutsättningar utgör även planeringsgrund för forsknings- och utvecklingsverksamheten. Förutsättningarna kan komma att modifieras i framtiden, dels med hänsyn till resultaten av det fortsatta FoU-arbetet, dels som följd av framtida politiska beslut. Studier har visat att en betydande flexibilitet finns i systemet (ref. 3).

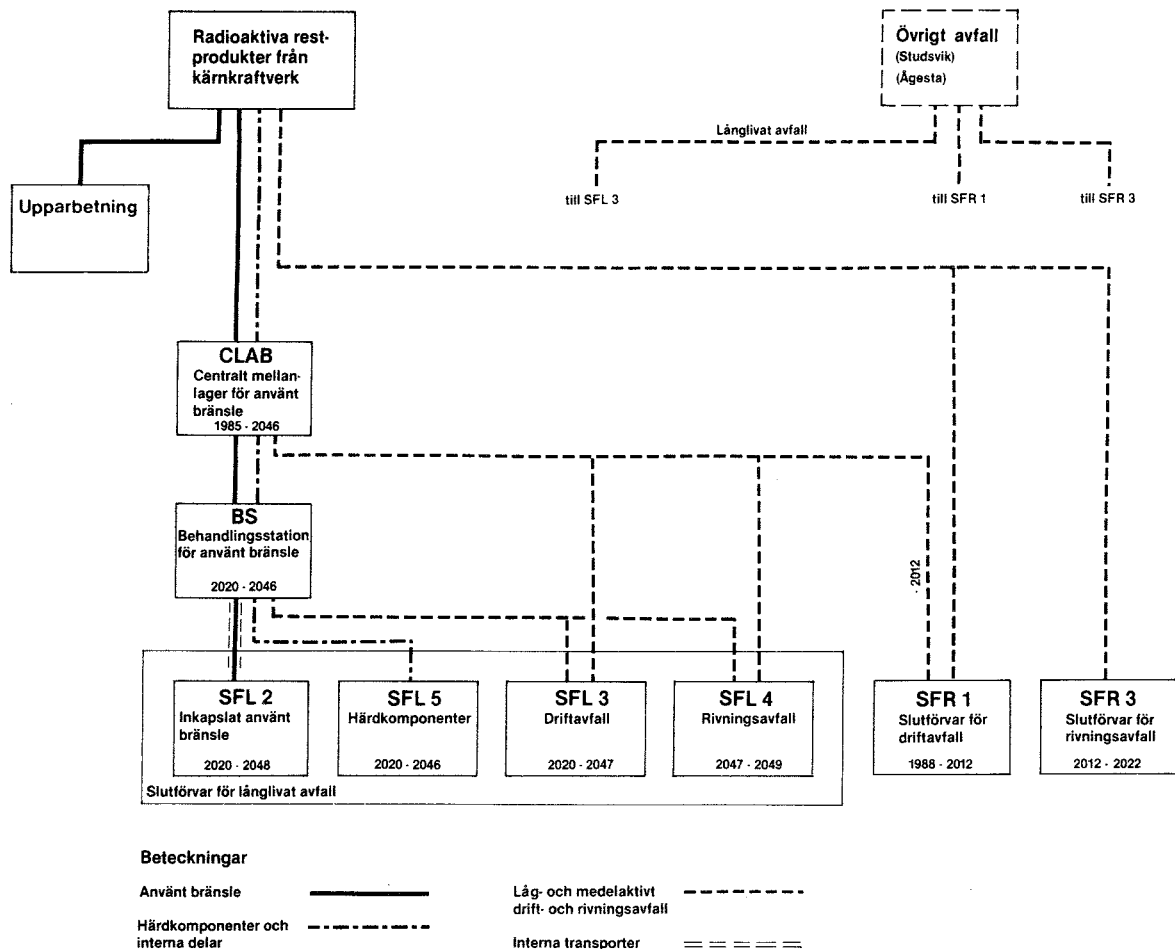
Tabell 1.2 Huvudtyper av radioaktiva restprodukter att deponera

Produkt	Huvudsakligt ursprung	Enhet	Antal enheter	Volym i slutlager m <sup>3</sup>
Använt bränsle		kapslar	5 600	12 100
Alfa-kontaminerat avfall	Låg- och medelaktivt avfall från Studsvik	fat	18 000	6 000
Härdkomponenter	Reaktordelar	kokiller	2 300	19 400
Låg- och medelaktivt avfall	Driftavfall från kärnkraftverk och behandlingsanläggningar	fat och kokiller	102 700	95 000
Rivningsavfall	Från rivning av kärnkraftverk och behandlingsanläggningar	10-20 m <sup>3</sup> behållare	5 600	113 000
Total mängd ca			134 000	246 000

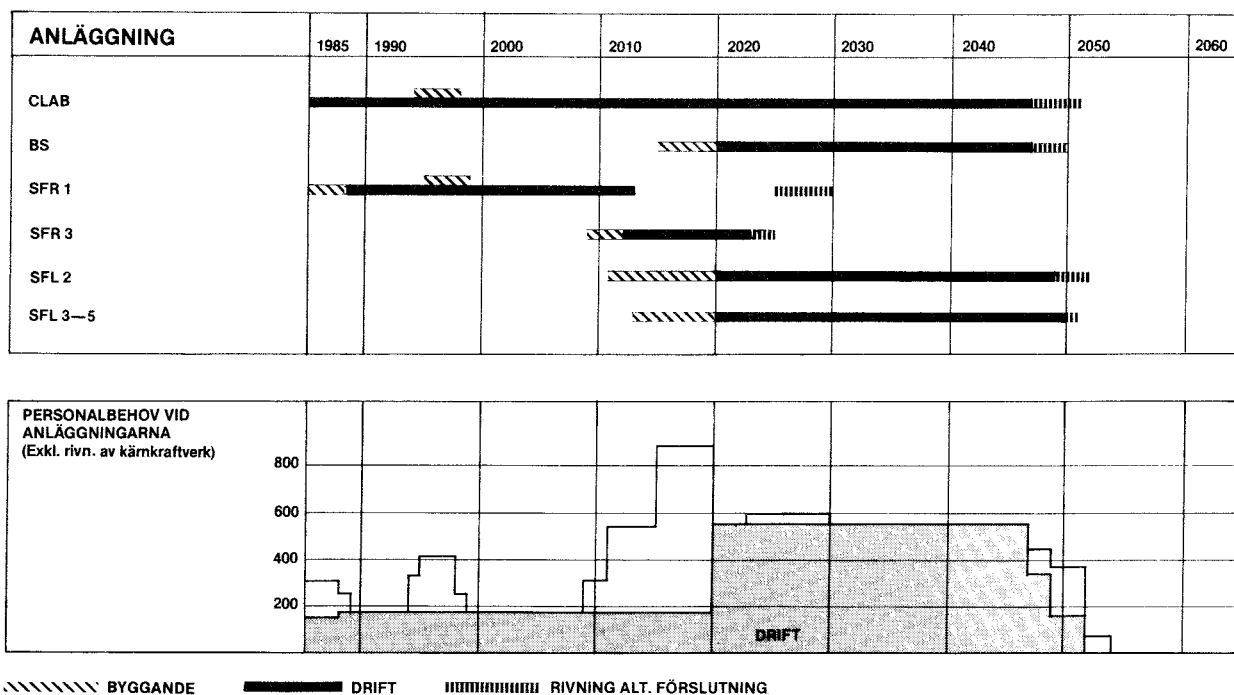
## 2. ANLÄGGNINGAR OCH SYSTEM

### 2.1 ALLMÄNT

För att hantera och lagra de radioaktiva restprodukterna i Sverige behöver ett flertal anläggningar projekteras, byggas och drivas. Som underlag för kostnadsberäkningarna har en plan för avfallshanteringen upprättats. I detta kapitel redovisas översiktligt de anläggningar, system och övriga åtgärder som ingår i denna plan. Deras funktion och utformning beskrivs kortfattat. En mera detaljerad beskrivning återfinns i bilagedelen till PLAN 86 (ref. 4)



Figur 2.1 Plan över hanteringen av kärnkraftens radioaktiva restprodukter



Figur 2.2 Anläggningar för omhändertagande av kärnkraftens restprodukter. Tid- och resursplan

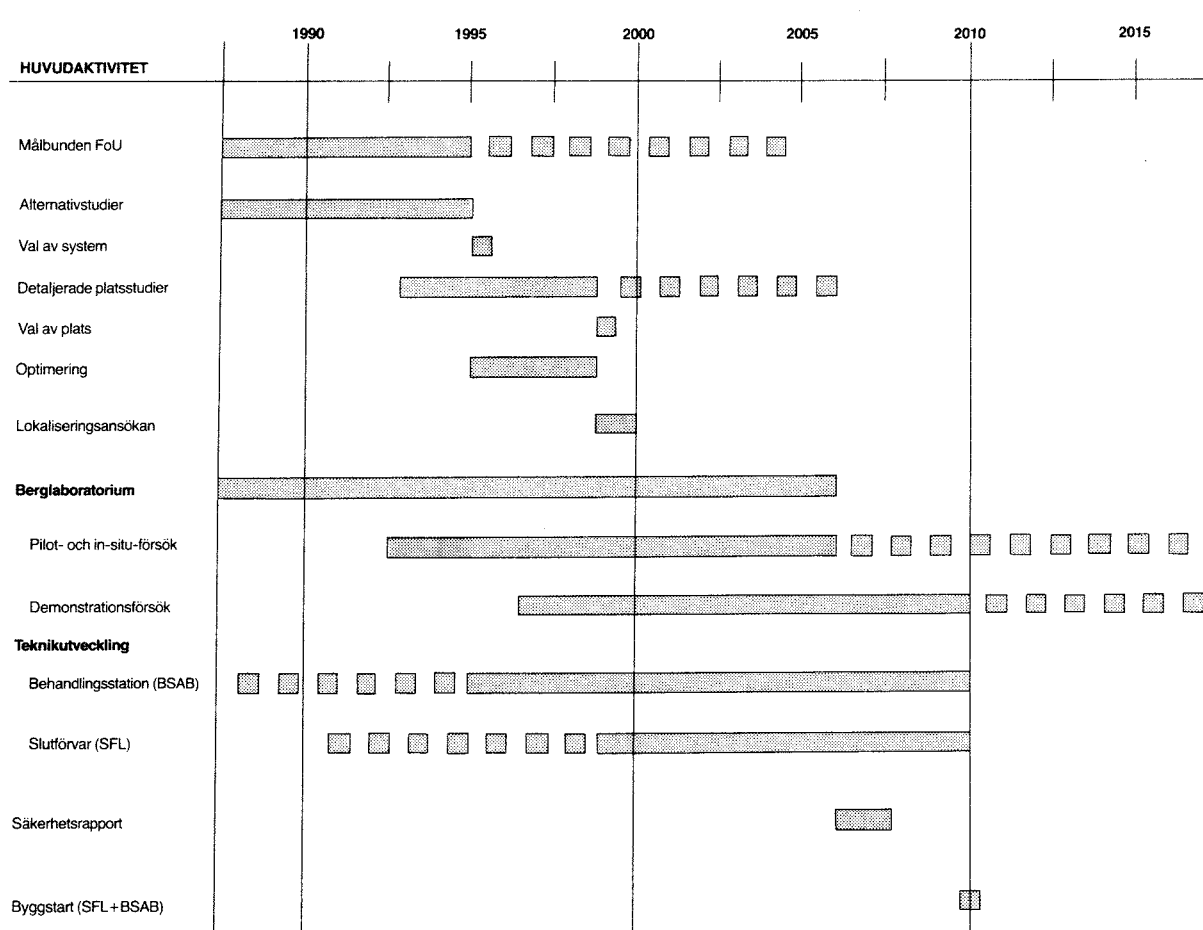
Utformningen av anläggningarna och systemet i årets redovisning överensstämmer i allt väsentligt med den utformning som redovisades i föregående års rapport. De ändringar som införts anges i den följande beskrivningen. De hänför sig enbart till de små förändringar i avfallets mängd och sammansättning som införts.

Då slutlagring av det högaktiva (långlivade) avfallet skall ske först en bit in på 2000-talet kan nya metoder innebära förändringar i såväl utformning av anläggningarna som kostnader för att bygga och driva dem.

I Figur 2.1 visas vilka anläggningar som ingår och hur avfallshandlingen planeras ske. Några av anläggningarna är under byggnad eller i drift, vilket ger ett gott underlag för kostnadsberäkningar. För övriga anläggningar har inte utformningen valts ännu. Som underlag för kostnadsberäkningarna har emellertid en möjlig avfallshandling beskrivits i detalj och layoutritningar upprättats. Två anläggningar, SFL 1 och SFR 2, som tidigare funnits med i systemet har utgått. I Figur 2.2 visas tidplan och personalbehov för anläggningarnas byggande och drift.

## 2.2 FORSKNING OCH UTVECKLING

Forskningsverksamheten syftar till att ta fram nödvändigt kunskaps- och dataunderlag och att utveckla lämpliga metoder för en säker slutförvaring av det radioaktiva avfallet. En plan över den framtida forskningsverksamheten presenterades i september 1986 (ref. 5).



**Figur 2.3** Översiktlig tidplan för FoU-verksamheten

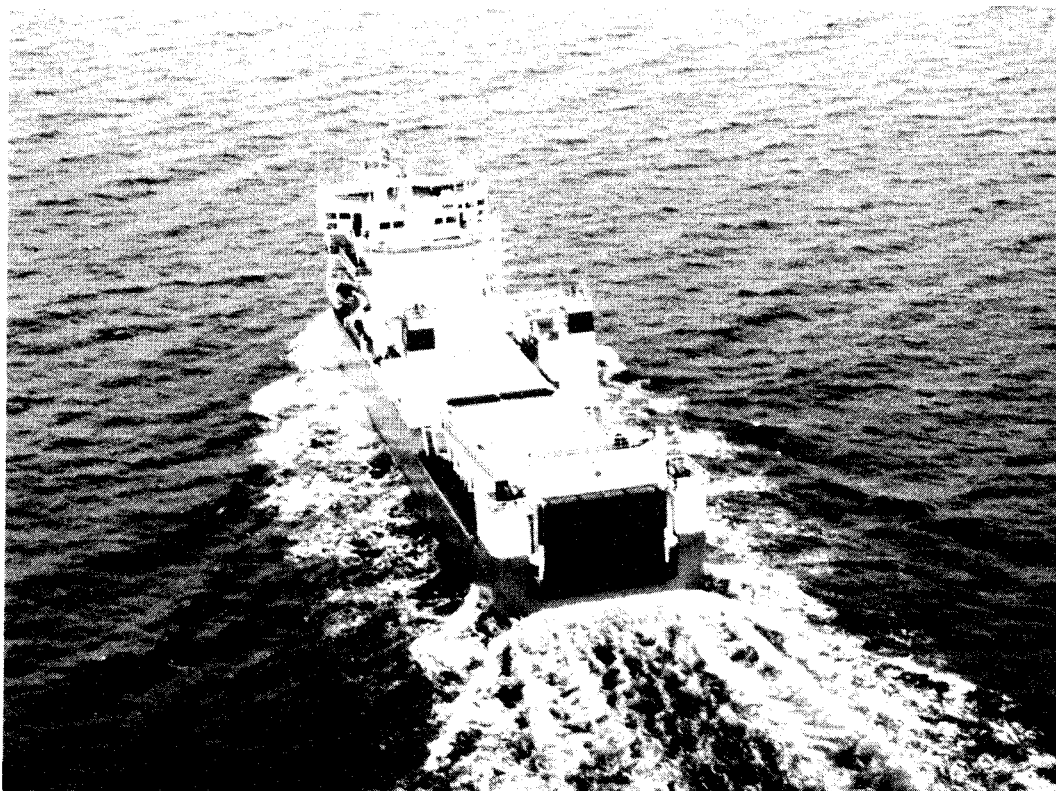
Insatserna omfattar dels grundläggande studier för att fördjupa kunskaperna kring de processer som bestämmer slutförvarets säkerhet, dels studier av möjliga förläggningsplatser och alternativa utformningar av barriärsystemet i ett slutförvar.

I Figur 2.3 visas en översiktlig tidplan för FoU-verksamheten.

Fr o m år 2010, då byggandet av slutförvaret för det långlivade avfallet påbörjas, redovisas inga separata FoU-kostnader. De inkluderas då i stället i beställarens projekteringskostnader, som ingår i investeringskostnaderna.

## 2.3 TRANSPORTSYSTEM

Transportsystemet är huvudsakligen baserat på sjötransporter och dess huvudkomponenter är ett fartyg, M/S Sigyn, transportbehållare och transportutrustningar vid kraftverk och övriga anläggningar. Systemet är utformat för att kunna användas för alla typer av avfall.



Figur 2.4 M/S SIGYN

M/S Sigyn har en lastkapacitet av 1 400 ton och är byggt för roll-on roll-off-hantering. Lastning med kran är även möjlig.

För drift och underhåll av fartyget har avtal träffats med Rederiaktiebolaget Gotland. Genom avtalet finns dessutom möjlighet att som reserv utnyttja ro/ro-fartyget M/S Gute, vilket har stora likheter med M/S Sigyn.

Vid transportererna används behållare som konstruerats för att fylla höga krav på strålskärning och tåla stora yttre påkänningar. Använt bränsle, hårdkomponenter och interna delar kommer att transporteras i cylindriska transportbehållare. En transportbehållare rymmer mellan 3 och 6 ton bränsle. För transport av medelaktivt avfall till SFR kommer strålskärmande stålbehållare att användas. De rymmer ca 20 m<sup>3</sup> avfall. Maximala transportvikten per behållare är 120 ton. För lågaktivt avfall från driften liksom för huvuddelen av rivningsavfallet kan standardcontainers användas.

Vid lastning och lossning transporteras behållarna kortare sträckor mellan lager och fartyg med hjälp av speciella terminalfordon.

Transportsystemet har varit i drift sedan 1983 och har hittills huvudsakligen använts för transporter av använt bränsle till CLAB. I slutet av 1987 beräknas transporter av driftavfall kunna påbörjas till SFR.

Då lokaliseringen av slutförvaret för långlivat avfall, SFL, ännu ej bestämts har i kostnadsberäkningarna antagits att ca 75 mil sjötransporter utförs från CLAB till en hamn för vidare transport 15-20 mil med järnväg till SFL.

#### 2.4 CENTRALT LAGER FÖR ANVÄNT BRÄNSLE, CLAB

Det centrala lagret för använt bränsle, CLAB, är placerat intill Oskarshamnsverket. Lagret som togs i drift 1985 kan i sin nuvarande storlek lagra drygt 3 000 ton bränsle (uranvikt) i 4 bassänger. I mitten av 1990-talet kommer kapaciteten att byggas ut, så att allt bränsle från det svenska programmet, ca 8 000 ton uran, skall kunna lagras i CLAB. I anläggningen skall även förvaras hårdkomponenter och interna delar, som skall slutlagras i SFL.

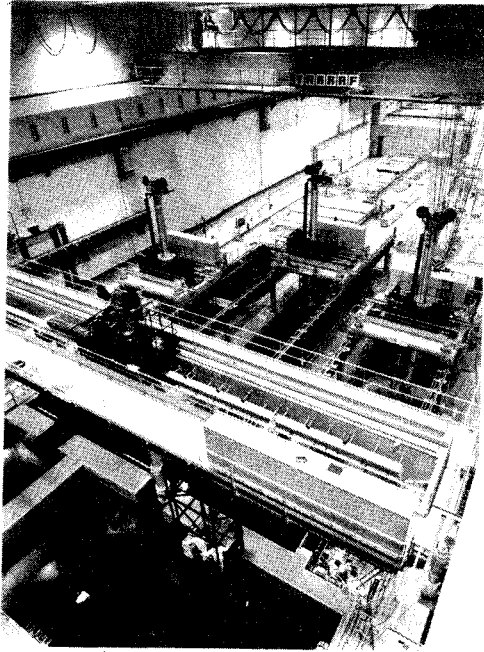
CLAB består av en ovanjordsdel för mottagning av bränslet och en underjordsdel med förvaringsbassängerna. I ovanjordsdelen inryms även utrustning för ventilation, vattenrening och kylning, avfallshantering, elsystem m m jämte utrymmen för administration och driftpersonal. Mottagning av bränsle och all hantering sker under vatten.

Förvaringsbassängerna är placerade i ett bergtrum, vars tak ligger ca 30 m under markytan. Bergtrummet i den första utbyggnaden är 120 m långt, 21 m brett och 27 m högt. Förvaringsbassängerna är utförda i betong med rostfri plåtinklädnad. Bränslet lagras i kassetter med antingen 16 BWR-element eller 5 PWR-element. En bassäng rymmer 300 kassetter.

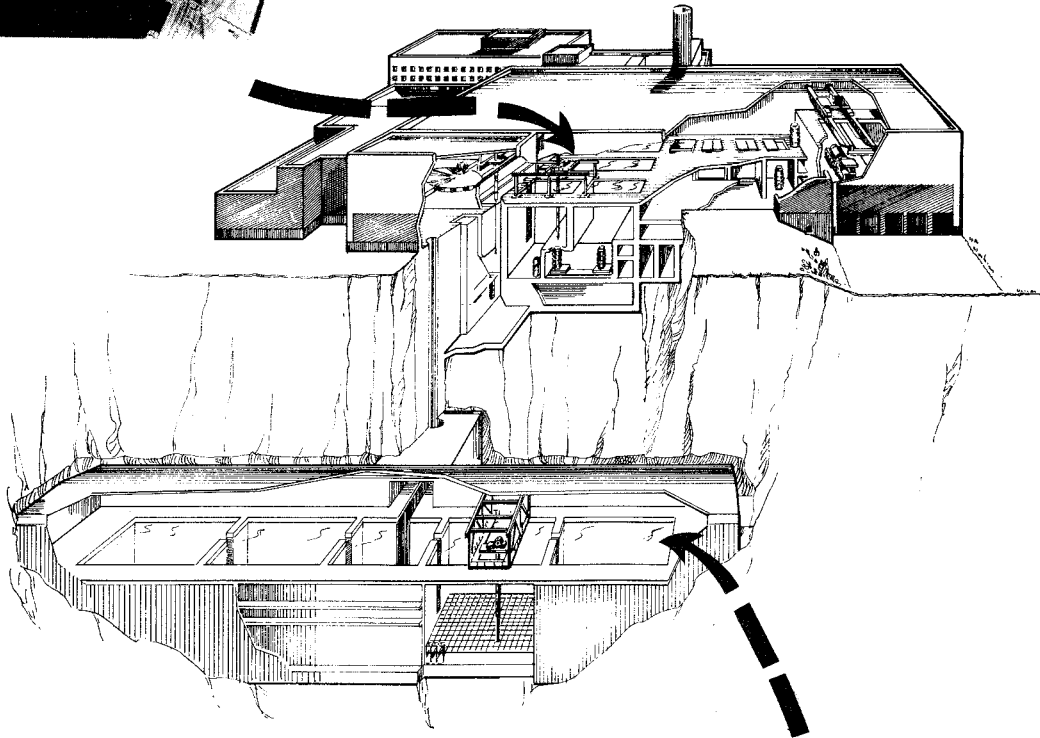
Utökningen av förvaringskapaciteten antas i denna redovisning ske genom att ett nytt bergtrum byggs parallellt med det befintliga. Detta kommer att rymma 6 bassänger för använt bränsle och en bassäng för hårdkomponenter och interna delar från rivningen av reaktorerna. Dessa placeras i kassetter av liknande typ som för bränslet men i två lager.

Den fasta personalstyrkan under drift är f n ca 75 man. Härtill kommer servicepersonal som f n tas huvudsakligen ur OKGs ordinarie basorganisationen. I genomsnitt motsvarar dessa insatser ca 60 helårstjänster. Under perioder, då in- eller utlastningstakten reduceras, kan personalstyrkan minskas.

Sedan allt bränsle och övrigt avfall borttransporterats skall ovanjordsdelarna rivas liksom de delar av förvaringsbassängerna som har blivit aktiva. Avfallet som är radioaktivt sänds till SFL.

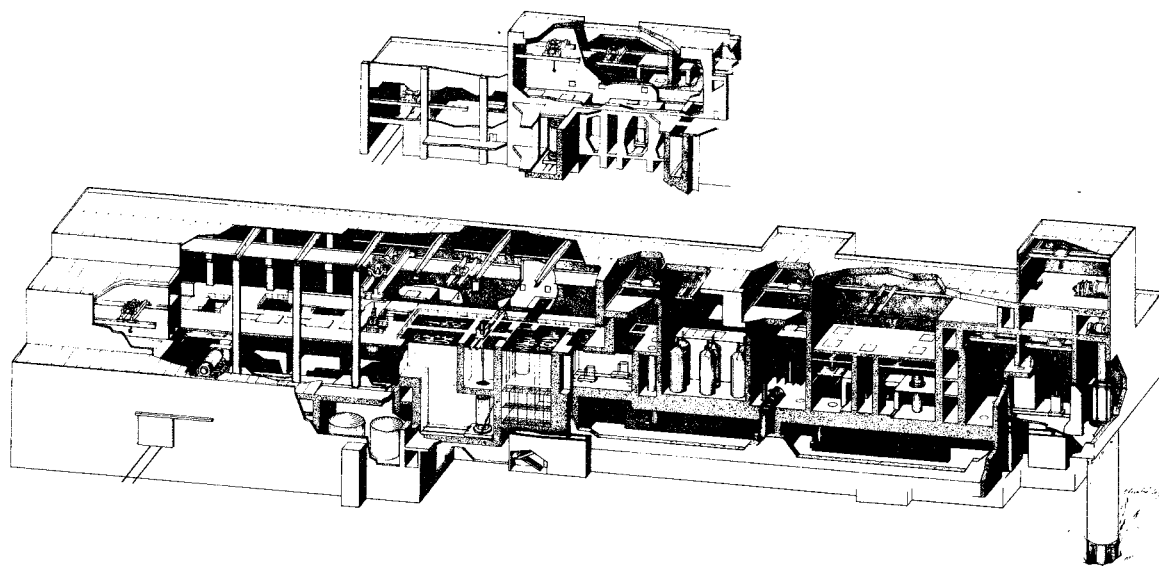


Vy över mottagningsdel



Vy över lagringsdel

Figur 2.5 CLAB etapp 1



Figur 2.6      Behandlingsstation för använt bränsle

## 2.5      BEHANDLINGSSTATION FÖR ANVÄNT BRÄNSLE, BS

Det använda bränslet inkapslas före deponeringen i kopparkapslar i enlighet med en metod, som beskrivits i KBS-3 (ref. 1). De tomma utrymmena i kapseln fylls med bly för att kapseln skall kunna motstå de höga vattentryck som råder på förvarsnivån.

Behandlingsstationen har i det valda scenariot placerats vid SFL, direkt ovanför slutförvaret för använt bränsle. Den är förlagd ovan mark.

Anläggningen består av följande huvuddelar:

- Intransport- och mottagningsdel.
- Inkapslings- och uttransportdel för bränsle, med hiss ned till förvarsområdet.
- Inkapslingsdel för hårdkomponenter m m.
- Servicedel, som innehåller förråd, blysmältningsutrustning m m.
- Hjälpssystem med bl a kyl- och reningssystem samt el- och kontrollutrustning.
- Sidobyggnad med personal- och kontorsutrymmen.

Behållare med bränsle eller hårdkomponenter m m anländer till behandlingsstationen per järnväg. Mottagning sker under vatten på samma sätt som i CLAB. Den vidare hanteringen av bränslet sker i torrhet i hot-cell. Innan bränslet placeras i en kopparkapsel separeras bränsleboxarna från bränslet.



Blyfyllning av kapslarna görs i en särskild ugn. Därefter passerar den fyllda kapseln positioner för bl a locksvetsning, kylning och kontroll till ett buffertlager innan transporten till bergförvaret sker.

Hanteringslinjen för inkapsling är dubblerad för att medge kontinuerlig drift i händelse av driftstörningar.

De demonterade bränsleboxarna, hårdkomponenterna och övrigt aktivt metallskrot gjuts in i betongkokiller 5,3 x 1,25 x 1,25 m.

Anläggningen är dimensionerad för tillverkning av 210 bränslekapslar per år i genomsnitt. (En kapsel per arbetsdag under 10 månader.) Anläggningen drivs huvudsakligen på dagtid. Driftpersonalen är inräknad i SFLs platsorganisation. Totalt skall ca 5 600 kapslar tillverkas i BS under tiden 2020-2046. Därefter kommer anläggningen att rivras.

## 2.6 SLUTFÖRVAR FÖR LÅNGLIVAT AVFALL, SFL

### **Gemensamma anläggningar**

Slutförvaret för långlivat avfall och behandlingsstationen för använt bränsle antas i denna rapport vara placerade i Norrlands inland. Transporterna antas ske med fartyg till en befintlig hamn och därifrån med järnväg till slutförvaret. I kostnadskalkylen har hamnen kompletterats med en separat ro/ro-kaj, breddad och fördjupad inseglingsränna, hamnplan, vaktkur m m. Vidare antas att 50 kilometer järnväg fram till SFL behöver nyanläggas och att tillhörande utrustning (lok, vagnar o d) anskaffas.

Vid SFL byggs serviceanläggningar såsom bostäder, verkstäder, vatten och avlopp, elförsörjning, betongstation, matsalar, vaktlokal m m. På platsen kommer även att finnas kompakteringsanläggning för bentonit och krossanläggning för bergmaterial.

Till de gemensamma anläggningarna räknas även den centrala administrationsbyggnaden och platsorganisationen. Under driftskedet kommer totalt ca 350-400 man att sysselsättas vid SFL och BS. Under uppförandeskedet erfordras ca 800 man.

Vid SFL finns fyra olika slutförvarsutrymmen:

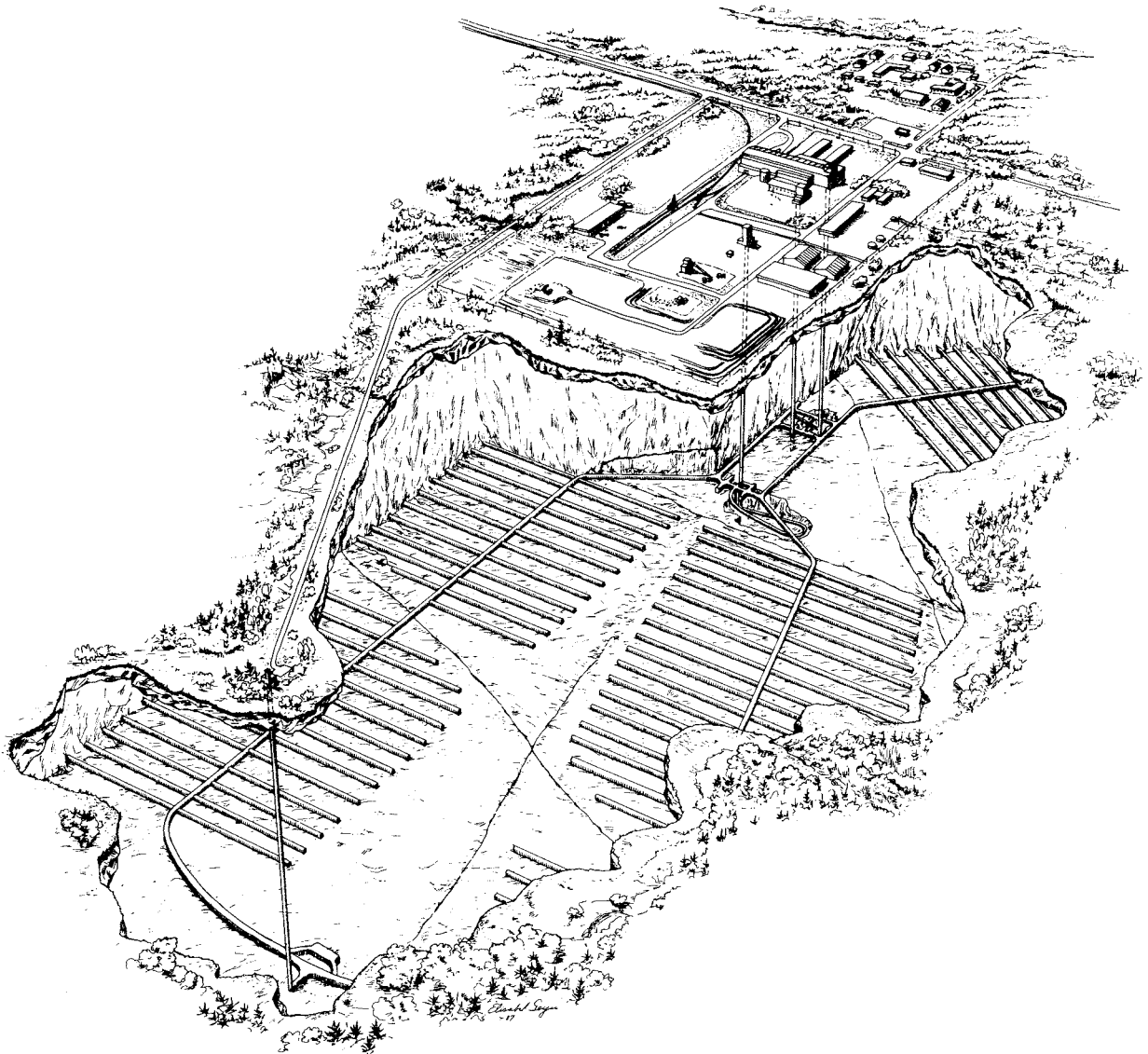
SFL 2 för använt bränsle

SFL 3 för låg- och medelaktivt driftavfall från CLAB (efter 2012) och behandlingsstationen, samt långlivat avfall från Studsvik

SFL 4 för rivningsavfall från CLAB och behandlingsstation

SFL 5 för hårdkomponenter och interna reaktordelar

Ett i tidigare PLAN-rapporter ingående förvar, SFL 1, för förslasat avfall från upparbetning har utgått.



Figur 2.7 SFL 2

## SFL 2

SFL 2, slutförvaret för använt bränsle, är placerat direkt under behandlingsanläggningen på ca 500 m djup. Det består av en serie parallella deponeringstunnlar förlagda i ett plan och med en sammanlagd längd av ca 39 km. Deponeringstunnlarna är förbundna med transporttunnlar. Deponeringstunnlarna ligger på ett inbördes avstånd av 40 m och har en area på 14 m<sup>2</sup>. I jämförelse med föregående års rapport har några smärre förändringar införts i SFL 2 för att ta hänsyn till att bränslets genomsnittliga utbränning och därmed resteffekt har ökat. De viktigaste är ändringen från två till ett plan och en ökning av avståndet mellan deponeringstunnlarna.

Avfallet placeras i borrhålor vertikala hål i tunnelbotten 7,5 m djupa och 1,5 m i diameter. Avståndet mellan deponeringshål är 6 m. Kopparkapslarna omges i deponeringshål av ett 35 cm

tjockt lager av kompakterad bentonit. Tunnel- och hålavstånd har valts, så att temperaturen i bentoniten ej överstiger 80°C. Antalet deponeringshål är 5 600. För att ta hänsyn till vissa bergpartier, där deponering ej bör ske, har kostnader medtagits för 10 % extra tunnellängd.

Kopparkapslarna transporteras från behandlingsanläggningen i en avskärmd hiss till förvarsnivån, där avfallet förs till deponeringsplatsen med en specialkonstruerad transportvagn. Från sitt liggande läge i transportvagnen reses kapseln till vertikalläge och nedsänks i hålet, varefter kompakterade bentonitblock placeras runt kapseln i hålet.

Deponeringstunnlarna återfylls med en blandning av bentonit (10-20 %) och sand.

Utsprängningen av deponeringstunnlarna sker samtidigt med att kapslarna deponeras och med lämplig framförhållning. Härvid måste byggaktiviteter avskiljas från deponeringsarbetet.

Deponering av kopparkapslar kommer att pågå under tiden 2020-2048 (inkl avslutande förslutning av deponeringstunnlar), varefter återfyllning av transporttunnlar och schakt kan verkställas.

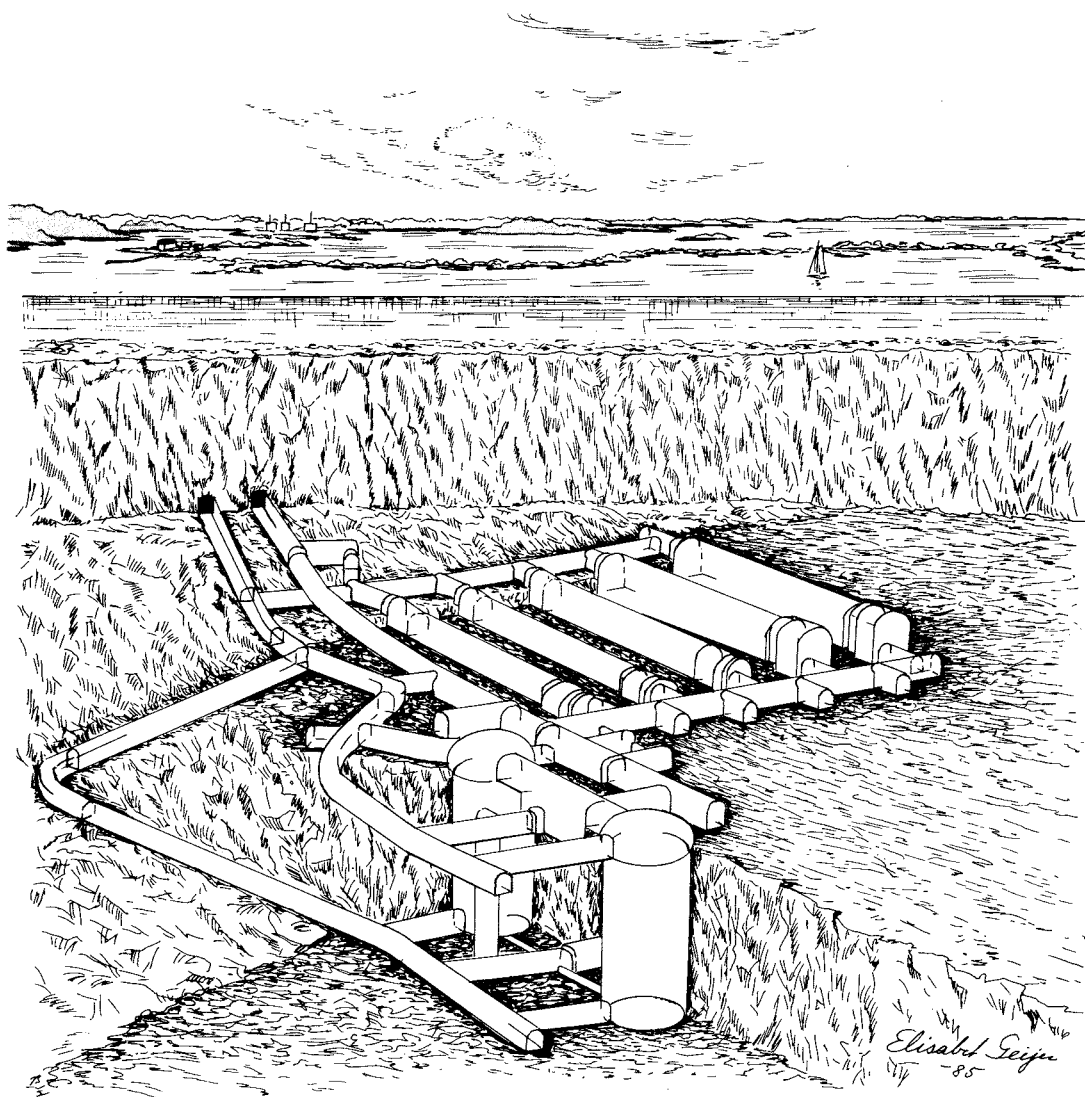
### **SFL 3-5**

Allt låg- och medelaktivt driftavfall, som skall slutlagras efter 2012, då SFR 1 stängts, placeras i SFL 3, 4 eller 5 beroende på avfallstyp. Hänsyn behöver ej tas till temperatureffekter eftersom värmeavgivningen är obetydlig. Lagren, som ligger på ca 500 m djup, nås genom gemensamma schakt. Det är placerat några kilometer ifrån SFL 2.

SFL 3 utgörs av en 120 m lång, 18 m bred och 21 m hög bergsal. I SFL 3 deponeras långlivat avfall från Studsvik samt driftavfall från CLAB (efter 2012) och BS. Avfallet staplas i betongceller 2,5 m i fyrkant, varefter resterande tomrum i cellerna fylls med betong. All hantering utförs fjärrstyrt med en hanteringsmaskin. Utrymmet mellan betongcellerna och berget utfylls med sand-bentonitblandning.

SFL 4 utgörs av det tunnelsystem som måste byggas för SFL 3 och SFL 5. Lågaktivt rivningsavfall från CLAB och BS, transportbehållare m m, som skall slutlagras i ett sent skede, placeras i SFL 4 innan förslutningen av anläggningen görs.

SFL 5 består av två ca 340 m långa, 8 m breda och 7,5 m höga tunnlar, vari betongkokillerna för hårdkomponenter m m placeras. Intransporten sker med en spårbunden grensletruck och kokillerna placeras med 5 i bredd och 4 i höjd i tunnelns längdriktning. Sedan en stapel med kokiller har placerats in (20 kokiller) kringgjuts dessa med betong.



Figur 2.8 SFR 1 fullt utbyggt

## 2.7 SLUTFÖRVAR FÖR REAKTORAVFALL, SFR

Vid Forsmarks kärnkraftverk byggs ett slutförvar för driftavfall från kärnkraftverken. Anläggningen är placerad under Östersjön med ca 60 m bergtäckning. Från hamnen i Forsmark leder två stycken 1 km långa tillfartstunnlar ut till förvarsområdet. I anslutning till SFR 1 planeras även slutförvar för kärnkraftverkens rivningsavfall, SFR 3. SFR 2 som är avsett för hårdkomponenter m m förutsätts i denna utredning ej komma till utförande utan är ersatt av SFL 5.

I SFR kommer även radioaktivt avfall från CLAB och likartat radioaktivt avfall från icke elproducerande verksamhet, bland annat Studsvik, att slutlagras.

### SFR 1

SFR 1 kommer att bestå av fem till sex stycken 160 m långa bergsalar samt två stycken 70 m höga cylindriska bergrum, som innehåller betongsilor. I de senare placeras det avfall, som innehåller huvuddelen av de radioaktiva ämnena. I den första byggnadsetappen byggs fyra bergsalar och en silo. Den andra byggnadsetappen kommer att utföras i slutet av 1990-talet. Totalt kommer SFR 1 att rymma 90 000 m<sup>3</sup> avfall, varav ca 37 000 m<sup>3</sup> i silor.

Betongsilon står på en bädd av sand och bentonit. Invändigt är varje silo uppdelad i vertikala fack, där avfallet placeras och kringgjuts med betong. Utrymmet mellan silon och berget fylls sedan med bentonit. Ovanför silon sker fyllningen med en sand-bentonitblandning.

Medelaktivt avfall, som placeras i bergsalar, kringgjuts likaså med betong. Ingen kringgjutning sker av det lågaktiva avfallet.

Hantering av medelaktiva avfallskollin i siloförvaret och i en av bergsalarna sker fjärrstyrt, medan lågaktiva kollin i de övriga bergsalarna hanteras med gaffeltruck.

Anläggningen är i det närmaste klar och beräknas tas i drift i början av 1988. Den antas bli försluten i mitten av 2010-talet. Under drift behövs en personalstyrka på 20 man. Härtill kommer stödtjänster från Forsmarksverkets ordinarie basorganisation.

### SFR 3

Rivningsavfallet från kärnkraftverken och Studsvik kommer att deponeras i SFR 3. SFR 3 planeras bestå av 5-6 bergsalar av liknande typ som i SFR 1. Huvuddelen av rivningsavfallet kan transporteras i standardcontainers, vilka utan att tömmas, placeras i bergsalar. I SFR 3 kommer totalt 104 000 m<sup>3</sup> rivningsavfall att lagras.

SFR 3 kommer att vara i drift samtidigt som kärnkraftverken rivs och sysselsätta lika stor personalstyrka som SFR 1.

## 2.8 RIVNING AV KÄRNKRAFTVERK

Till åtgärderna för att ta hand om kärnkraftens radioaktiva restprodukter hör även att riva anläggningarna, när de har tagits ur drift (ref. 6).

Tidplanen för när kärnkraftverken skall rivs påverkas av en rad olika faktorer. Rivningen kan genomföras på ett säkert sätt kort tid efter avställning, men det kan finnas fördelar med senare rivning. Här antas att verken rivs tidigt, vilket med hänsyn till effekten av realräntan är konservativt ur avgiftssynpunkt.

Med hänsyn till resursutnyttjning och till mottagningskapaciteten i CLAB och i SFR är det lämpligt att starta rivning av olika block med viss förskjutning. Här antas förskjutningen mellan start av rivning av block på samma plats vara två år.

Under perioden från det att blocket tas ur drift till dess rivningen påbörjas sker borttransport av bränsle, dekontaminering och förberedelser för rivning (avställningsdrift). Under denna period kan personalen successivt minskas. Själva rivningsarbetet beräknas ta fem år per block och sysselsätta i genomsnitt ett par hundra man.

Det radioaktiva avfallet från rivningen är genomgående låg- och medelaktivt. Aktivitetsnivån varierar dock avsevärt mellan olika delar. Avfallet med högst aktivitet, reaktortankens interna delar, antas bli mellanlagrade i CLAB under ca 30-40 år, innan de slutdeponeras i SFL 5. Övrigt radioaktivt rivningsavfall kommer att transporteras direkt till SFR 3 och deponeras där. En stor mängd av rivningsavfallet kan friklassas, efter eventuell dekontaminering.

### 3. KOSTNADER

#### 3.1 ALLMÄNT

I detta kapitel redovisas samtliga kostnader för att ta hand om de radioaktiva restprodukter, som beskrivits i kapitel 1.2. Kostnadsberäkningarna har baserats på SKBs plan över anläggningar, system m m, som beskrivits i kapitel 2.

I redovisningen särskiljs nedlagda kostnader till och med 1987, och framtida kostnader. De framtida kostnaderna är beräknade i prisnivån januari 1987. Tidigare nedlagda kostnader anges i löpande penningvärde.

Kostnadskalkylerna i årets rapport har till stor del beräknats genom indexuppräknings av föregående års baskostnader, varvid hänsyn även tagits till mindre ändringar i omfattning och layout. För transportsystemet, CLAB och SFR har kostnadsändringar införts utifrån de senaste årens erfarenheter.

Kostnaderna finns redovisade i detalj i ett datoriserat sammanställningssystem, vilket ger möjlighet till nuvärdesberäkningar och variationsanalyser samt fördelning av kostnaderna på olika kärnkraftverk m m.

Kostnaderna för olika anläggningar redovisas här i posterna: investering, reinvestering, drift samt rivning och försegling. Till investeringskostnaderna hänförs normalt endast de kostnader som uppkommer innan en anläggning eller anläggningsdel tas i drift. I SFL 2, där utbyggnaden av deponeringstunnlarna kommer att ske fortlöpande under deponeringsskedet, har emellertid även kostnaderna för detta arbete hänförts till investeringskostnaderna.

I rapporten redovisas även en del kostnader, som inte faller under finansieringslagen (driftavfall från kärnkraftverken och avfall från Studsvik).

#### 3.2 BERÄKNINGSMETOD

Som grund för kostnadsberäkningarna ligger funktionsbeskrivningar för varje anläggning, vilka resulterar i layoutritningar, utrustningslistor, personalprognoser etc. För anläggningar och system, som är i drift eller under byggnad, är detta underlag

mycket detaljerat, medan detaljeringsgraden är lägre för framtida anläggningar.

Beräkningen av kostnaderna för de framtida anläggningarna görs i flera steg. För varje kostnadspost beräknas en baskostnad, varefter ett pålägg för oförutsett görs. Baskostnaderna omfattar:

- mängdberäknade kostnader
- icke mängdberäknade kostnader
- sidokostnader.

Mängdberäknade kostnader är sådana kostnader, som kan beräknas direkt med hjälp av underlaget och med kännedom om enhetspriser, t ex för betonggjutning, bergsprängning och driftpersonal. Vid bedömningen av såväl mängder som enhetspris har erfarenheter som erhållits vid utbyggnader av kärnkraftverken, CLAB och SFR tillämpats.

På ritningsunderlaget finns inte alla detaljer redovisade. Dessa icke mängdangivna kostnader kan uppskattas med god noggrannhet med hjälp av erfarenheter från andra liknande arbeten.

Den sista posten som ingår i baskostnaderna är sidokostnader. Hit hör kostnader för administration, projektering, upphandling och kontroll samt kostnader för provisoriska byggnader, maskiner, bostäder, kontor och dylikt. De tillägg som görs för dessa kostnader är relativt väl kända, även om variationerna kan vara stora beroende på arbetets karaktär och yttre omständigheter.

På de beräknade baskostnaderna görs ett pålägg för oförutsett. Påläggets storlek bedöms objektvis med hänsyn till riskerna för komplikationer och anläggningens grad av teknisk bearbetning. Detta innebär att pålägget är störst för de anläggningar som ligger långt fram i tiden. I genomsnitt är det ca 27 %.

### 3.3 REDOVISNING AV FRAMTIDA KOSTNADER

De i detta avsnitt redovisade kostnaderna är angivna i prisnivån januari 1987 och är icke nuvärdesberäknade. Kostnaderna är emellertid uppdelade i tiden, vilket medger att diskontering kan göras med olika värden på realräntan.

Tabell 3.1 visar de framtida kostnaderna för avfallshanteringen. Kostnaderna delas upp per objekt och kostnadsslag. De totala framtida kostnaderna från och med 1988 uppgår till MSEK 39 500.

Tabellen särskiljer även kostnader som omfattas av finansieringslagen, d v s den totala kostnaden exklusive kostnader för låg- och medelaktivt driftavfall och avfall från Studsvik och Ågesta. De framtida kostnaderna enligt finansieringslagen för o m 1988 uppgår till MSEK 38 100.

Tabell 3.2 visar de framtida kostnaderna, uppdelade per objekt i tiden. Figur 3.1 ger en sammanställning av de årliga framtida kostnaderna.



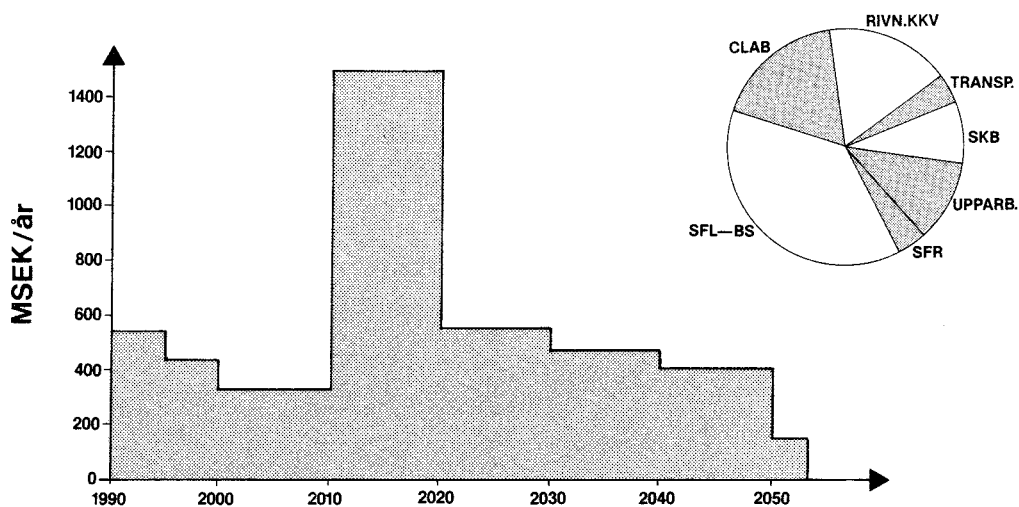
**Tabell 3.1** Sammanställning av framtida kostnader (MSEK)  
fr o m 1988, inkl påslag för oförutsett  
(Prisnivå januari 1987)

Objekt	Kostnads- slag	Totala fram- tida kostnader	Summa fram- tida kostnader per objekt	Framtida kostn. enligt finansieringslagen 1)
SKB, Adm, FoU	-	3 325	3 325	3 325
Transport	Reinvestering Drift	439 932	1 371*)	1 221
Rivn. kkv	Avställningsdrift Rivning	905 7 020	7 925	7 925
CLAB	Investering Reinvestering Drift Rivning	656 624 4 157 241	5 678*)	5 649
SFL-BS GA	Investering Reinvestering Drift Rivning	2 024 125 1 397 137	3 683*)	3 567
BS	Investering Reinvestering Drift Rivning	2 352 104 4 329 215	7 000*)	6 965
SFL 2	Investering Reinvestering Drift Försegling Rivning	2 834 33 349 2 410 35	5 661*)	5 633
SFL 3-5 GD	Investering Reinvestering Drift Rivn.+försegling	479 16 171 72	738*)	565
SFL 3	Investering Drift Rivn.+försegling	280 16 50	346*)	157
SFL 4	Investering Drift Rivn.+försegling	26 11 1	38	38
SFL 5	Investering Drift Rivn.+försegling	100 22 45	167*)	162
SFR GD	Investering Rivn.+försegling	56 2	58*)	7
SFR 1	Investering Drift Rivn.+försegling	225 364 64	653*)	82
SFR 3	Investering Drift Rivn.+försegling	289 102 37	428*)	412
Upparbetning <sup>2)</sup>	-	2 404	2 404	2 404
<b>Totalt</b>	-		<b>39 475</b>	<b>38 112</b>

\* Innefattar även kostnader utanför finansieringslagen. Totalt över samtliga berörda objekt:  
Avfall från Studsvik, Ågesta m m MSEK 624.  
Övrigt låg- och medelaktivt avfall MSEK 740.

1) Framtida kostnader minus kostnader för studsavfall o d och övrigt låg och medelaktivt avfall

2) Kostnader för upparbetning inkluderar kostnader vid BNFL samt för kvarvarande kontrakt med Cogema



Figur 3.1 Sammanställning av den framtida kostnaden samt fördelning av den totala kostnaden på olika anläggningar. (Prisnivå januari 1987)

Tabell 3.2 Framtida kostnader per objekt enligt finansiering-lagen fördelade i tiden (MSEK Prisnivå januari 1987)

År	SKB Adm, FoU	Transp.	Rivn. kky	CLAB	SFL- -BS	SFR 1 o 3	Upparb.	Summa	Ackumulerade kostnader
1988-89	211	44	0	156	0	10	584	1 005	1 005
1990-94	616	67	0	914	0	9	999	2 605	3 610
1995-99	534	59	0	450	0	38	821	1 902	5 512
2000-talet	1 964	224	0	781	76	34	0	3 079	8 591
2010-talet	0	306	7 222	858	5 876	340	0	14 602	23 193
2020-talet	0	253	703	977	3 456	70	0	5 459	28 652
2030-talet	0	141	0	821	3 717	0	0	4 679	33 331
2040-talet	0	127	0	596	3 301	0	0	4 024	37 355
2050-talet	0	0	0	96	661	0	0	757	38 112
<b>Totalt fr o m 1988</b>	<b>3 325</b>	<b>1 221</b>	<b>7 925</b>	<b>5 649</b>	<b>17 087</b>	<b>501</b>	<b>2 404</b>	<b>38 112</b>	

3.4 TIDIGARE NEDLAGDA KOSTNADER

Tabell 3.3 redovisar nedlagda kostnader till och med 1986 i löpande prisnivå exklusive räntor samt 1987 års budgeterade kostnader.

Tabell 3.3 Nedlagda och beräknade kostnader t o m 1987 (MSEK Löpande penningvärde)

Objekt	Kostnadsslag	Nedlagda kostnader tom 1986	Beräknade kostnader 1987
SKB (FoU, Info, Adm)	-	413	101
Transport	Investering	129	22
	Drift	238	28
CLAB	Investering	1 745	7
	Drift	251	78
SFR 1	Investering	475	217
	Drift	-	11
Upparbetning	-	1 883	503
<b>Totalt</b>		<b>5 134</b>	<b>967</b>

### 3.5 MARGINALKOSTNADER

I Tabell 3.4 redvisas anläggningarnas kostnader per enhet, dels som medelkostnad, dels som marginalkostnad. Marginalkostnaderna har beräknats utifrån en bedömning av den rörliga kostnadsandelen för varje kostnadspost. Inkapslingsstationens kapacitet har behållits konstant, varför en förändring i bränslemängden leder till ändrad drifttid.

De i tabellen angivna marginalkostnaderna är relativt grovt beräknade och gäller endast inom ett begränsat intervall (ca 20 %) av de i kolumn 3 angivna mängderna.

**Tabell 3.4** Marginalkostnader för vissa delar av systemet (Prisnivå januari 1987)

OBJEKT	KOSTNAD MSEK	MÄNGD	ENHET (PARAMETER)	KSEK/ ENHET	MARG.KOSTN KSEK/ENHET	ANMÄRKNING
<u>SUMMERAT ANLÄGGNINGAR M M FÖR HANTERING AV BRÄNSLE</u>						
Anläggningar för hantering av bränsle inkl hård- komponenter och FoU	29 900	7 635	ton bränsle	3 920	1 820	
<u>VISSA DELAR AV SYSTEMET</u>						
<u>TRANSPORTER</u>						
						Omfattar kostnader för alla transporter av resp. avfall
Totalt	1 850	13 600	trpt enhet	136		Fartygstransporterat bränsle och avfall. Trpt. enhet är B-behållare eller container
Använt bränsle	1 330	7 635	ton bränsle	174	53	Kostn inkl hårdkomponenter samt LM-avfall från CLAB. 1685 ton bränsle intertransporteras OKG-CLAB
Driftavfall från KKV	160	59 300	m <sup>3</sup> LM-avfall	2,7	0,3	Med fartygstransport från KKV till SFR 1, av totalt 72 800 m <sup>3</sup>
Rivningsavfall från KKV	300	68 000	m <sup>3</sup> rivnings- avfall	4,4	0,5	Med fartygstransport från KKV till SFR 3, av totalt 100 000 m <sup>3</sup> . Inkl. interna delar till SFL 5
Studsviksavfall	60	13 060	m <sup>3</sup> avfall	4,6	0,6	Varierande avfall
<u>MELLANLAGER</u>						
CLAB	8 250	7 635	ton bränsle	1 080	445	Inkl hårdkomponenter och reaktorernas interna delar (ca 10 % av lagervolymen)
<u>SLUTLAGER</u>						
SFL-BS totalt	17 633	7 635	ton bränsle	2 309	1 362	
	alt	5 590	kopparkapsel	3 154	1 860	
BS	8 848	7 635	ton bränsle	1 159	630	Inkl del av SFL GA samt hårdkomp.
	alt	5 590	kopparkapsel	1 583	870	
SFL 2	7 156	7 635	ton bränsle	937	660	Inkl del av SFL GA,
	alt	5 590	kopparkapsel	1 280	910	Inkl del av SFL GA,
SFL 3	1 023	11 000	m <sup>3</sup> LM-avfall	93	24	Inkl del av SFL GA och omförd. SFL 3-5
SFL 5	494	2 350	kokill	210	67	Inkl del av SFL GA och omförd. SFL 3-5
	alt	7 635	ton bränsle	65	22	Inkl del av SFL GA och omförd. SFL 3-5
SFR 1	1 449	89 100	m <sup>3</sup> LM-avfall	16	8	Inkl SFR GD
SFR 3	428	104 000	m <sup>3</sup> rivningsavfall	4,1	2,5	

## REFERENSER

1. KBS 3  
Kärnbränslecykelns slutsteg  
Använt kärnbränsle, Del I-IV  
Svensk Kärnbränsleförsörjning AB  
Maj 1983
2. Värme kraftens tillgänglighet.  
SDT, statistisk drifterfarenhetsuppföljning och  
tillförlitlighetsteknik.  
KRAFTSAMs driftutskott  
April 1987.
3. Kärnkraftens slutsteg  
Alternativa tidplaner för hantering av använt kärnbränsle  
- konsekvenser för planering, säkerhet och kostnader  
Svensk Kärnbränslehantering AB  
December 1985
4. SKB PLAN 86  
Kostnader för kärnkraftens radioaktiva restprodukter  
Juni 1986
5. SKB FoU-Program 86  
Kärnkraftavfallets behandling och slutförvaring.  
Program för forskning, utveckling och övriga åtgärder  
September 1986.
6. Teknik och kostnader för rivning av svenska kärnkraftverk  
Svensk Kärnbränslehantering AB  
Maj 1986

## ANVÄNT BRÄNSLE OCH RADIOAKTIVT AVFALL I SVERIGE VID FÖRUTSÄTTNING AV DRIFT AV SAMTLIGA VERK T O M 2010

Avfallskategori	Avfallsenheternas dimensioner i m φ = diameter (Dimensioner före inkapsling för slutdeponering)	Antal kolli	Antal transportenheter B-behållare/containrar	Volym i slutlager m <sup>3</sup>	Sluttransporteras till
Använt BWR-bränsle	0.14x0.14x4.383	32 764	1 927		
Använt PWR-bränsle	0.214x0.214x4.103	3 824	547	12 100	BS/SFL 2
Övrigt använt bränsle (MOX, Ägesta, Studsvik)	Diverse	641	21		
Härskomponenter samlade i kassetter	0.8x0.8x4.6	450	450	19 400*	BS/SFL 5
Reaktorernas interna delar samlade i kassetter	0.8x0.8x4.6	555	555		
Crudavfall från CLAB till silo	φ1.1, L = 1.44	150 28	25 5	260 50	SFR 1 SFL 3
Medelaktivt driftavfall från CLAB till silo	1.2x1.2x1.2/φ0.6, L = 0.9	3 990 2 850	370 191	6 900 4 030	SFR 1 SFL 3
Lågaktivt driftavfall från CLAB till bergsal	Diverse	1 550 440	90 33	2 100 700	SFR 1 SFL 4
Långlivat avfall från Studsvik till silo	φ0.6, L = 0.9	18 000	380	6 000	SFL 3
Medelaktivt avfall från Studsvik till silo	φ0.6, L = 0.9	5 750	100	1 860**	SFR 1
Låg- och medelaktivt avfall från Studsvik till bergsal	φ0.6, L = 0.9/1.2x1.2x1.2	11 960	195	5 200**	SFR 1
Medelaktivt driftavfall från inkapsl.stationer till silo	1.2x1.2x1.2	520	43	900	SFL 3
Medelaktivt driftavfall från kärnkraftverken till silo	1.2x1.2x1.2/φ0.6, L = 0.9	21 400	1 280	23 600	SFR 1
Medelaktivt driftavfall från kärnkraftverken i betongtankar till bergrum	3.3x1.3x2.15	1 540	515	15 400	SFR 1
Medelaktivt driftavfall från kärnkraftverken till bergsal	1.2x1.2x1.2/φ0.6, L = 0.9	22 270	630	13 700	SFR 1
Lågaktivt driftavfall från kärnkraftverken till bergsal	φ0.6, L = 0.9 Diverse	30 240	650	20 100	SFR 1
Rivningsavfall från kärnkraftverken till bergrum	ISO-cont. m m	4 800	4 800	100 000	SFR 3
Rivningsavfall från Studsvik till bergrum	ISO-cont.	140	140	4 000	SFR 3
Rivningsavfall från CLAB och BS till bergrum	2.4x2.4x2.4	640	640	8 900	SFL 4
Transportbehållare		50	50	630	SFL 4
Summa ca		165 000	13 600	246 000	

\*) Inkl. de ingjutna BWR-boxar som transporterats med bränslet

\*\*) Inkl totalt ca 3 500 m<sup>3</sup> avfall inom KKV ansvarsområde