



SKB

**KÄRNKRAFTENS
SLUTSTEG**

PLAN 96

Kostnader för kärnkraftens radioaktiva restprodukter

Juni 1996

SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING AB

BOX 5864 S-102 48 STOCKHOLM
TEL. 08-665 28 00 TELEX 13108 SKB FAX +46 8 661 57 19

PLAN 96

**Kostnader för kärnkraftens
radioaktiva restprodukter**

Juni 1996

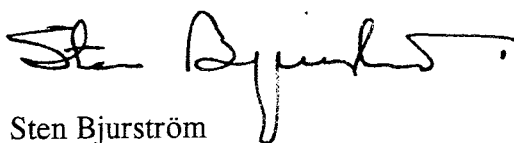
FÖRORD

Enligt "lag om finansiering av framtida utgifter för använt kärnbränsle m m" (1992:1537) åligger det reaktorinnehavarna att upprätta en beräkning av kostnaderna för samtliga åtgärder som behövs för att omhänderta i reaktorerna använt kärnbränsle och radioaktivt avfall som härrör från detta samt avveckla och riva reaktoranläggningarna. 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 femtonde årliga redovisningen, ger en uppdaterad sammanställning av erforderliga kostnader.

Stockholm i juni 1996

Svensk Kärnbränslehantering AB



Sten Bjurström

VD

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

| | |
|--|------------|
| SAMMANFATTNING | iii |
| 1. FÖRUTSÄTTNINGAR | 1 |
| 1.1 ALLMÄNT | 1 |
| 1.2 BERÄKNINGSALTERNATIV | 3 |
| 1.3 ENERGIPRODUKTION OCH AVFALLSMÄNGDER | 3 |
| 1.4 PRINCIPER FÖR AVFALLSHANTERINGSSYSTEMET | 6 |
| 2. ANLÄGGNINGAR OCH SYSTEM I BASSCENARIOT | 7 |
| 2.1 ALLMÄNT | 7 |
| 2.2 FORSKNING, UTVECKLING OCH DEMONSTRATION | 8 |
| 2.3 TRANSPORTSYSTEM | 9 |
| 2.4 CENTRALT LAGER FÖR ANVÄNT BRÄNSLE, CLAB | 11 |
| 2.5 INKAPSLINGSANLÄGGNING FÖR ANVÄNT BRÄNSLE | 13 |
| 2.6 DJUPFÖRVAR FÖR LÅNGLIVAT AVFALL | 15 |
| 2.7 SLUTFÖRVAR FÖR REAKTORAVFALL, SFR | 20 |
| 2.8 RIVNING AV KÄRNKRAFTVERK | 22 |
| 3. BERÄKNINGSMETODIK | 24 |
| 3.1 ÖVERSIKT | 24 |
| 3.2 BERÄKNING AV REFERENSKOSTNAD | 26 |
| 3.3 VARIATIONER I BASSCENARIOT | 27 |
| 4. KOSTNADSREDOVISNING | 30 |
| 4.1 ALLMÄNT | 30 |
| 4.2 AVGIFTSUNDERLAG - BASSCENARIO | 30 |
| 4.3 UNDERLAG FÖR GRUNDBELOPP | 34 |
| 4.4 VARIATIONER I DRIFTFÖRHÅLLANDEN | 35 |
| 4.5 TIDIGARE NEDLAGDA KOSTNADER | 36 |
| 5. UNDERLAG FÖR TILLÄGGSBELOPP | 37 |
| REFERENSER | 40 |

SAMMANFATTNING

De företag som innehar kärnkraftverk 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 behövs, samt att bedriva därtill kopplad forskning och utveckling. 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.

Följande anläggningar och system är i drift:

- Transportsystem för radioaktiva restprodukter
- Centralt mellanlager för använt bränsle, CLAB
- Slutförvar för radioaktivt driftavfall, SFR 1

Senare planeras även:

- Inkapslingsanläggning för använt bränsle
- Djupförvar för använt bränsle och annat långlivat avfall
- Slutförvar för rivningsavfall

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

Denna rapport baseras på den föreslagna inriktningen av verksamheten som presenterats i SKBs FUD-program 95. Inriktningen överensstämmer i stort med underlaget för föregående års rapport. SKB föreslår att djupförvaringen genomförs stegvis. Den inleds med ett första steg då ca 400 kapslar deponeras. Därefter sker en utvärdering och förnyad licensiering innan anläggningen byggs ut i full skala.

Vid årsskiftet 1995/96 infördes vissa ändringar i finansieringslagen som påverkar de beräkningar som redovisas i denna rapport. Den viktigaste är att reaktorinnehavarna utöver att betala avgifter även skall ställa säkerheter för kvarvarande kostnader. Härigenom kan avgiften baseras på en trolig kostnad för att ta hand om avfallet. Denna inkluderar osäkerheter och variationer som är normala för denna typ av projekt. Kostnadsökningar till

följd av större förändringar, störningar etc kan i stället täckas genom de ställda säkerheterna.

Som underlag för att fastställa avgift och bedöma behovet av säkerheter skall tre typer av belopp redovisas:

- **belopp för avgiftsunderlag** som skall innefatta samtliga kostnader för att ta hand om det använda bränslet mm från 25 års drift av reaktorerna, samt för att avveckla och riva reaktorerna och genomföra erforderlig forskning och utveckling. Om en reaktor drivits mer än 25 år skall kostnaderna inkludera bränsle mm som använts till och med det år avgiften skall gälla för (dvs 1997). I årets kalkyl gäller detta för Oskarshamn I.
- **grundbelopp** som skall innefatta motsvarande kostnader för att ta hand om det bränsle som använts till och med det år då beräkningen görs (dvs 1996), samt kostnaderna för att avveckla och riva reaktorerna.
- **tilläggsbelopp** som innefattar skäliga tillkommande kostnader som beror på oplanerade händelser.

Grundbeloppet och tilläggsbeloppet skall användas för att bedöma behovet av säkerheter för att täcka dels avgiftsbortfallet vid förtida avställning av reaktorerna, dels kostnadsökningar till följd av framtida oplanerade händelser.

Avgiftsunderlaget har baserats på ett basscenario som beskriver de åtgärder, anläggningar etc som behövs för att ta hand om det använda bränslet och riva kärnkraftverken. Detta innehåller i sig med nödvändighet osäkerheter. För att ta hänsyn till dessa osäkerheter har en ny beräkningsmetodik tillämpats i årets rapport. Osäkerheterna har behandlats genom en statistisk sammanvägning av deras påverkan på kostnaderna. Denna metodik skiljer sig från föregående års, då osäkerheterna behandlats som procentuella påslag på beräknade baskostnader.

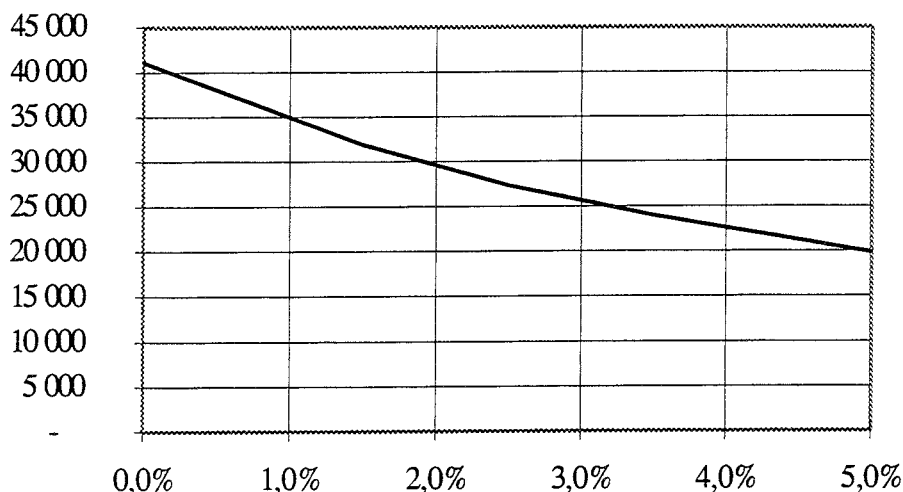
I basscenarioet tas således hänsyn till normala osäkerheter, variationer och störningar för ett projekt. Då flera variationer påverkar tidplanen har kostnaderna dels beräknats i fast penningvärde (januari 1996), dels som nuvärden med olika antaganden om framtida real förräntning.

De totala framtida kostnaderna presenteras som en fördelningsfunktion, som anger med vilken sannolikhet en total kostnad kommer att innehållas. I redovisningen av den troliga kostnaden används den kostnad som enligt beräkningen har lika stor sannolikhet att överskridas som att underskridas.

De totala framtida kostnaderna, i prisnivå januari 1996, för det svenska avfallssystemet från och med 1997 har beräknats till 42,2 miljarder kronor. Kostnaderna gäller för det avfall som erhålls från 25 års drift av alla svenska reaktorer. De utfaller under ca 50 års tid fram till mitten av 2000-talet. Tyngdpunkten för kostnaderna ligger dock under de närmaste

20 åren. I Figur 1.1 visas nuvärdet av kostnaderna vid olika realförräntning.

T o m 1996 beräknas 10,6 miljarder kronor i löpande penningvärde ha lagts ner.



Figur 1.1 Nuvärdet av de totala framtida kostnader från och med 1997, vid olika reala kalkylräntor. (Prisnivå januari 1996)

Grundbeloppet, som anger kostnaden för att ta hand om det avfall, som producerats till och med 1996 är ca 0,4 miljarder lägre än avgiftsunderlaget.

Tilläggsbeloppet som skall ge en bedömning av risken för oplanerade kostnadsökningar har beräknats med samma statistiska metodik som avgiftsunderlaget. Vid beräkning av underlag för tilläggsbeloppet har hänsyn tagits till större variationer i koncept, lokalisering, tidplan, kostnadsdata samt störningar än i basscenariot. Resultatet erhålles som en statistisk fördelning av de totala kostnaderna som anger med vilken sannolikhet en totalkostnad kommer att innehållas.

Vid sidan av den kalkyl som behandlats ovan, och som är baserad på avfallsmängder vid drift av reaktorerna i 25 år, ges exempel på effekten av utsträckta drifttider. Sålunda redovisas även kostnader baserade på avfallsmängder vid drift av reaktorerna i 40 år.

ANVÄNDA FÖRKORTNINGAR

| | |
|-------|---|
| BWR | kokarreaktor (ABB-Atom) |
| CLAB | centralt lager för använt bränsle |
| FUD | forskning, utveckling och demonstration |
| KKV | kärnkraftverk |
| PWR | tryckvattenreaktor (Westinghouse) |
| SFR 1 | slutförvar för radioaktivt driftavfall |
| SFR 3 | slutförvar för rivningsavfall |
| SKI | Statens Kärnkraftsinspektion |
| SKB | Svensk Kärnbränslehantering AB |

1. FÖRUTSÄTTNINGAR

1.1 ALLMÄNT

SKB upprättar varje år, på uppdrag av de kraftföretag som innehar kärnkraftverk, en beräkning över kostnaderna för samtliga åtgärder som behövs för att omhänderta använt kärnbränsle och radioaktivt avfall från de svenska kärnkraftverken. Kostnadsberäkningen redovisas till statens kärnkraftsinspektion (SKI) som har att föreslå regeringen dels den avgift för omhändertagande av kärnkraftens radioaktiva restprodukter, som skall uttas på kärnkraftproducerad el, dels de belopp för vilka reaktorinnehavarna ska ställa säkerheter.

Vid årsskiftet 1995/96 infördes vissa ändringar i finansieringslagen som påverkar de beräkningar som redovisas i denna rapport. Den viktigaste är att reaktorinnehavarna skall ställa säkerheter för kvarvarande kostnader. Härigenom kan avgiften baseras på en trolig kostnad för att ta hand om avfallet. Denna inkluderar osäkerheter och variationer som är normala för denna typ av projekt. Kostnadsökningar till följd av större förändringar, störningar etc kan i stället täckas genom de ställda säkerheterna.

Som underlag för att fastställa avgift och bedöma behovet av säkerheter skall tre typer av belopp redovisas:

- **belopp för avgiftsunderlag** som skall innefatta samtliga kostnader för att ta hand om det använda bränslet mm från 25 års drift av reaktorerna, samt för att avveckla och riva reaktorerna och genomföra erforderlig forskning och utveckling. Om en reaktor drivits mer än 25 år skall kostnaderna inkludera bränsle mm som använts till och med det år avgiften skall gälla för (dvs 1997). I årets kalkyl gäller detta för Oskarshamn I.
- **grundbelopp** som skall innefatta motsvarande kostnader för att ta hand om det bränsle som använts till och med det år då beräkningen görs (dvs 1996), samt kostnaderna för att avveckla och riva reaktorerna.
- **tilläggsbelopp** som innefattar skäligen tillkommande kostnader som beror på oplanerade händelser.

Grundbeloppet och tilläggsbeloppet skall användas för att bedöma behovet av säkerheter för att täcka avgiftsbortfallet vid förtida avställning av reaktorerna, respektive kostnadsökningar till följd av framtida oplanerade händelser.

Avgiftsunderlaget har baserats på ett basscenario som beskriver de åtgärder, anläggningar etc som behövs för att ta hand om det använda bränslet och riva kärnkraftverken. I basscenariot tas hänsyn till normala osäkerheter, variationer och störningar för ett projekt.

Basscenariot har baserats på KBS-3-metoden (ref. 1), vilken granskats i samband med laddningsansökan för Forsmark 3 och Oskarshamn 3. KBS-3 har befunnits uppfylla högt ställda krav vad gäller säkerhet och strålskydd. Hänsyn har också tagits till de resultat som successivt framkommit i SKBs forskning och utveckling och som presenterats i SKB 91 (ref. 2) och i SKBs senaste program för forskning, utveckling och demonstration, FUD 95 (ref. 3). Den inriktning och tidplan för den fortsatta verksamheten som anges i FUD 95 ligger likaså till grund för basscenariot.

För att inkludera inverkan av variationer och osäkerheter i kostnadsberäkningarna har en ny beräkningsmetodik tillämpats i årets rapport. Osäkerheterna har behandlats genom en statistisk sammanvägning av deras påverkan på kostnaderna. Denna metodik, som beskrivs närmare i kapitel 3, skiljer sig från föregående års då osäkerheterna behandlats som procentuella påslag på beräknade baskostnader.

I kapitel 2 ges en presentation av basscenariot och de variationer och osäkerheter som vägt in vid beräkningen av avgiftsunderlaget.

Grundbeloppet, som anger de totala kostnaderna för att ta hand om de avfallsmängder som uppkommer vid reaktordrift t o m 1996 och för att riva kärnkraftverken, har beräknats utifrån kostnaderna för basscenariot. Fyra beräkningar har utförts, en för varje reaktorstation. Som underlag för beräkningen har antagits en förtida avställning av alla block på respektive plats. Detta innebär att mängden avfall som skall tas om hand minskar och att avställningen/rivningen tidigareläggs i förhållande till basscenariot.

Tilläggsbeloppet som skall ge en bedömning av risken för oplanerade kostnadsökningar har beräknats med samma statistiska metodik som avgiftsunderlaget. Vid beräkning av tilläggsbeloppet skall ingå kostnader för mindre sannolika men inte orimliga händelser som ger kostnadsförändringar. Hänsyn tas därvid även till större variationer, exempelvis i koncept, lokalisering, tidplan och kostnadsdata samt störningar av olika slag. Resultatet erhålles som en statistisk fördelning av de totala kostnaderna som anger med vilken sannolikhet en given total kostnad kommer att innehållas.

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

1.2 BERÄKNINGSALTERNATIV

För att dimensionera slutförvar och transportsystem måste vissa antaganden göras beträffande driftförhållandena för kärnkraftblocken. Mängden använt bränsle och radioaktivt avfall som skall tas om hand bestäms bland annat av hur länge och vid vilken effekt reaktorerna drivs, samt deras utnyttjningsfaktorer.

Beräkningarna för avgiftsunderlaget skall enligt finansieringslagen göras för fallet att reaktorerna drivs i 25 år, eller minst t o m 1997 (vilket gäller Oskarshamn 1). Detta utgör den sk intjänandetiden med avseende på fonduppbyggnaden. För att belysa hur systemet påverkas av förlängda drifttider redovisas i rapporten även en kostnadsberäkning för fallet att alla reaktorer drivs i 40 år.

Som underlag för beräkningen av grundbeloppen har antagits en avställning av alla block på en plats vid beräkningsperiodens början. För årets rapport innebär detta drift t o m 1996-12-31.

Utifrån reaktorernas drifttider beräknas avfallsmängder och därigenom investeringar och drifttider för avfallssystemets anläggningar. Avfallsmängder för respektive alternativ redovisas översiktligt i följande avsnitt samt mer detaljerat i **Bilaga 1**.

I denna rapport antas att starttidpunkten för inkapsling och deponering liksom förutsättningar i övrigt är lika för de olika alternativen. Detta medför att drifttiden för transportsystemet, CLAB, inkapslingsanläggningen och djupförvaret bestäms av totala antalet kapslar som skall deponeras i respektive alternativ.

Storleken på lagringskapaciteten i CLAB påverkas också av mängden bränsle i de olika alternativen. SFR 1 förutsätts drivas så länge reaktorerna är i drift. För SFR 3 påverkas inte avfallsvolymer och drifttiden av olika alternativ utan driften förskjuts endast i tiden beroende på när reaktorerna rivs.

1.3 ENERGIPRODUKTION OCH AVFALLSMÄNGDER

Energiproduktionen i de svenska kärnkraftverken var under 1995 totalt 67 TWh, vilket motsvarar en genomsnittlig energiutnyttjningsfaktor på 77 %. Under 1994 var energiutnyttjningsfaktorn 80 % och under 1993 var den 67 %. Den lägre utnyttjningsfaktorn 1993 beror på att ett flertal reaktorer varit avställda för ombyggnad delar av året. Vid beräkning av förväntad framtida energiproduktion används utnyttjningsfaktorn 80 % för såväl BWR som PWR. Denna utnyttjningsfaktor motsvarar kraftföretagens bästa

bedömning och överensstämmer med deras redovisning till energikommissionen. Den tar även hänsyn till förväntade framtida renoveringsarbeten samt eventuella framtida störningar i driften.

Utnyttjningsfaktorn varierar ej i basscenariot eftersom en sådan variation påverkar både avfallsmängder och elproduktion, dvs såväl kostnads- som intäktssidan. En separat beräkning där den framtida utnyttjningsfaktorn antagits till 70 % redovisas därför i kapitel 4.4.

Inom basscenariot varierar utbränningsgraden för framtida elproduktion för BWR mellan 38 och 50 MWd/kgU. Motsvarande för PWR är 41 till 55 MWd/kgU.

Vid drift av samtliga reaktorer 25 år, eller minst t o m 1997, erhålls för referensfallet en total bränsleförbrukningen på mellan 6 100 och 6 500 ton uran beroende på antagen framtida utbränningsgrad. Den totala elproduktionen för basscenariot har beräknats till ca 1 650 TWh. Elproduktion och bränsleförbrukning per reaktorblock har sammanställts i Tabell 1.1. Denna Tabell gäller vid en framtida utnyttjningsfaktor på 80 % för samtliga reaktorer och en framtida medelutbränningsgrad på 42 MWd/kgU för BWR samt 44 MWd/kgU för PWR.

Tabell 1.1 Elproduktion (netto) och bränsleförbrukning vid drift av samtliga kärnkraftverk i 25 år (Oskarshamn I till och med 1997)

| Reaktor och datum för komersiell drift | Termisk effekt (MW) | Nettoeffekt (MW) | Energiproduktion (TWh) | | | Bränsleförbrukning (ton U) | |
|--|---------------------|------------------|------------------------|-----------------------|--------|----------------------------|--------|
| | | | T o m 1995 | Fr o m 1996 (årligen) | Totalt | Uttaget tom 1995 | Totalt |
| B1 1975-07-01 | 1 800 | 600 | 78,6 | 4,2 | 100 | 309 | 450 |
| B2 1977-07-01 | 1 800 | 600 | 73,2 | 4,2 | 100 | 268 | 430 |
| R1 1976-01-01 | 2 500 | 830 | 89,0 | 5,8 | 120 | 283 | 500 |
| R2 1975-05-01 | 2 570 | 870 | 92,2 | 6,1 | 120 | 279 | 430 |
| R3 1981-09-09 | 2 780 | 920 | 79,2 | 6,5 | 150 | 223 | 500 |
| R4 1983-11-21 | 2 780 | 920 | 77,0 | 6,5 | 160 | 225 | 540 |
| O1 1972-02-06 | 1 375 | 440 | 56,0 | 3,1 | 60 | 238 | 350 |
| O2 1974-12-15 | 1 800 | 600 | 81,1 | 4,2 | 100 | 301 | 440 |
| O3 1985-08-15 | 3 300 | 1 160 | 84,9 | 8,1 | 200 | 236 | 720 |
| F1 1980-12-10 | 2 930 | 970 | 101,0 | 6,8 | 170 | 324 | 660 |
| F2 1981-07-07 | 2 930 | 970 | 95,1 | 6,8 | 170 | 298 | 650 |
| F3 1985-08-22 | 3 300 | 1 160 | 85,7 | 8,1 | 200 | 229 | 710 |
| BWR Totalt | 21 735 | 7 330 | 744,6 | 51,4 | 1 220 | 2 487 | 4 910 |
| PWR Totalt | 8 130 | 2 710 | 248,4 | 19,0 | 430 | 727 | 1 470 |
| Samtliga Totalt kkv | 29 865 | 10 040 | 993,0 | 70,4 | 1 650 | 3 213 | 6 380 |

Huvuddelen av det använda bränslet kommer att mellanlagras i CLAB och därefter direktdeponeras. Utöver det bränsle som anges i Tabell 1.1 tillkommer ca 20 ton bränsle från Ågesta samt 23 ton Mox-bränsle med tyskt ursprung. Det senare bränslet ersätter 57 ton svenskt bränsle som tidigare levererats till Cogema. 1989 överlät SKB rätten till upparbetning hos Cogema till åtta tyska företag. 140 ton bränsle har även sänts till BNFL för upparbetning, varifrån inget avfall återsänds. Detta ger, vid framtida driftförhållanden enligt Tabell 1.1, dvs 25 års drift eller minst t o m 1997, en slutförvarsmängd på ca 6 200 ton uran.

Vid 40 års drift ökar mängden bränsle som skall slutförvaras till ca 9 500 ton uran och den totala elproduktionen till 2 700 TWh.

Utöver använt bränsle ger det svenska kärnkraftsprogrammet upphov till låg- och medelaktivt driftavfall från kärnkraftverken, CLAB och inkapslingsanläggningen. När anläggningarna rivs uppkommer rivningsavfall. I Tabell 1.2 sammanfattas beräknade avfallsmängder om alla reaktorer drivs i 25 år, eller minst t o m 1997. Avfallsmängderna redovisas i detalj i Bilaga 1. Aktivitetsinnehållet i de olika avfallstyperna är mycket olika. Kravet på hantering och slutförvaring blir därför beroende av avfallstyp.

Tabell 1.2 Huvudtyper av radioaktiva restprodukter att deponera

| Produkt | Huvudsakligt ursprung | Enhet | Antal enheter | Volym i slutlager m ³ |
|-----------------------------|--|-----------------------------------|---------------|----------------------------------|
| Använt bränsle | | kapslar | 3 000 | 12 800 |
| Alfa-kontaminerat avfall | Låg- och medelaktivt avfall från Studsvik | fat och kokiller | 2 800 | 1 700 |
| Härdkomponenter | Reaktordelar | kokiller | 1 400 | 9 500 |
| Låg- och medelaktivt avfall | Driftavfall från kärnkraftverk och behandlingsanläggningar | fat och kokiller | 48 100 | 76 400 |
| Rivningsavfall | Från rivning av kärnkraftverk och behandlingsanläggningar | främst 20 m ³ ISO-cont | 8 200 | 155 300 |
| Total mängd ca | | | 63 500 | 255 700 |

1.4 PRINCIPER FÖR AVFALLSHANTERINGSSYSTEMET

I denna rapport har som grund för tidplanen och utformningen av avfallshanteringsystemet antagits att:

- Kortlivat avfall skall deponeras i SFR snarast efter att det erhålls.
- Använt bränsle mellanlagras i CLAB innan det placeras i djupförvar. Därigenom begränsas värmeutvecklingen i djupförvaret. Tiden för mellanlagring är i basscenariot ca 30 år. Inverkan av en variation med ca 40 års mellanlagring studeras också.
- Övrigt långlivat avfall deponeras i anslutning till djupförvaret för använt bränsle.
- Rivning av kärnkraftverken antas påbörjas snarast möjligt efter avställning.

Inkapslingsanläggningen antas i basscenariot bli placerad vid CLAB och djupförvaret för använt bränsle och övrigt långlivat avfall antas bli placerad i norra Sverige, i inlandet alternativt vid kusten. Transporterna av avfallet antas ske med fartyg till närmaste hamn. Eventuella transporter från hamnen sker med järnväg.

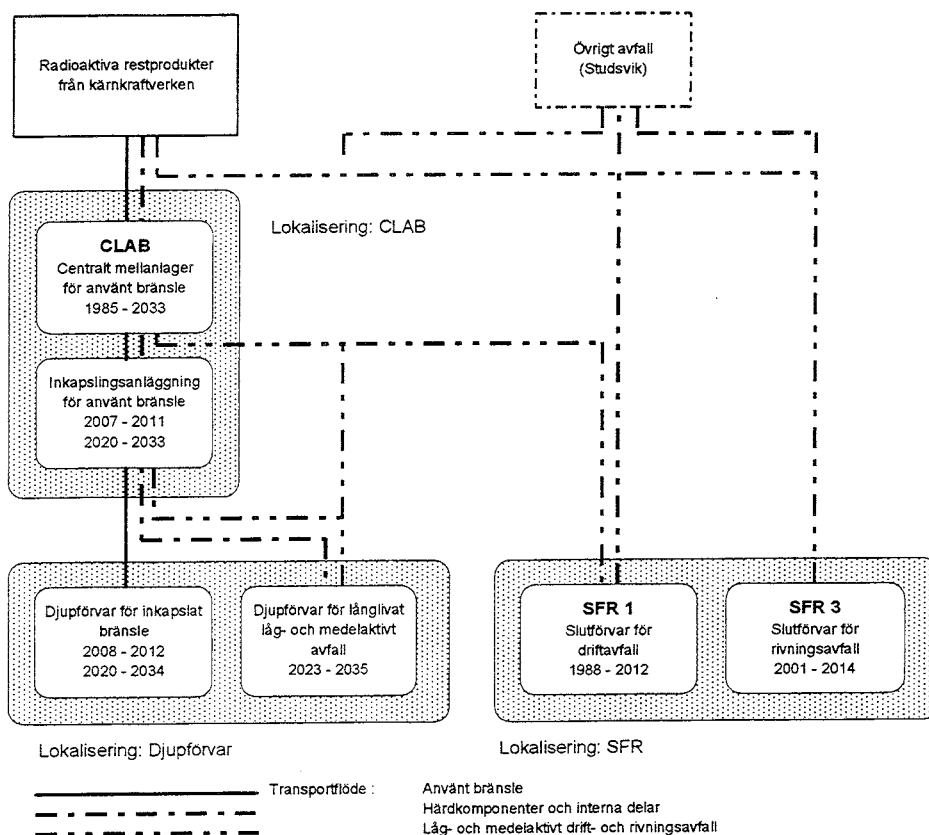
I SKBs senast framlagda program för forskning, utveckling och demonstration, FUD 95, föreslår SKB, i likhet med i FUD 92, att djupförvaringen genomförs stegvis. Djupförvaringen inleds med ett första steg då 400 kapslar deponeras. Därefter sker en utvärdering och förnyad licensiering innan beslut fattas om att bygga ut anläggningen i full skala. Basscenariot baseras på den i FUD 95 föreslagna strategin. Vid beräkning av tilläggsbeloppet studeras även inverkan av att bränslet återtas efter första steget och deponeras på annan plats.

2. ANLÄGGNINGAR OCH SYSTEM I BASSCENARIOT

2.1 ALLMÄNT

Det avfallshanteringssystem som har legat till grund för beräkningen av beloppet för avgiftsunderlag benämns basscenario. Här tas hänsyn till normala osäkerheter, variationer och störningar för ett projekt. Vid beräkningen av avgiftsunderlaget vägs variationernas inverkan på kostnaderna samman statistiskt. Basscenariot är baserat på alternativet drift av reaktorerna i 25 år, eller minst t o m 1997.

I detta kapitel ges en översiktlig beskrivning för de anläggningar, system och åtgärder som ingår i basscenariot. Deras funktion och utformning beskrivs kortfattat och de variationer som studerats och som påverkat utformning, personalbehov eller andra kostnadsposter berörs översiktligt. Flera av variationerna inom basscenariot påverkar flera anläggningar inom avfallssystemet. Deras påverkan på respektive anläggning beskrivs också nedan. En mer utförlig beskrivning av variationerna återfinns i kapitel 3.



Figur 2.1 Plan över hanteringen av kärnkraftens restprodukter (Angivna drifttider gäller för basscenariot utan störningar)

I FUD 95 presenterades program och planer för insatser vad gäller kapsel, inkapslingsanläggning och djupförvar. Baserat på detta underlag har översiktliga tidplaner för framtida anläggningar upprättats till grund för kostnadsberäkningarna. De innebär att inkapslingsanläggning och djupförvar skall byggas så att deponering av inkapslat bränsle kan börja år 2008. Tidplanerna ger tidigast möjliga investeringstidpunkter vilket är konservativt ur avgiftssynpunkt. Som variation studeras inverkan av att senarelägga deponeringen med 10 år.

I Figur 2.1 visas vilka anläggningar som ingår i basscenariot och hur avfallshanteringen planeras ske, samt anläggningarnas drifttider för det valda beräkningsfallet (utan hänsyn till variationer). Några av anläggningarna är i drift, vilket ger ett gott underlag för kostnadsberäkningarna. För övriga anläggningar har den slutliga utformningen ännu inte valts. Som underlag för kostnadsberäkningarna har emellertid en möjlig avfallshantering beskrivits samt layoutritningar och personalplaner upprättats. I variationerna tas hänsyn till de osäkerheter som finns beträffande utformning, personalstyrka, kostnadsdata mm.

2.2 FORSKNING, UTVECKLING OCH DEMONSTRATION

SKBs arbete med forskning, utveckling och demonstration (FUD) syftar till att ta fram nödvändiga kunskaper, underlag och data för att förverkliga slutförvaringen av använt kärnbränsle och annat långlivat radioaktivt avfall. Program för detta arbete presenteras av SKB vart tredje år. Det senaste programmet redovisades i september 1995 (ref. 3) och en granskningsrapport från SKI presenterades i maj 1996 (ref. 4).

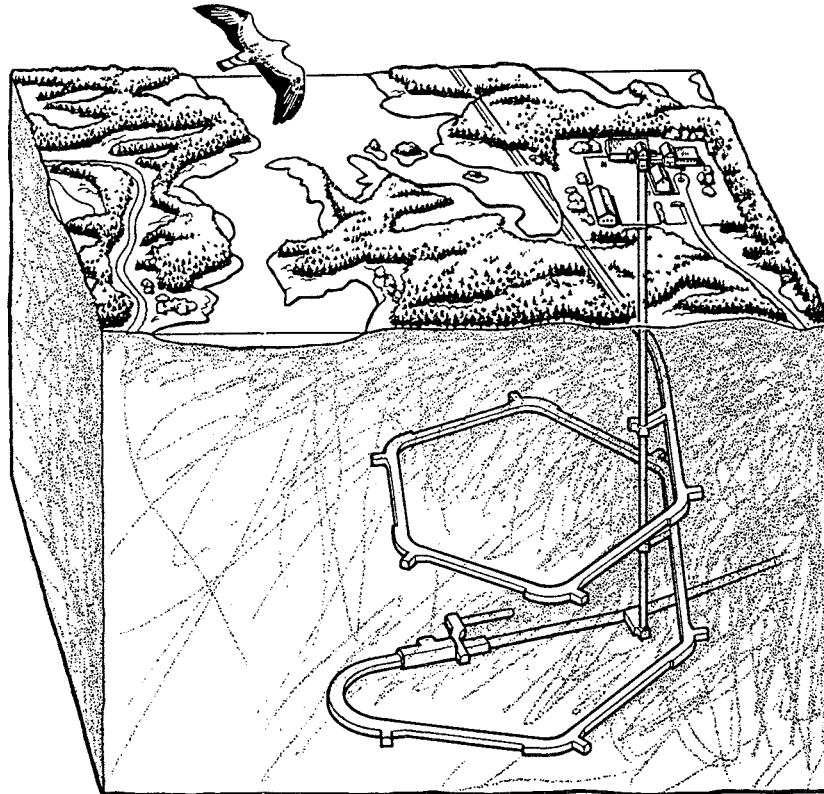
Under 1990-talet har FUD-arbetet inriktats mot de insatser som behövs för att genomföra byggande av en inkapslingsanläggning för använt kärnbränsle och ett djupförvar för inkapslat bränsle. Förutom det rena projekteringsarbetet och säkerhetsanalyser krävs en relativt omfattande stödjande Forskning och Utveckling med tonvikt på utveckling av underlaget för säkerhetsanalyser.

En viktig komponent i FUD-verksamheten är Äspö-laboratoriet. Äspö-laboratoriet används för att pröva, verifiera och demonstrera de undersökningsmetoder som senare skall användas för detaljerade studier av kandidatplatser för djupförvaret, samt för att studera och verifiera funktionen för olika komponenter i slutförvarssystemet. Det skall även användas för att utveckla och testa teknik för deponering. En principskiss över laboratoriet visas i Figur 2.2.

I basscenariot antas forskning, utveckling och demonstration, inklusive verksamheten i Äspö pågå tills deponering i andra etappen påbörjas.

Kostnaderna påverkas, förutom av osäkerheter i omfattningen av forskningsinsatserna i sig, även av andra variationer som påverkar tidplanen, t ex senarelagd deponering.

Tidiga kostnader för djupförvarsprojektet d v s platsundersökningar, projektering och detaljundersökningar redovisas i årets kostnadssammansättning under rubriken djupförvar. På samma sätt redovisas kostnader för kapselstudier under rubriken inkapslingsanläggning.



Figur 2.2 Principskiss över Äspö-laboratoriet

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.

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. Driften och underhållet av fartyget sköts av Rederiaktiebolaget Gotland.

Till årsskiftet 1995/96 har totalt 2 300 ton bränsle transporterats från kärnkraftverken till CLAB och ca 18 300 m³ låg- och medelaktivt avfall till SFR.

Vid transportererna används behållare som konstruerats för att fylla höga krav på strålskärning och tåla stora yttre påkänningar. Använt bränsle, härdkomponenter och interna delar transporteras i cylindriska transportbehållare. En transportbehållare rymmer 3 ton bränsle. För transport av medelaktivt avfall till SFR används strålskärmande stålbehållare. De rymmer ca 20 m³ avfall och maximala transportvikten per behållare är 120 ton. För lågaktivt avfall från driften liksom för huvuddelen av rivningsavfallet kan standardcontainrar användas. För närvarande omfattar systemet 10 st transportbehållare för använt bränsle, 2 st för härdkomponenter och 27 st strålskärmande behållare för medelaktivt avfall.

Vid lastning och lossning transporterats behållarna kortare sträckor mellan lager och fartyg med hjälp av speciella terminalfordon, se Figur 2.3. För närvarande används fem fordon.



Figur 2.3 Terminalfordon med bränsletransportbehållare

Då lokaliseringen av djupförvaret för långlivat avfall ännu ej bestämts har i basscenariot antagits att ca 750 km sjötransporter utförs från inkapslingsanläggningen vid CLAB till en hamn för eventuell vidare transport med järnväg till djupförvaret. Det inkapslade bränslet placeras vid transporten i transportbehållare av liknande typ som används för bränslet i dag. Transporter av övrigt långlivat avfall och driftavfall från CLAB, inkapslingsanläggningen och Studsvik planeras ske i speciellt utformade transportbehållare.

Kostnaderna för transportsystemet baseras på hittillsvarande erfarenheter och varierar med hänsyn till osäkerheter i driftkostnader och framtida reinvesteringsbehov, såsom inköp av transportbehållare, fartyg mm. Transportsystemets kostnader påverkas även av andra variationer som förändrar drifttiden för hela avfallssystemet, främst kapselantal och kapacitet i inkapslinganläggningen, samt starttidpunkten för inkapsling och deponering.

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 dimensionerades ursprungligen för att lagra ca 3 000 ton bränsle (uranvikt) i 4 bassänger. Genom att införa nya lagringskassetter har kapaciteten i dessa bassänger ökat till ca 5 000 ton.

Vid årsskiftet 1995/96 fanns bränsle motsvarande 2 300 ton uran i anläggningen. I anläggningen förvaras även hårdkomponenter och interna delar, som skall slutlagras i djupförvaret.

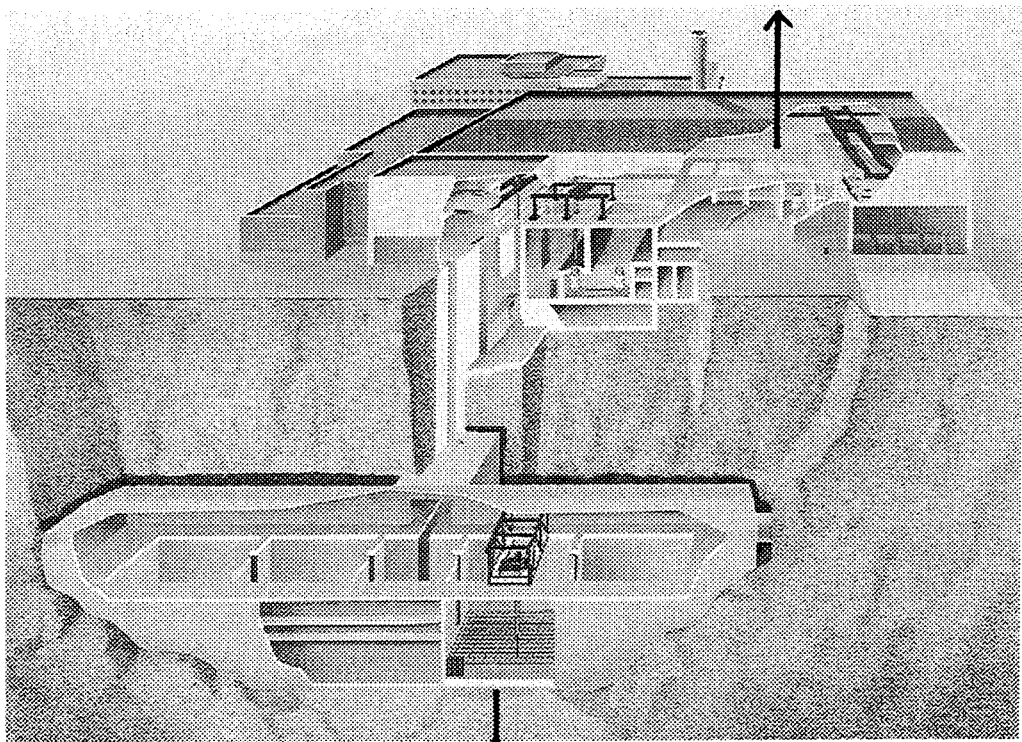
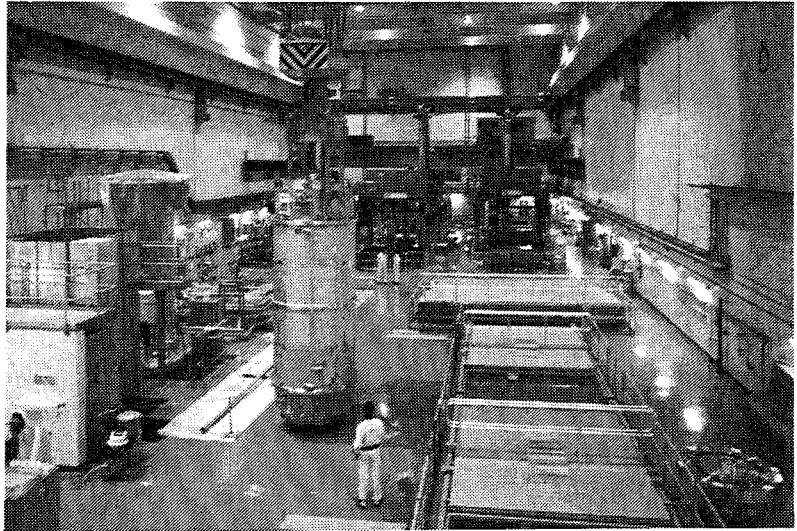
CLAB består av en ovanjordsdel för mottagning av bränsle och en underjordsdel med förvaringsbassängerna. I ovanjordsdelen inryms även utrustning för ventilation, vattenrening och kylning, avfallshantering, elsystem m m jämte utrymmen för administration och driftpersonal. Mottagning av bränsle och all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

Förvaringsbassängerna är placerade i ett bergrum och utförda i betong med rostfri plåtinklädnad. En bassäng rymmer 300 kassetter. Bränslet kommer i första hand att lagras i nya kassetter med antingen 25 BWR-element eller 9 PWR-element. De nya kassetterna har mellanväggar av borstål för att bibehålla kriticitetssäkerhet vid den tätare packningen. De ursprungliga kassetterna innehåller 16 BWR-element eller 5 PWR-element. Omlastning från gamla till nya kassetter pågår.

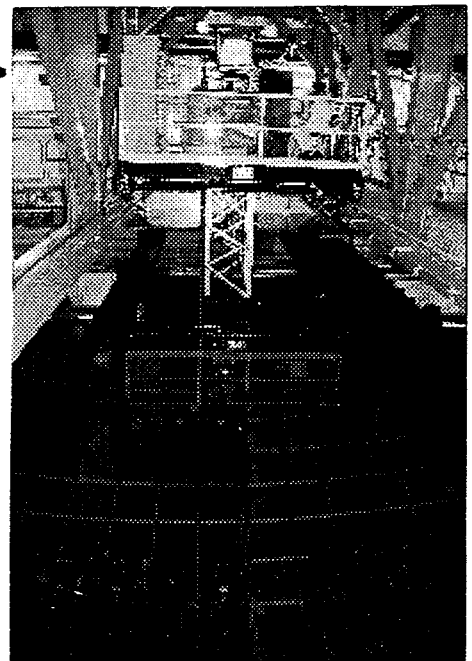
Mot slutet av 1990-talet kommer kapaciteten att byggas ut, så att allt bränsle från det svenska programmet skall kunna lagras i CLAB. Utbyggnaden av lagret antas i denna redovisning ske genom att ett nytt bergrum byggs parallellt med det befintliga.

Den fasta personalstyrkan under drift är f n ca 50 man. Härtill kommer servicepersonal som huvudsakligen tas ur OKG:s ordinarie basorganisation. I genomsnitt motsvarar dessa insatser ca 60 helårstjänster. Under perioder, då in- eller utlastningstakten reduceras, kan personalstyrkan minskas.

**Hantering av transport-
behållare i mottagningsdelen**



**Hantering av kassett
i lagringsdelen**



Figur 2.4 CLAB, etapp 1

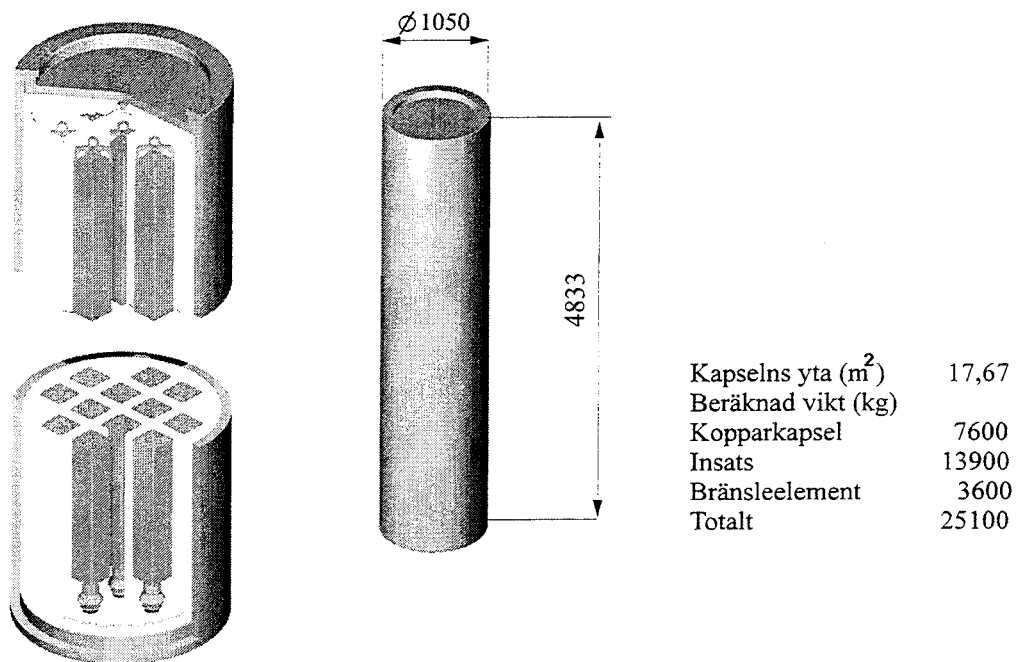
Sedan allt bränsle och övrigt avfall transporterats bort skall ovanjordsdelarna rivas liksom de delar av förvaringsbassängerna som har blivit aktiva. Det avfall som är radioaktivt sänds till djupförvaret.

Kostnaderna för CLAB baseras på hittillsvarande erfarenheter och varierar med hänsyn till osäkerheter i driftkostnader, främst personalbehov, samt olika konstruktionslösningar för utbyggnaden av förvaringskapaciteten. CLAB påverkas även av andra variationer som förändrar drifttiden för hela avfallssystemet, främst kapselantal och kapacitet i inkapslinganläggningen, samt starttidpunkten för inkapsling och deponering.

2.5 INKAPSLINGSANLÄGGNING FÖR ANVÄNT BRÄNSLE

Innan det använda bränslet placeras i djupförvar skall det kapslas in i en beständig kapsel. Inkapslingen planeras ske i en ny anläggning i anslutning till CLAB. Även övrigt långlivat avfall kommer att behandlas i inkapslingsanläggningen. Exempel på sådant avfall är hårdkomponenter.

I FUD 95 föreslås kapseln bli utförd med en insats av stål, som ger mekanisk hållfasthet, och en yttre del av koppar, som ger korrosionsskydd, se Figur 2.5. Kapseln rymmer upp till 12 BWR-element med boxar eller 4 PWR-element. Det slutliga antalet element per kapsel beror på bränslets resteffekt vid deponeringen.



Figur 2.5 Kopparkapsel med inre stålbehållare

Inkapslingsanläggningen kommer att innehålla följande funktioner:

- Inkapslingsdel för inplacering av bränsle i kapsel, förslutning av kapsel samt kvalitetskontroll.
- Hantering och ingjutning av hårdkomponenter och interna delar i betongkokiller.
- Uttransportdel för kapslar och betongkokiller. Uttransport sker i strålskärmda transportbehållare.
- Hjälpssystem med bl a kyl- och ventilationssystem samt el- och kontrollutrustning.
- Personal- och kontorsutrymmen samt förråd.

Anläggningen projekteras för en tillverkningskapacitet av i genomsnitt 210 bränslekapslar per år. (En kapsel per arbetsdag under 10 månader.) Totala drifttiden beräknas dock med en total produktions- och deponeringstakt på 200 kapslar per år, för att ta hänsyn till eventuella störningar i t ex transportsystemet under vinterhalvåret. I kostnadsberäkningen varierar dock produktions- och deponeringstakten med +/- 50 kapslar per år, vilket påverkar drifttiderna för hela avfallssystemet.

Anläggningen drivs huvudsakligen på dagtid. I beräkningarna har hänsyn tagits till de samordningsfördelar vad gäller driftpersonal som fås då inkapslingsanläggningen placeras vid CLAB.

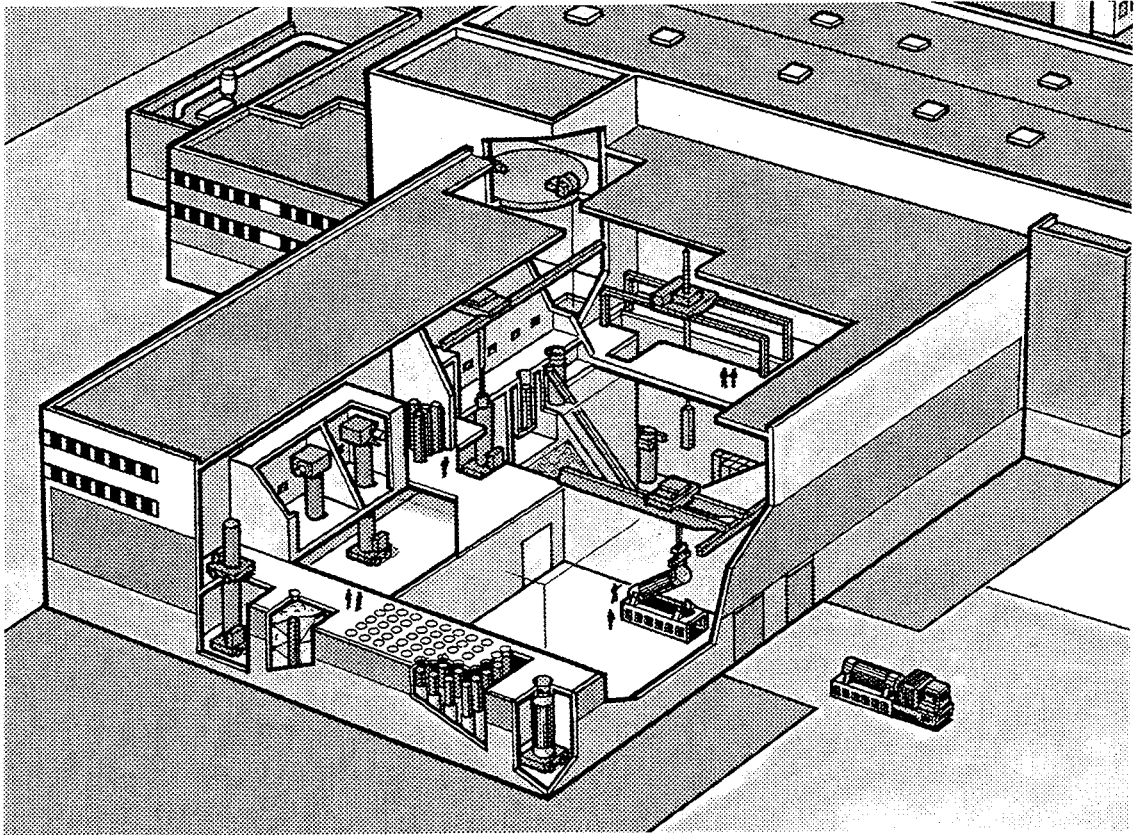
Totalt för det valda beräkningsfallet, dvs 25 års drift av alla reaktorer, kommer ca 3 000 kapslar tillverkas i inkapslingsanläggningen. Antalet kapslar beror av mängden bränsle och fyllnadsgraden i kapslarna. Dessa påverkas främst av den framtida utbränningsgraden av bränslet och maximalt tillåten temperatur på kapselytan.

Under första deponeringsperioden, åren 2008-2011, antas att 400 kapslar tillverkas för deponering. Tillverkningen av resterande kapslar påbörjas år 2020 och pågår ca 15 år. Därefter kommer anläggningen att rivas.

Innan utformningen av inkapslingsanläggningen och kapseln har fastlagts kvarstår alltså en del osäkerheter. Utöver de variationer som berörts ovan inkluderas därför i basscenariot även en del variationer i kostnaden för att bygga och driva anläggningen, samt i tillverkningskostnaden för tomma kapslar.

Vidare påverkas inkapslingen av andra variationer som görs för djupförvaret och som påverkar antalet kapslar och därmed drifttiden, främst variationer av maximalt tillåten temperatur på kapselytan.

I kostnaderna för inkapslingsanläggningen ingår även kostnader för pågående utveckling av tillverknings- och förslutningsteknik för kapseln, t ex det planerade Kapsellaboratoriet i Oskarshamn.



Figur 2.6 Inkapslingsanläggning för använt bränsle

2.6 DJUPFÖRVAR FÖR LÅNGLIVAT AVFALL

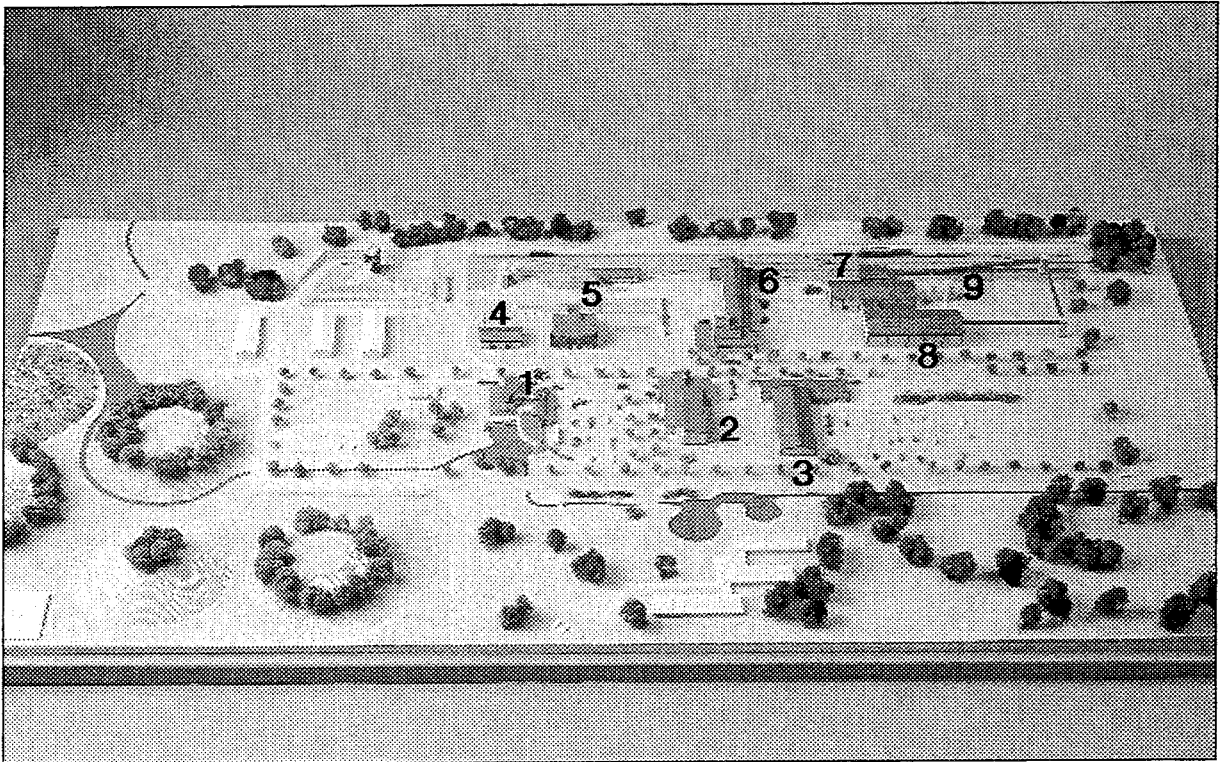
Yttre anläggningar och industriområde

Djupförvaret för långlivat avfall antas i basscenariot för kostnadsberäkningarna vara placerat i Sveriges norra delar, i inlandet alternativt vid kusten. Transporterna antas ske med fartyg till en befintlig hamn och eventuella transporter därifrån med järnväg till djupförvaret. I kostnads kalkylen har hamnen kompletterats med en separat kaj, breddad och fördjupad inseglingränna, hamnplan samt förrådsbyggnad för bentonit. Vid en placering av djupförvaret i inlandet antas att 20 km järnväg behöver nyanläggas med anskaffning av tillhörande utrustning (lok, vagnar o d). I variationen tas nyanläggning av upp till 70 km järnväg med. Samtliga kostnader för transporten från kusten till djupförvaret ingår i kostnaderna för djupförvarets gemensamma anläggningar.

Arbetet med lokalisering av djupförvaret bedrivs i enlighet med FUD-95 stegvis med förstudier, platsundersökningar och detaljundersökningar. Kostnaderna för förstudier och platsundersökningar redovisas under

rubriken investeringar för djupförvar industriområde, och kostnaderna för detaljundersökningarna som innefattar en ramp ned till djupförvarsnivån redovisas under investering för djupförvar - bränsle.

Djupförvarets industriområde kommer att innehålla ett antal byggnader och servicefunktioner, se Figur 2.7. Omfattningen kommer att vara beroende av platsspecifika förhållanden samt slutlig utformning av vissa funktioner t ex transporter mellan markytan och förvarsnivån, d v s schakt alternativt ramp.



Figur 2.7. Modell av industriområdet vid djupförvaret

I denna rapport har förutsatts att följande byggnader finns inom industriområdet:

1. Informationsbyggnad med matsal
2. Entrébyggnad med kontor och verkstäder
3. Personal- och förrådsbyggnad
4. Servicebyggnader för råvattenbehandling, sanitärt avlopp, värmecentral etc
5. Ventilationsbyggnad
6. Mottagningsbyggnad för transportbehållare med kapslar och övrigt avfall

7. Produktionsbyggnad för högtryckskompacktering av bentonit
8. Förråd för återfyllnadsmassor
9. Förråd för bentonit

Under driftskedet kommer ca 200 personer att vara sysselsatta vid djupförvaret.

Vid djupförvaret finns fyra olika slutförvarsutrymmen:

- Djupförvar för använt bränsle
- Djupförvar för långlivat låg- och medelaktivt, som skall rymma
 - driftavfall från CLAB (efter 2012) och inkapslingsanläggningen samt långlivat låg- och medelaktivt avfall från Studsvik
 - rivningsavfall från CLAB och inkapslingsanläggning
 - härdkomponenter och interna reaktordelar

En översikt av djupförvarets industriområde och förvarsdelar framgår av Figur 2.8.

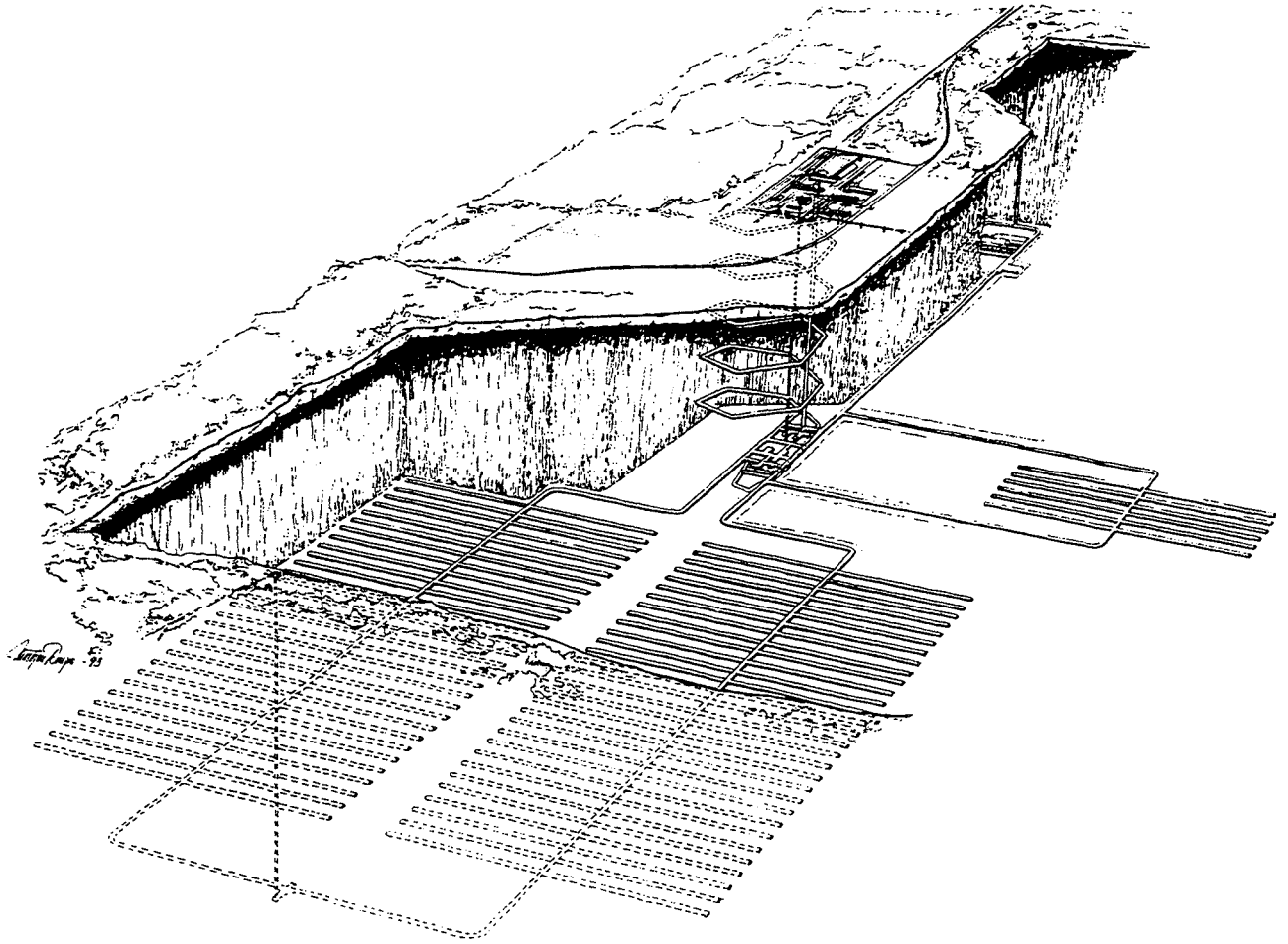
Djupförvar för använt bränsle

Djupförvaret för använt bränsle planeras, enligt FUD 95, att läggas ca 500 meter under markytan. Förvarsdjupet varierar i kostnadsberäkningen mellan 400 och 700 meter. Förvarsområdena kommer att nås via hisschakt alternativt ramp. Vilket nedfartssystem som är lämpligast beror på tekniska faktorer men även på lokala förhållanden. I beräkningen beaktas en kombination av schakt och ramp.

Utformningen av djupförvaret är anpassad till att deponeringen av bränsle sker stegvis. I första steget deponeras 400 kapslar. Det förutsätts att en separat förvarsdel arrangeras för dessa i djupförvaret.

Djupförvarets centralområde under jord kommer, vid schaktalternativet, att vara lokaliserat direkt under industriområdet, medan rampalternativet ger större flexibilitet i placeringen. Centralområdet är anpassat till de antagna förutsättningarna för transporter av kapslar och långlivat avfall i transportbehållare ned till förvarsnivån och till att urlastning av transportbehållare sker där.

Placeringen av djupförvarets olika deponeringsområden kommer att vara beroende av platsspecifika förhållanden men kommer att bestå av två separata områden för de två deponeringsstegen.



Figur 2.8 Djupförvar - översikt

Kapslarna med bränsle placeras i borrhade vertikala hål i tunnelbotten. Avståndet mellan deponeringshålen är ca 6,0 m och avståndet mellan tunnarna är ca 40 m. Kopparkapslarna omges i deponeringshålen av ett 35 cm tjockt lager av kompakterad bentonit. Tunnel- och hålavstånd har valts så att temperaturen i bentoniten ej överstiger 90 °C, vid en ursprunglig bergtemperatur på 15 °C. Antalet deponeringshål är ca 3 000, varav ca 400 i steg 1. För att ta hänsyn till vissa bergpartier, där deponering ej bör ske, har kostnader medtagits för 10 % extra tunnellängd.

I kostnadsberäkningen varierar bland annat maximalt tillåten temperatur på kapselytan mellan 80 och 100 °C, samt de termiska parametrarna för bentonit och berg. Detta påverkar mängden bränsle som kan accepteras per kapsel och därmed antalet kapslar och deponeringshål, samt avstånden mellan deponeringshål och tunnlar. Vidare varierar den extra tunnellängden för att ta hänsyn till variationer i bergförhållanden.

Kopparkapslarna transporteras från inkapslingsanläggningen vid CLAB till djupförvaret i speciella transportbehållare. Transportbehållarna förs ned till förvarsnivån och transporteras till aktuell deponeringstunnel. Där förs den liggande kapseln över till deponeringsmaskinen.

Deponeringen av kapseln förbereds genom att bottenplattan och ringarna av bentonit placeras i deponeringshålet med separat hanteringsutrustning.

När deponeringsmaskinen befinner sig över deponeringshålet reses kapseln till vertikalläge och sänks ned i hålet, varefter resterande kompakterade bentonitringar och bentonitblock över kapseln placeras i deponeringshålet med hjälp av samma hanteringsutrustning. Som variation studeras inverkan av andra deponeringsmetoder, t ex deponering av kapsel ihop med bentonitpaket.

Deponeringstunnlarna återfylls successivt med en blandning bestående av 15 % bentonit och 85 % bergkross. I variationsberäkningarna används bentonit och sand resp enbart bergkross.

Utsprängning av nya deponeringstunnlar sker samtidigt med deponering av kapslar samt återfyllning av deponeringstunnlar. Härvid kommer byggaktiviteter att avskiljas från deponeringsarbetet.

Deponering av kopparkapslar planeras att pågå i ett första steg under 2008-2011. Därefter sker en utvärdering innan fortsatt utbyggnad. Deponeringen av resterande kapslar antas här ske från år 2020 och ca 15 år framåt. Efter avslutande förslutning av resterande deponeringstunnlar återfylls transporttunnlar och schakt.

Innan utformningen av djupförvaret har fastlagts kvarstår alltså en del osäkerheter. Utöver de variationer som berörts ovan inkluderas därför i basscenariot även en del variationer i kostnaden för att bygga och driva anläggningen, samt i förslutningskostnaden.

Vidare påverkas djupförvarets drifttid av andra variationer som påverkar tidplanen för hela avfallssystemet, t ex ändrad inkapslingskapacitet och senarelagd start av inkapsling och deponering.

Djupförvar för långlivat avfall låg- och medelaktivt avfall

Djupförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall, som antagits ligga på samma nivå som bränsleförvaret, nås via centralområdet för det använda bränslet. Förvaret ligger ca en kilometer från bränsleförvaret. Tunneln som förbinder dem kommer att förslutas på samma sätt som deponeringstunnlarna med en blandning av bentonit och bergkross. Vid utformningen av denna förvarsdel behöver hänsyn ej tas till temperatureffekter eftersom värmeavgivningen är obetydlig.

Förvaret för låg- och medelaktivt driftavfall och för avfall från Studsvik utgörs av en 70 m lång bergsal. I denna deponeras driftavfall från CLAB (efter 2012) och inkapslingsanläggning samt långlivat låg- och medelaktivt avfall från Studsvik. Avfallet staplas i betongceller 2,5 m i fyrkant, varefter resterande tomrum i cellerna fylls med betong. All hantering utförs fjärrstyrt med en travers. Utrymmet mellan betongcellerna och

berget utfylls med en blandning av bentonit och bergkross i samband med förslutning av förvaret.

Förvaret för rivningsavfall utgörs av det tunnelsystem som måste byggas för de övriga förvaren. Lågaktivt rivningsavfall från CLAB och inkapslingsanläggning, transportbehållare m m, som skall slutlagras i ett sent skede, placeras i detta förvar innan förslutningen av anläggningen görs.

Förvaret för hårdkomponenter och reaktordelar består av tre ca 130 m långa tunnlar, vari de långa betongkokillerna för hårdkomponenter m m placeras. Intransporten sker med en fjärrstyrd travers och kokillerna placeras fem i höjd tvärs tunnelns längdriktning. Kokillerna placeras i betongsektioner som rymmer 50 kokiller. När sektionen är fylld driftförsluts sektionen med hjälp av betongplank.

2.7 SLUTFÖRVAR FÖR REAKTORAVFALL, SFR

Vid Forsmarks kärnkraftverk drivs sedan 1988 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 ett förvar i anslutning till djupförvaret.

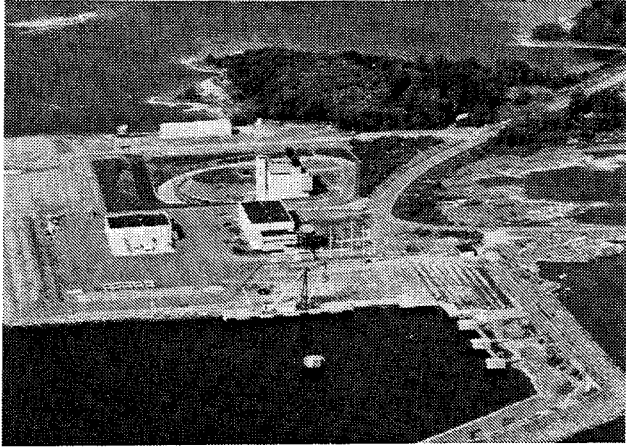
I SFR slutlagras även radioaktivt avfall från CLAB och likartat radioaktivt avfall från icke elproducerande verksamhet, bland annat Studsvik.

SFR 1

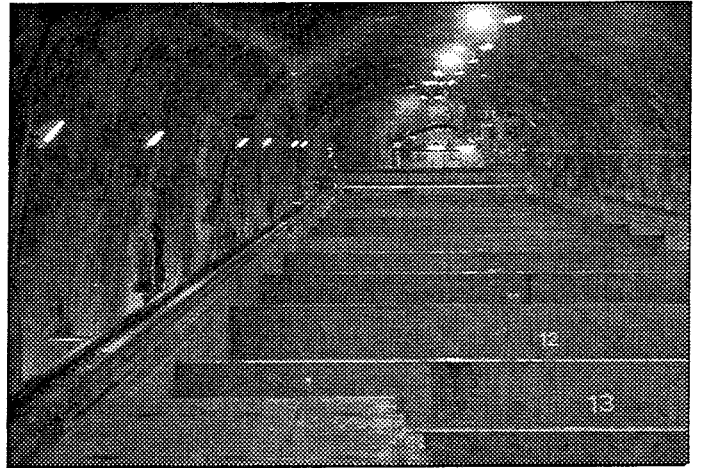
SFR 1 består av fyra stycken 160 m långa bergsalar samt en 70 m högt cylindriskt bergrum som innehåller en betongsilo. I silon placeras det avfall, som innehåller huvuddelen av de radioaktiva ämnena. Figur 2.9 visar en skiss av SFR 1 och bilder från olika förvarsutrymmen.

Vid valt beräkningsfall, 25 års drift av alla reaktorer kommer SFR 1 att rymma maximalt 60 000 m³ avfall. En utbyggnad av SFR 1 är alltså inte aktuellt vid detta beräkningsfall.

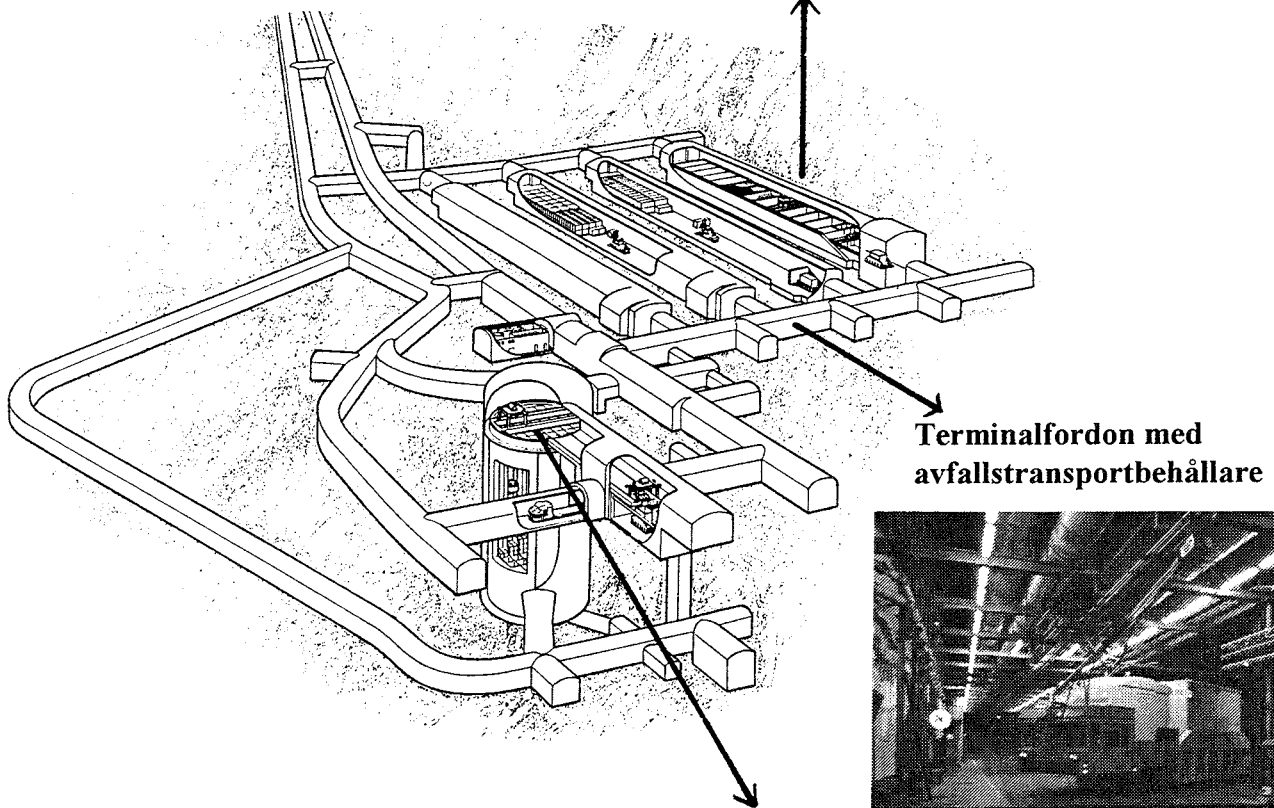
Betongsilon står på en bädd av sand och bentonit. Invändigt är den uppdelad i vertikala fack, där avfallet placeras och kringgjuts med betong. Utrymmet mellan silon och berget har fyllts med bentonit. Utrymmet ovanför silon kommer, när silon är full, att fyllas ut med en sand-bentonitblandning.



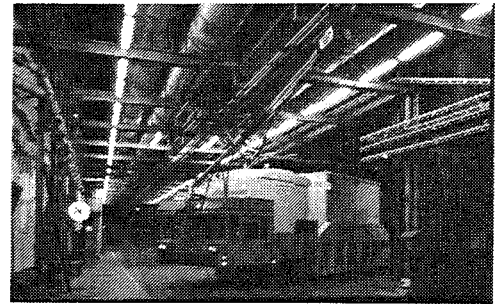
Vy över ovanjordsdelen



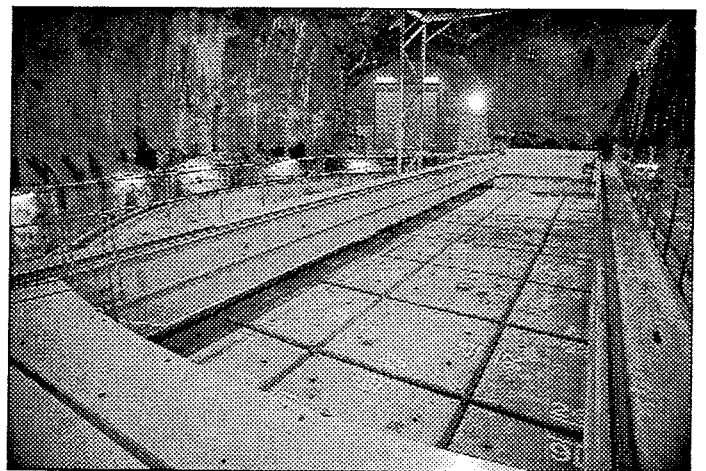
Vy över lager för medelaktivt avfall



Terminalfordon med avfallstransportbehållare



Vy över silotopp



Figur 2.9

SFR 1

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 antas i basscenariot förslutas i början av 2010-talet. Under drift behövs en personalstyrka på ca 15 man. Härtill kommer stödtjänster från Forsmarksverkets ordinarie basorganisation.

Vid årsskiftet 1995/96 hade ca 18 300 m³ avfall deponerats i SFR.

SFR 3

Rivningsavfallet från kärnkraftverken och Studsvik kommer att deponeras i SFR 3, som planeras bestå av 5 bergsalar av liknande typ som i SFR 1. Huvuddelen av rivningsavfallet kan transporteras i standardcontainrar, vilka utan att tömmas, placeras i bergsalar. I SFR 3 kommer totalt ca 140 000 m³ rivningsavfall att lagras.

SFR 3 kommer att vara i drift samtidigt som kärnkraftverken rivs och sysselsätta en personalstyrka ungefär motsvarande SFR 1.

SFR 1 och SFR 3 omfattas endast av mindre variationer i kostnader för drift, försegling och rivning. SFR 3 varierar även med avseende på avfallsvolymer vid rivningen.

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. 5).

Tidplanen för när kärnkraftverken skall rivas påverkas av en rad olika faktorer. Rivningen kan genomföras på ett säkert sätt kort tid efter avställning, men det kan finnas tekniska fördelar med en senare rivning. Här antas dock att verken rivs tidigt.

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

Under perioden från det att blocket tas ur drift till dess rivningen påbörjas sker borttransport av bränsle, dekontaminering samt förberedelser för rivning. Denna driftperiod benämns 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 mellanlagrat i CLAB under ca 20-30 år, innan det slutdeponeras i djupförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall. Övrigt radioaktivt rivningsavfall kommer att transporteras direkt till SFR 3 och deponeras där. En stor mängd av rivningsavfallet kan friklassas, efter eventuell dekontaminering.

För att ta hänsyn till osäkerheter i kostnaden för avställningsdrift och direkta rivningskostnader varierar dessa i kostnadsberäkningen med upp till 40 %, vilket motsvarar ett förändrat personalbehov under avställningsdriften och större komplikationer vid själva rivningen. Erfarenheter från jämförelser med utländska studier har härvid använts.

3. BERÄKNINGSMETODIK

3.1 ÖVERSIKT

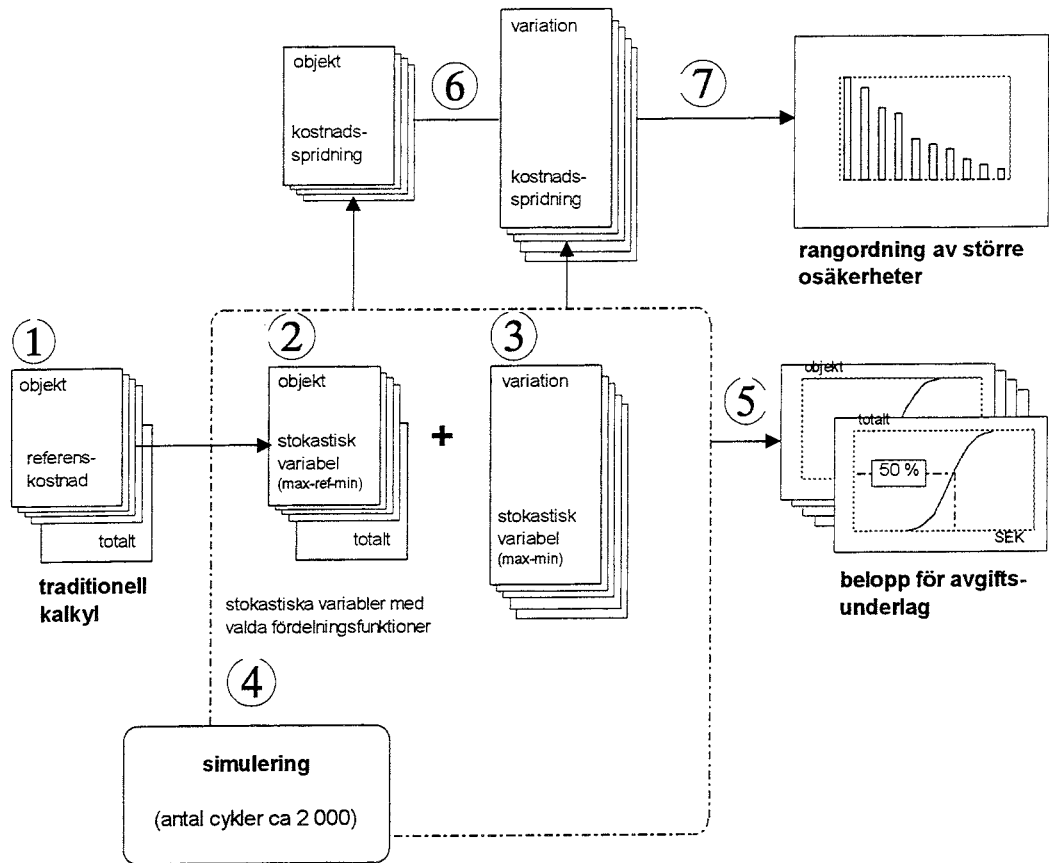
För beräkningen av avgiftsunderlaget tillämpas en statistisk beräkningsmetod som tar hänsyn till de variationer och osäkerheter som naturligt finns med vid bedömningen av kostnaden för ett projekt, speciellt i ett tidigt skede. Metoden utgår från en kalkylprincip benämnd "Successiv kalkylering" (ref 6), som utvecklats speciellt som ett verktyg för hantering av denna typ av osäkerheter i projekt.

Metoden tillämpar vedertagna statistiska principer. Varje kostnadspost eller variation betraktas som en variabel som med varierande grad av sannolikhet kan anta olika värden. För varje kostnadspost och variation väljs en lämplig fördelningsfunktion.

Den totala kostnaden erhålls sedan genom addering av samtliga kostnadsposter enligt de regler som gäller för addering av stokastiska variabler. Utfallet erhålls som resultatet av ett stort antal beräkningscykler, där varje cykel innebär en beräknad totalkostnad för ett visst utfall av de ingående kostnadsposterna och variationerna. Resultatet presenteras sedan som en fördelningsfunktion, som anger med vilken sannolikhet en totalkostnad kommer att innehållas. Sannolikheten 50% innebär exempelvis att sannolikheterna för ett överskridande respektive underskridande är lika stora. Vilken sannolikhetsnivå som väljs vid presentationen av resultaten är beroende av syftet med kalkylen. För avgiftsunderlaget som skall återspegla ett troligt kostnadsutfall används 50%-nivån.

Metoden ger även som resultat indikationer på var de större osäkerheterna finns. Dessa kan sedan brytas ner och studeras mer ingående varefter beräkningen upprepas och då med en minskad osäkerhet som resultat. Denna "successiva" konvergering mot ett alltmer korrekt resultat har gett metoden dess benämning.

Metodens tillämpning i föreliggande kalkyl är schematiskt illustrerad i Figur 3.1 nedan. Beskrivningen som följer ansluter till beteckningarna i figuren.



Figur 3.1 Schematisk beskrivning av kalkyleringsstegen (sifferbeteckningar med hänvisning i texten)

Ingångsvärden i kalkylen erhålls med utgångspunkt från sk referenskostnader för varje kalkylobjekt samt för totalen (1). Referenskostnaderna beräknas med en traditionell kalkyl, liknande tidigare års beräkningar och utan variationer, se avsnitt 3.2. Indelningen i kalkylobjekt motsvarar i princip de olika kostnadsslagen för respektive anläggning, dvs investering, drift, förslutning etc.

Nästa steg är att bestämma vilka variationer och osäkerheter som skall ingå i kostnadsberäkningen. Dessa kan vara av karaktären att de påverkar kalkylobjekt i flera delar av avfallssystemet (3), t ex ändrad tidplan eller ändrat antal kapslar, eller att de bara påverkar ett kalkylobjekt (2), t ex osäkerhet i personalstyrka eller kapselkostnad. Varje variation definieras till omfattning och en bedömning görs av vilka kalkylobjekt som påverkas av variationen. Vid bestämningen av omfattningen anges ett intervall som med ca 80 % sannolikhet kommer att innehållas. Variationerna beskrivs närmare i avsnitt 3.3.

Därefter värderas kostnadspåverkan av de variationer man valt att inkludera i basscenariot på olika kalkylobjekt. Genom att såväl kalkylobjekten som variationerna definierats inte bara med sina respektive referenskostnader utan även med ett intervall (lägsta respektive högsta

kostnad relaterade till en viss sannolikhet för att de skall innehållas) kan de ingående kostnadsposterna beskrivas som stokastiska variabler med tillhörande fördelningsfunktioner. Funktionerna väljs så att sannolikhetsfördelningen så väl som möjligt ansluter till variationens karaktär. Sålunda beaktas speciella egenskaper såsom en markant snedfördelning av utfallet eller ett antingen-eller-värde.

Slutligen sker en statistisk summering av kostnaderna. Det görs genom att totalkostnaden beräknas för ett statistiskt valt utfall av de ingående kostnadsposterna och variationerna. Denna beräkning upprepas i tillräckligt många cykler (ca 2 000) för att säkerställa att slutresultatet håller en acceptabelt låg felmarginal.

Resultatet ger för varje objekt liksom för systemet i sin helhet ett medelvärde av kostnaden och kostnadens standardavvikelse vilka tillsammans definierar en fördelningsfunktion (5) ur vilken kostnaden kan erhållas för vald sannolikhet. Dessutom avtappas under beräkningens gång delresultat (6) som ger möjlighet att värdera och rangordna osäkerheterna i analysen (7).

Då flera av de variationer som tas med i beräkningarna har en betydande tidplanepåverkan blir slutresultatet beroende av vilken realränta som används. Beräkningarna genomförs därför som ett flertal nuvärdesberäkningar med olika antaganden om realränta vid diskonteringen.

Den ovan beskrivna relativt omfattande processen görs för alternativet med drift av reaktorerna i 25 år (eller minst t o m 1997). Kostnaderna för alternativen drift 40 år respektive drift t o m 1996, som ger underlag för grundbeloppet, erhålls genom relativt enkla marginalkostnadsberäkningar med den förra kalkylen som bas. Även beräkningen av inverkan av vald utnyttjningsfaktor har gjorts på detta sätt.

Underlaget för tilläggsbeloppet beräknas på samma sätt som avgiftsunderlagsbeloppet. Här inkluderas dock större system- och tidplanemässiga variationer.

3.2 BERÄKNING AV REFERENSKOSTNAD

Referenskostnaden beräknas med en traditionell kalkyl. Som grund för den ligger funktionsbeskrivningar för varje anläggning, vilka resulterar i layoutritningar, utrustningslistor, personalprognoser etc. För anläggningar och system som är i drift är detta underlag mycket detaljerat, medan detaljeringsgraden är lägre för framtida anläggningar.

För varje kostnadspost beräknas en baskostnad som 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. Dessa kostnader är likaså relativt väl kända och har beräknats utgående ifrån det bedömda servicebehovet under anläggningsskedet.

3.3 VARIATIONER I BASSCENARIOT

Metoden att hantera osäkerheter i kalkylen bygger på en systematisk identifiering och värdering av händelser vilka kan påverka kostnadsutfallet i väsentlig grad. Händelserna, som kan vara av såväl inre som yttre karaktär, ger i sin tur upphov till variationer i referenskonceptet, tekniska, ekonomiska eller administrativa. Variationerna kvantifieras med ett "lägsta" respektive "högsta" utfall, relaterade till en viss sannolikhet för att de skall innehållas.

Vissa variationer kan sägas vara normala inom bygg- och anläggningsverksamhet. Dessa ryms inom basscenariot och förändrar således ej heller övergripande koncept eller tidplanestrategi. Samtliga variationer inom basscenariot inkluderas i underlaget för avgiftsberäkningen.

Andra variationer som påverkar övergripande koncept eller tidplanestrategi eller i övrigt bedöms som mindre sannolika inkluderas enbart i underlaget för tilläggsbelopp, där även variationerna inom basscenariot ingår. Dessa beskrivs i avsnitt 5.

Två typer av variationer särskiljes; sådana som enbart påverkar ett kalkylobjekt och sådana som påverkar ett flertal objekt, sk yttre variationer. Till de förra hör t ex osäkerheter i utformning av en

anläggning och personalstyrka, samt rena kostnadsosäkerheter. Till de senare hör t ex tidplane- och kapacitetsförändringar. Nedan ges en översikt över de yttre variationerna för basscenariot, som har indelats i följande grupper:

- driftförhållanden för kärnkraftverken
- hanterings- och förvarskoncept
- teknik
- lokalisering
- tidplaneberoenden
- allmänna kalkylförutsättningar

Variationer ingående i underlaget för avgiftsberäkning

Driftförhållanden för kärnkraftverken

- Framtida utbränningsgrad varierar mellan 38 och 50 MWd/tU för BWR och mellan 41 och 55 MWd/tU för PWR. Detta påverkar resteffekten och antalet kapslar och därmed drifttiden för avfallssystemet.

Teknik

- Tillåten temperatur på kapselytan i djupförvaret varierar mellan 80 och 100 °C. Detta påverkar tillåten resteffekt och därmed antalet kapslar och drifttiden för avfallssystemet, samt avstånden mellan deponeringshål och tunnlar.
- Termiska parametrar för bentonit och berg varierar mellan våt och torr bentonit och olika bergförhållanden. Detta påverkar avstånden mellan deponeringshål och tunnlar.
- Kapaciteten i inkapslingsanläggningen varierar mellan 150 och 250 kapslar per år. Detta påverkar i första hand drifttiden för avfallssystemet, men även tunnelavstånden i djupförvaret då bränslets ålder vid deponeringen påverkas och därmed resteffekten.
- Djupet för djupförvaret varierar mellan 400 och 700 m och längden av deponeringstunnlarna ändras för att ta hänsyn till olika bergförhållanden. Detta påverkar kostnaderna för att bygga och försluta djupförvaret.
- Deponeringsmetoden varierar t ex genom att kapseln deponeras som ett paket med bentonit.
- Material och metod för förslutning av djupförvaret varierar mellan enbart bergkross och sand/bentonitfyllning. Detta påverkar förslutningskostnaderna för flera förvarsdelar.

Lokalisering

- Djupförvarets lokalisering varierar mellan kustläge utan behov av längre landtransporter och inlandet varvid upp till 70 km järnväg byggs.

Tidplaneberoenden

- Förskjutningar i start av inkapsling och deponering med upp till 10 år. Detta påverkar i stort sett alla kostnadsposter eftersom tiden för forskning, samt drift av CLAB och transportsystemet förlängs och driften av övriga anläggningar senareläggs.

Allmänna kalkylförutsättningar

- Teknologisk utveckling beaktas genom en optimistisk och en pessimistisk variation. Påverkar alla framtida anläggningar.
- Konjunkturen vid upphandling av de större entreprenaderna beaktas genom en variation av dessa byggkostnader.
- Realismen i kostnadsuppskattningar beaktas genom en optimistisk och en pessimistisk variation.

4. KOSTNADSREDOVISNING

4.1 ALLMÄNT

I detta kapitel redovisas samtliga kostnader för att ta hand om de radioaktiva restprodukter, som beskrivits i kapitel 1.3. Kostnadsberäkningarna har baserats på SKBs plan över anläggningar, system m m, som beskrivits i kapitel 2.

I redovisningen särskiljs nedlagda kostnader till och med 1996, och framtida kostnader. De framtida kostnaderna är beräknade i prisnivån januari 1996. Tidigare nedlagda kostnader anges i löpande penningvärde.

Med avseende på ovanjordsanläggningarna vid djupförvaret särskiljs i rapporten yttre anläggningar, som avser väg, järnväg, hamn, bostäder, etc, samt industriområdet, dvs det inhägnade arbetsområde som finns i omedelbar anslutning till djupförvaret.

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

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

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

4.2 AVGIFTSUNDERLAG - BASSCENARIO

Avgiftsunderlaget har beräknats för fallet att alla reaktorer drivs i 25 år eller minst till och med 1997. Beräkningarna har genomförts med en statistisk sammanvägning som beskrivits i kapitel 3. Resultatet av beräkningarna fås i form av en fördelningsfunktion, som anger med vilken sannolikhet totalkostnaden kommer att innehållas. För avgiftsunderlaget, som skall vara den troliga kostnaden, används värdet som har lika stor sannolikhet att överskridas som att underskridas.

Tabell 4.1 visar de framtida kostnaderna för avfallshanteringsystemet enligt basscenariot. Kostnaderna delas upp per objekt och kostnadsslag. De totala framtida kostnaderna från och med 1997 uppgår till 42,2 miljarder kronor.

Tabellen särskiljer kostnader som omfattas av finansieringslagen, dvs den totala kostnaden exklusive kostnader för låg- och medelaktivt driftavfall och avfall från Studsvik och Ågesta. De framtida kostnaderna enligt finansieringslagen fr o m 1997 uppgår till 41,1 miljarder kronor.

Figur 4.1 visar de framtida kostnaderna enligt finansieringslagen fördelade i tiden. Kostnaderna utfaller under ca 50 år. Tyngdpunkten för kostnaderna ligger dock under de närmaste 20 åren.

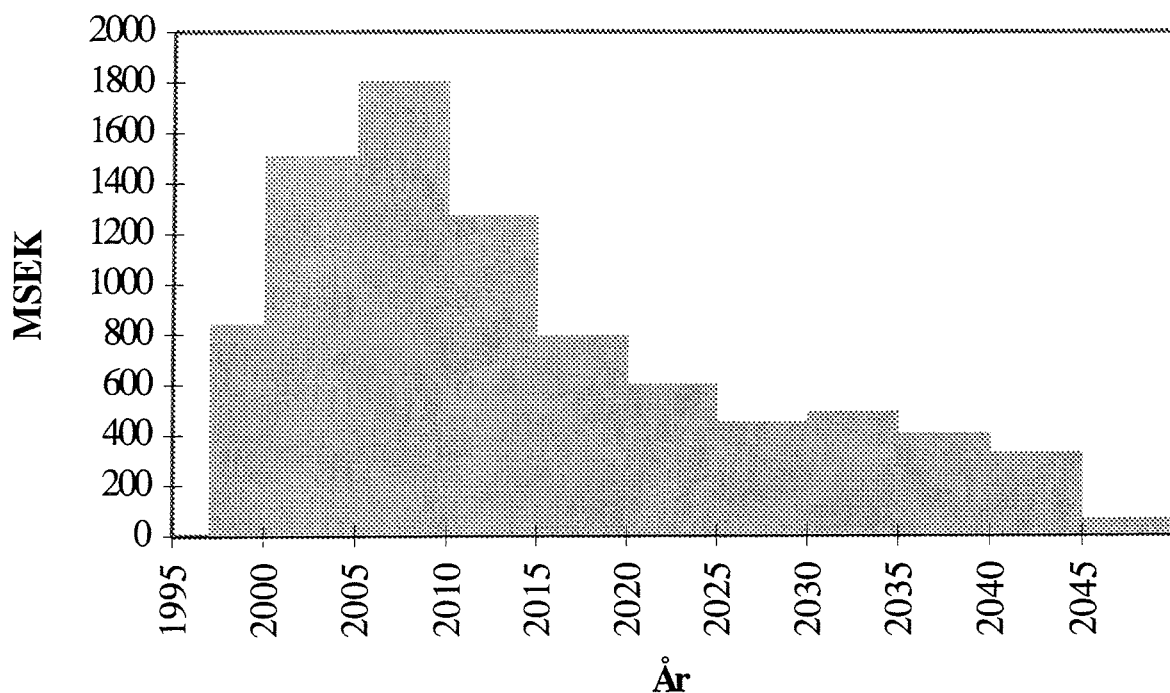
Fördelning av de totala kostnaderna för de olika anläggningsdelarna framgår av Figur 4.2.

Tabell 4.1 Sammanställning av framtida kostnader (MSEK) fr o m 1997. Drift av samtliga reaktorer 25 år eller minst t o m 1997. Prisnivå januari 1996

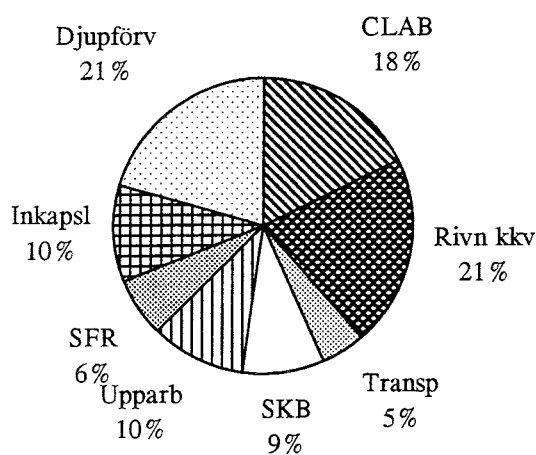
| Objekt | Kostnadsslag | Totala framtida kostnader | Summa framtida kostnader per objekt | Framtida kostn enl finansieringslagen 1) |
|---------------------------------|--|----------------------------|-------------------------------------|--|
| SKB - adm o FUD | - | 2 200 | 2 200 | 2 200 |
| Transport | reinvestering drift | 1 000 790 | 1 800 * | 1 500 |
| Rivn. kkv | avställningsdrift rivning | 2 300 10 300 | 12 600 | 12 600 |
| CLAB | investering reinvestering drift rivning | 900 700 3 600 400 | 5 600 * | 5 500 |
| Inkapslingsanläggning | investering drift + reinvestering rivning | 2 300 3 800 160 | 6 200 * | 6 000 |
| Djupförvar - yttre anläggningar | investering drift + reinvestering | 1 600 - 350 | 1 300 * | 1 300 |
| Djupförvar - industriområde | investering drift + reinvestering rivning | 2 700 1 700 100 | 4 500 * | 4 500 |
| Djupförvar - bränsle | investering drift + reinvestering rivning + försegling | 3 100 1 200 1 600 | 6 000 * | 5 900 |
| Djupförvar - övrigt | investering drift rivning + försegling | 340 70 140 | 550 * | 360 |
| SFR 1 | drift + reinvestering rivning + försegling | 480 110 | 590 * | 20 |
| SFR3 | investering drift + reinvestering rivning + försegling | 480 300 60 | 850 * | 820 |
| Upparbetning 2) | - | 430 | 430 | 430 |
| Total | | | 42 200 | 41 100 |

* Innefattar även kostnader utanför finansieringslagen

- 1) Framtida kostnader minus kostnader för studsavfall o d och övrigt låg och medelaktivt avfall
2) Kostnader för upparbetning inkluderar kostnader vid BNFL

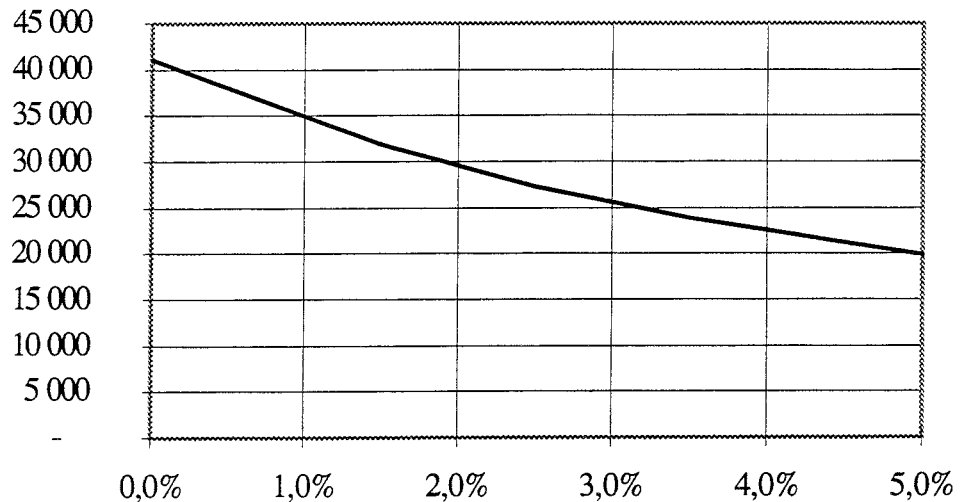


Figur 4.1 Sammanställning av framtida kostnader enligt finansieringslagen fördelade i tiden. Drift av samtliga reaktorer 25 år eller minst t o m 1997. Prisnivå januari 1996.



Figur 4.2 Fördelning av den totala kostnaden (nedlagda och framtida) för alternativet drift av samtliga reaktorer 25 år eller minst t o m 1997. Prisnivå januari 1996

Då flera variationer påverkar tidplanen för avfallssystemet har kostnadsberäkningarna även nuvärdesberäknats vid olika antaganden om kalkylräntan. För att visa kalkylräntans betydelse visas i Figur 4.3 de totala framtida kostnaderna enligt finansieringslagen som funktion av vald real förräntning i kalkylen.



Figur 4.3 Totala framtida kostnader enligt finansieringslagen som funktion av real kalkylränta. Drift av samtliga reaktorer 25 år eller minst t o m 1997. Prisnivå januari 1996

4.3 UNDERLAG FÖR GRUNDBELOPP

Som underlag för att bestämma vilka säkerheter som behövs för att täcka in avgiftsbortfallet vid en eventuell förtida avställning har ett grundbelopp beräknats för varje företag för sig för det fall att alla reaktorer på en plats stängs av 1996-12-31. Vid en tidig avställning minskar mängden använt bränsle och därmed kostnaderna för att ta hand om det. Samtidigt ökar den genomsnittliga tiden mellan avställning och start av rivning, vilket ökar kostnaderna för avställningsdriften. Sammantaget innebär det att kostnadsminskningen blir liten i förhållande till avgiftsunderlaget, totalt ca 400 miljoner kronor, dvs till sammanlagt 41,8 miljarder. Största minskningen erhålles för Forsmark med 270 miljoner kronor.

Då själva rivningen tidigareläggs i förhållande till basscenariot ökar dock den nuvärdesberäknade kostnaden.

4.4 VARIATIONER I DRIFTFÖRHÅLLANDEN

För att belysa olika driftförhållandens påverkan på avfallsmängder och därmed kostnader redovisas här två beräkningsfall, drift av alla reaktorer i 40 år samt en ändring av utnyttjningsfaktorerna till 70 % vid 25 års drift av alla reaktorer. Variationerna har beräknats som marginalkostnader i förhållande till basscenariot.

40 års drift av samtliga reaktorer

Vid 40 års drift av samtliga reaktorer erhålles en total bränsleförbrukning på ca 9 500 ton U, varav 7 200 ton från BWR och 2 300 ton från PWR. Den totala energiproduktionen skulle i detta fall bli ca 2 700 TWh.

Framtida kostnader per objekt framgår av Tabell 4.2. De totala framtida kostnaderna från och med 1997 uppgår till 48,2 miljarder kronor. En kostnadsjämförelse görs även i tabellen med 25 års drift av samtliga reaktorer.

Tabell 4.2 Sammanställning av totala framtida kostnader (MSEK) fr o m 1997. Drift av samtliga reaktorer i 40 år. Prisnivå januari 1996. Jämförelse med 25 års drift.

| Objekt | 25 års drift | 40 års drift |
|---------------------------------|---------------|---------------|
| SKB - adm o FUD | 2 200 | 2 200 |
| Transport | 1 800 | 2 100 |
| Rivn. kkv | 12 600 | 12 600 |
| CLAB | 5 600 | 6 500 |
| Inkapslingsanläggning | 6 200 | 8 200 |
| Djupförvar - yttre anläggningar | 1 300 | 1 300 |
| Djupförvar - industriområde | 4 500 | 5 200 |
| Djupförvar - bränsle | 6 000 | 7 500 |
| Djupförvar - övrigt avfall | 550 | 690 |
| SFR 1 | 590 | 1 350 |
| SFR3 | 850 | 850 |
| Upparbetning | 430 | 430 |
| Total | 42 200 | 48 200 |

70 % utnyttjningsfaktor

Vid en ändring av den framtida utnyttjningsfaktorn från 80 % till 70 % minskar den totala bränsleförbrukningen med ca 240 ton uran. Den framtida energiproduktionen minskar också, med ca 80 TWh vid drift i 25 år.

De totala framtida kostnaderna från och med 1997 uppgår till 41,9 miljarder kronor.

4.5 TIDIGARE NEDLAGDA KOSTNADER

Tabell 4.3 redovisar nedlagda kostnader till och med 1995 i löpande prisnivå exklusive räntor samt 1996 års budgeterade kostnader.

Tabell 4.3 Nedlagda och beräknade kostnader t o m 1996
MSEK löpande penningvärde

| Objekt | Kostnadslag | Nedlagda kostnader tom 1995 | Beräknade kostnader 1996 | Totalt tom 1996 |
|-------------------------|-------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------|
| SKB (FUD, info, adm) | - | 2 140 | 160 | 2 300 |
| Transport | Investering | 260 | 10 | 270 |
| | Drift | 310 | 20 | 330 |
| CLAB | Investering | 1 750 | - | 1 750 |
| | Drift | 1 090 | 120 | 1 210 |
| SFR 1 | Investering | 740 | - | 740 |
| | Drift | 210 | 30 | 240 |
| Upparbetning | | 3 280 | - | 3 280 |
| Inkapslingsanläggning | Investering | 100 | 90 | 190 |
| Djupförvar | Investering | 140 | 110 | 250 |
| Totalt | | 10 020 | 540 | 10 560 |

5. UNDERLAG FÖR TILLÄGGSBELOPP

Tilläggsbeloppet skall användas som underlag för att bedöma behovet av säkerheter för tillkommande kostnader till följd av oplanerade händelser. Vid beräkningen av underlaget för tilläggsbeloppet har samma beräkningsmetodik tillämpats som för avgiftsunderlaget (Se kapitel 3). De variationer som har applicerats är dock betydligt mera omfattande, och berör djupförvarskoncept, lokalisering, tidplan, kostnadsdata och olika typer av störningar. Nedan ges en genomgång av de speciella variationer som inkluderats i tilläggsbeloppet. Dessutom ingår de variationer som tagits med i avgiftsunderlaget (Se kapitel 3.3).

Variationer ingående speciellt i beräkning av tilläggsbelopp

Driftförhållanden för kärnkraftverken

- Bränsleskador av betydande omfattning i en reaktor, som innebär att en stor del av en reaktorhård behöver tas om hand på ett speciellt sätt. Detta påverkar driften av inkapslingsanläggningen.

Hanterings- och förvarskoncept

- Annat slutförvarskoncept för bränsle än KBS-3, deponering i djupa borrhål, men med ca 20 års tidsförskjutning. Påverkar inkapsling och djupförvar samt tidplanen för övriga verksamheter.
- Variation av slutförvarskonceptet för annat långlivat avfall, med mer kvalificerad inkapsling innan deponering.
- En etapp 2 behöver byggas ut i SFR 1 till följd av ökade avfallsmängder.

Teknik

- Kapseltyp och huvudmått varierar, så att såväl större som mindre kapslar studeras. Påverkar inkapslingsanläggningen, antalet kapslar och deponeringshål, samt drifttiden för hela avfallssystemet.
- Utnyttjande av tillgänglig kapselvolym. Som en variation studeras om endast 80% av kapselvolymen kan utnyttjas, vilket ökar antalet kapslar och därmed drifttiden för hela avfallssystemet.
- Kapaciteten i inkapslingsanläggningen blir sämre än beräknat vilket kompenseras med extra skiftgående personal. Som ett alternativ studeras kraftigt ökad kapacitet.

Lokalisering

- Inkapslingsanläggningen lokaliseras till djupförvaret, vilket påverkar kostnaderna för anläggningen och transportkostnaderna.
- Djupförvaret lokaliseras i anslutning till inkapslingsanläggningen vid CLAB.
- Djupförvaret för annat långlivat avfall lokaliseras skilt från övriga anläggningar.

Tidplaneberoenden

- Den överordnad tidplanestrategin ändras så att steg 2 följer direkt på steg 1, alternativt att start av deponering senareläggs och att deponeringen snabbas upp så att sluttidpunkten för deponering bibehålls. Detta påverkar tidplanen och drifttiden för alla anläggningar, samt resteffekten och därmed avstånden mellan deponeringshål och tunnlar i djupförvaret.
- Längre driftstörningar (avbrott i 5 år) i inkapslingsanläggningen, vilket även påverkar djupförvaret.
- Återtagande av kapslar efter Steg 1 och deponering av allt bränsle på en ny plats efter förnyad lokaliseringsprocess. Påverkar tidplanen för samtliga anläggningar, samt medför att ett mellanlager för återtagna kapslar behöver byggas.
- Övervakning krävs av djupförvaret efter deponering under ca 70 år. Därefter sker slutlig förslutning.
- Rivningen av kärnkraftverken senareläggs med upp till 25 år.

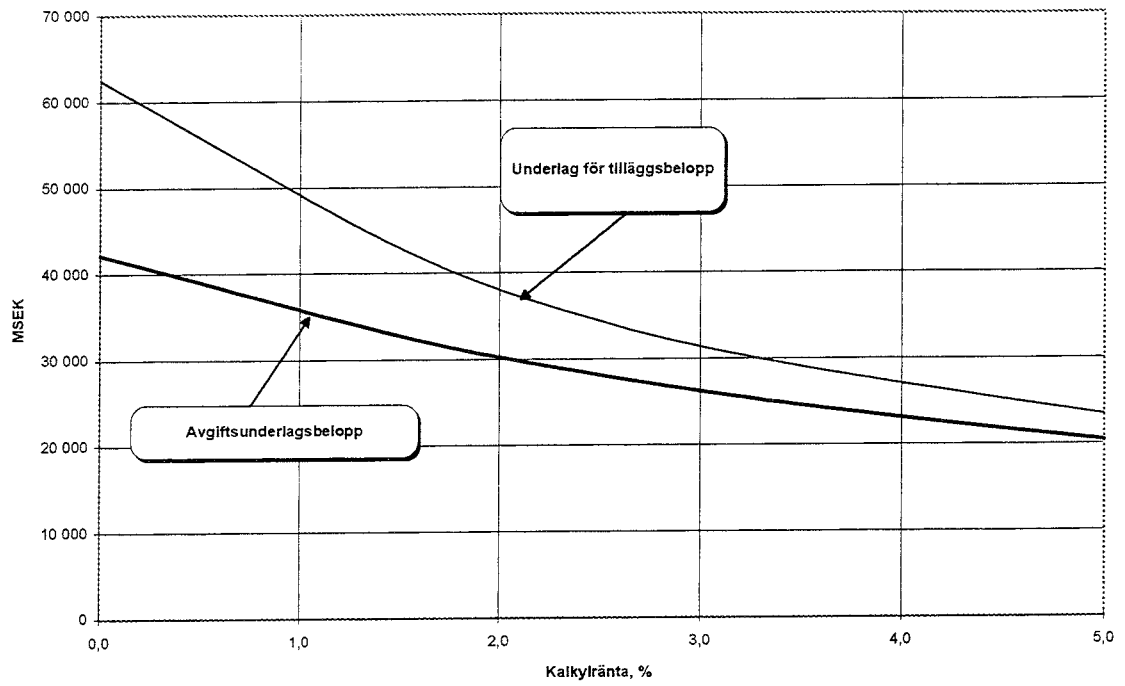
Allmänna kalkylförutsättningar

- Stora förändringar i valutakurser.
- Sabotage, åverkan, stöld etc.
- Ändrade myndighetskrav.

Resultatet från kostnadsberäkningen erhålles som en sannolikhetsfördelning för de totala kostnaderna, vilken anger med vilken sannolikhet en viss kostnad kommer att innehållas.

Vid bedömningen av behovet av säkerheter är det av intresse att välja en kostnadsnivå som med stor sannolikhet kommer att innehållas. Används 90 % sannolikhet blir totala underlaget för tilläggsbeloppet odiskonterat 63 miljarder kronor.

Tilläggsbeloppet är starkt beroende av vald kalkylränta. I Figur 5.1 visas hur nuvärdet av underlaget för tilläggsbelopp och avgiftsunderlaget varierar som funktion av antagen framtida real förräntning.



Figur 5.1 Underlag för tilläggsbelopp som funktion av real kalkylränta. Drift av samtliga reaktorer 25 år eller minst t o m 1997. Prisnivå januari 1996

REFERENSER

1. KBS 3
Kärnbränslecykelns slutsteg
Använt kärnbränsle, Del I-IV
Svensk Kärnbränsleförsörjning AB
Maj 1983
2. SKB 91
Slutlig förvaring av använt kärnbränsle
Berggrundens betydelse för säkerheten
April 1992
3. SKB FUD-Program 95
Kärnkraftavfallets behandling och slutförvaring.
Program för inkapsling, geologisk djupförvaring samt forskning,
utveckling och demonstration
September 1995.
4. SKI:s utvärdering av SKB:s FUD-program 95
SKI Rapport 96:49
Maj 1996
5. Teknik och kostnader för rivning av svenska kärnkraftverk
Svensk Kärnbränslehantering AB
Maj 1994
6. Steen Lichtenberg
Projektplanläggning i en föränderlig verden
Polyteknisk Forlag, Danmark 1990

Använt bränsle och radioaktivt avfall vid 25 års drift, eller minst tom 1997, av samtliga kkv

| Avfallskategori | Avfallsenheternas dimensioner i m d = diameter (Dimensioner före inkapsling för slutdeponering) | Antal kolli | Antal transportenheter B-behållare/ container | Volym i slutlager m ³ | Sluttransporteras |
|---|---|-------------------------------|---|-------------------------------------|----------------------------------|
| Använt BWR-bränsle | 0,14*0,14 *4,383 | 26 600 | 2 220 | | |
| Använt PWR-bränsle | 0,21*0,21*4,103 | 3 200 | 800 | 12 800 | SFL 2 |
| Övrigt använt bränsle (MOX, Ågesta, Studsvik) | Diverse | 641 | 35 | | |
| Härdkomponenter | 1,2*1,2*4,8 | 600 | 600 | 9 500 | SFL 5 |
| Reaktorernas interna delar | 1,2*1,2*4,8 | 770 | 770 | | |
| Driftavfall från CLAB till silo | 1,2*1,2*1,2 | 900 1 700 | 80 425 | 1 600 2 900 | SFR 1 SFL 3 |
| Driftavfall från CLAB till bergsal | 1,2*1,2*1,2 | 230 | 20 | 400 | SFR 1 |
| Avfall från Studsvik till silo *) | d=0,6 L=0,9 1,2*1,2*1,2 d=0,6 L=0,9 1,2*1,2*1,2 | 3 750 690 2 250 550 | 50 60 140 140 | 1 200 1 200 700 1 000 | SFR 1 SFR 1 SFL 3 SFL 3 |
| Avfall från Studsvik till bergsal *) | d=0,6 L=0,9 1,2*1,2*1,2 ISO-cont. | 8 750 690 200 | 150 60 200 | 2 800 1 200 7 600 | SFR 1 SFR 1 SFR 1 |
| Driftavfall från inkapslings- anläggningen till silo | 1,2*1,2*1,2 | 250 | 60 | 400 | SFL 3 |
| Driftavfall från kärnkraft- verken till silo | d=0,6 L=0,9 1,2*1,2*1,2 | 2 730 6 990 | 40 580 | 900 12 100 | SFR 1 SFR 1 |
| Driftavfall från kärnkraft- verken till bergsal | d=0,6 L=0,9 1,2*1,2*1,2 ISO-cont. 3,3*1,3*2,15 | 14 710 4 660 610 890 | 280 390 610 300 | 4 800 8 100 23 000 8 200 | SFR 1 SFR 1 SFR 1 SFR 1 |
| Rivningsavfall från kärnkraft- verken till bergrum | ISO-cont. mm | 6 000 | 6 000 | 144 000 | SFR 3 |
| Rivningsavfall från Studsvik till bergrum | ISO-cont. | 100 | 100 | 3 800 | SFR 3 |
| Rivningsavfall från CLAB och inkapslingsanläggningen till bergrum | 2,4*2,4*2,4 Lagringskassetter | 140 1 900 | 140 210 | 2 000 5 300 | SFL 4 SFL 4 |
| Transportbehållare | | 37 | 37 | 200 | SFL 4 |
| Summa ca | | 91 000 | 14 500 | 255 700 | |

*) Inkl totalt ca 3 500 m³ avfall inom kkv ansvarsområde

Använt bränsle och radioaktivt avfall vid 40 års drift av samtliga kkv

| Avfallskategori | Avfallsenheternas dimensioner i m d = diameter (Dimensioner före inkapsling för slutdeponering) | Antal kolli | Antal transportenheter B-behållare/ container | Volym i slutlager m3 | Sluttransporteras till |
|---|---|---------------------------------|---|-------------------------------------|----------------------------------|
| Använt BWR-bränsle | 0,14*0,14 *4,383 | 39 300 | 3 280 | | |
| Använt PWR-bränsle | 0,21*0,21*4,103 | 5 000 | 1 250 | 19 100 | SFL 2 |
| Övrigt använt bränsle (MOX, Ågesta, Studsvik) | Diverse | 641 | 35 | | |
| Härdkomponenter | 1,2*1,2*4,8 | 850 | 850 | 11 200 | SFL 5 |
| Reaktorernas interna delar | 1,2*1,2*4,8 | 770 | 770 | | |
| Driftavfall från CLAB till silo | 1,2*1,2*1,2 | 1 500 2 400 | 130 600 | 2 600 4 100 | SFR 1 SFL 3 |
| Driftavfall från CLAB till bergsal | 1,2*1,2*1,2 | 380 | 30 | 660 | SFR 1 |
| Avfall från Studsvik till silo *) | d=0,6 L=0,9 1,2*1,2*1,2 d=0,6 L=0,9 1,2*1,2*1,2 | 3 750 690 2 250 550 | 50 60 140 140 | 1 200 1 200 700 1 000 | SFR 1 SFR 1 SFL 3 SFL 3 |
| Avfall från Studsvik till bergsal *) | d=0,6 L=0,9 1,2*1,2*1,2 ISO-cont. | 8 750 690 200 | 150 60 200 | 2 800 1 200 7 600 | SFR 1 SFR 1 SFR 1 |
| Driftavfall från inkapslingsanläggningen till silo | 1,2*1,2*1,2 | 400 | 100 | 680 | SFL 3 |
| Driftavfall från kärnkraftverken till silo | d=0,6 L=0,9 1,2*1,2*1,2 | 4 420 11 320 | 60 940 | 1 400 19 600 | SFR 1 SFR 1 |
| Driftavfall från kärnkraftverken till bergsal | d=0,6 L=0,9 1,2*1,2*1,2 ISO-cont. 3,3*1,3*2,15 | 23 830 7 550 980 1 440 | 460 630 980 480 | 7 720 13 050 37 310 13 280 | SFR 1 SFR 1 SFR 1 SFR 1 |
| Rivningsavfall från kärnkraftverken till bergrum | ISO-cont. mm | 6 000 | 6 000 | 144 000 | SFR 3 |
| Rivningsavfall från Studsvik till bergrum | ISO-cont. | 100 | 100 | 3 800 | SFR 3 |
| Rivningsavfall från CLAB och inkapslingsanläggningen till bergrum | 2,4*2,4*2,4 Lagringskassetter | 180 2 600 | 180 290 | 2 400 7 300 | SFL 4 SFL 4 |
| Transportbehållare | | 37 | 37 | 200 | SFL 4 |
| Summa ca | | 127 000 | 18 000 | 304 100 | |