

Plan 2000

Kostnader för kärnkraftens radioaktiva restprodukter

Juni 2000

Svensk kärnbränslehantering AB

Swedish Nuclear Fuel
and Waste Management Co
Box 5864

102 40 Stockholm
Tel 08-459 84 00
Fax 08-661 57 19



Plan 2000

Kostnader för kärnkraftens radioaktiva restprodukter

Svensk Kärnbränslehantering

Juni 2000

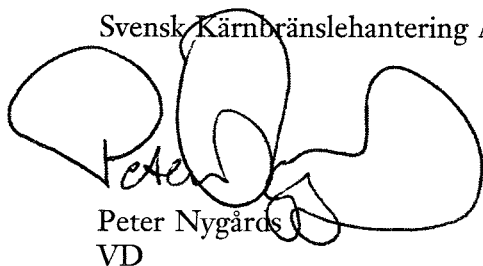
Förord

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. Kostnadsberäkningen skall årligen insändas till regeringen eller den myndighet som regeringen bestämmer. SKB upprättar på uppdrag av kraftföretagen denna kostnadsberäkning.

Föreliggande rapport, som är den nittonde årliga redovisningen, ger en uppdaterad sammanställning av erforderliga kostnader. I likhet med tidigare års rapportering redovisas kostnader dels för systemet totalt, dels för de delar som skall inkluderas i avgiftsunderlagsbeloppet i enlighet med finansieringslagen. I årets rapportering har de totala kostnaderna baserats på ett scenario rörande reaktordriften som mer ansluter till reaktorinnehavarnas långsiktiga planering än vad som varit fallet tidigare år.

Stockholm i juni 2000

Svensk Kärnbränslehantering AB



Peter Nygård
VD

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.

Den s k *finansieringslagen* (1992:1537) är kopplad till detta ansvar och föreskriver att en reaktorinnehavare, i samråd med övriga reaktorinnehavare, skall beräkna kostnaderna för omhändertagandet av det använda bränslet och radioaktiva avfallet samt för avveckling och rivning av reaktorläggningen. Reaktorinnehavaren skall årligen inkomma till myndigheten med de kostnadsdata som erfordras för beräkning av dels de avgifter på elproduktionen som skall tas ut under det efterföljande året, dels de säkerheter som skall ställas för kostnader som inte täcks av inbetalade avgiftsmedel.

Reaktorinnehavarna har gemensamt uppdragit åt SKB att beräkna och sammanställa dessa kostnader.

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:

- Kapselabrik och 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 reaktorläggningarna m m.

Denna rapport baseras på den föreslagna inriktningen av verksamheten som presenterats i SKBs FUD-program 98. 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.

Som underlag för att beräkna avgifter och bedöma behovet av säkerheter skall tre belopp redovisas till myndigheten:

- *underlag för avgifter,*
- *underlag för grundbelopp,*
- *tilläggsbelopp.*

Underlag för avgifter skall innefatta samtliga kostnader för att ta hand om det använda bränslet och radioaktiva avfallet som beräknas ha uppkommit till och med avgiftsåret, dvs år 2001, eller minst till och med 25 års drift av reaktorerna. Beloppet skall även omfatta kostnader för att avveckla och riva reaktorerna och för att genomföra erforderlig forskning och utveckling. I *underlaget för avgifter* ingår tillägg för osäkerheter till en viss nivå.

Underlag för grundbelopp skall innefatta kostnader i princip som ovan dock, vad avser använt bränsle och radioaktivt avfall, begränsat till de avfallsmängder som beräknas finnas vid slutet av innevarande år, dvs 2000-12-31. Detta belopp ger underlag för att bedöma omfattningen av *Säkerhet I*.

Tilläggsbeloppet utgör skillnaden mellan beloppet *underlag för avgifter* och en övre gräns för det belopp som reaktorinnehavaren i dagsläget skall garantera, inräknat fonderade medel. *Tilläggsbeloppet* skall enligt finansieringslagen omfatta "skäliga kostnader för tillkommande åtgärder som beror på oplanerade händelser". Detta belopp utgör grunden för bedömning av omfattningen av *Säkerhet II*.

Som grund för beräkningen av de ovan angivna beloppen ligger ett s k *referensscenario* baserat på reaktorinnehavarnas aktuella verksamhetsplanering. Med undantag för Barsebäck 1 innebär detta drift av reaktorerna i 40 år. *Referensscenariot* inkluderar det totala systemet alltså även med utrymme för radioaktivt avfall som ej faller under finansieringslagen. Kostnaderna för *referensscenariot* beräknas efter ett troligt scenario och alltså utan avseende på de osäkerheter som beaktas i de andra beloppen ovan. Totalt uppgår de framtida kostnaderna för *referensscenariot* till 48,0 miljarder kronor.

Resultatet av kalkylen i år är för de tre beloppen:

Underlag för avgifter	46,7 miljarder kronor
Underlag för grundbelopp	46,1 miljarder kronor
Tilläggsbelopp vid 90% konfidensgrad	15,1 miljarder kronor
Dito vid 80% konfidensgrad	11,2 miljarder kronor

Innehåll

1	Kostnadsberäkningar enligt finansieringslagen	11
1.1	Finansieringslagen	11
1.2	Driftscenario för reaktorerna	12
1.3	Belopp att redovisa under finansieringslagen	13
2	Energiproduktion och avfallsmängder	15
3	System för hantering av de radioaktiva restprodukterna	17
3.1	Allmän översikt	17
3.2	Forskning, utveckling och demonstration – FUD	18
3.3	Transporter	20
3.4	Centralt lager för använt bränsle, CLAB	21
3.5	Inkapsling av använt bränsle	22
3.5.1	Kapselabrik	22
3.5.2	Inkapslingsanläggning	24
3.6	Förvaring i berggrunden av långlivat avfall	26
3.6.1	Djupförvar för använt bränsle	26
3.6.2	Djupförvar för annat långlivat avfall	27
3.6.3	Anläggningar ovan mark	28
3.7	Slutförvar för reaktoravfall, SFR 1	30
3.8	Rivning av kärnkraftverk	32
3.8.1	Avställning och rivning av reaktorläggningarna	32
3.8.2	Slutförvar för radioaktivt avfall från rivningen, SFR 3	32
4	Beräkningsmetodik	33
4.1	Beräkning av referenskostnader	33
4.2	Hantering av osäkerheter	33
4.2.1	Successiv kalkyl – en probabilistisk kalkylmetod	33
4.2.2	Översiktlig beskrivning av den tillämpade metodiken	34
5	Osäkerheter beaktade i kalkylen	37
5.1	Allmänt	37
5.2	Osäkerheter beaktade i avgiftsunderlagsbeloppet	37
5.3	Osäkerheter beaktade i tilläggsbeloppet	39
6	Kostnadsredovisning	41
6.1	Allmänt	41
6.2	Framtida kostnader	41
6.2.1	Referenskostnader samt underlag för avgifter	41
6.2.2	Underlag för grundbelopp	44
6.2.3	Tilläggsbelopp	44
6.3	Tidigare nedlagda kostnader	44
	Referenser	47
	Bilaga 1	49

Förkortningar

BWR	kokareaktor
CLAB	centralt lager för använt bränsle
FUD	forskning, utveckling och demonstration
kkv	kärnkraftverk
PWR	tryckvattenreaktor
SFR 1	slutförvar för radioaktivt driftavfall
SFR 3	slutförvar för rivningsavfall
SKB	Svensk Kärnbränslehantering AB
SKI	Statens Kärnkraftinspektion

1 Kostnadsberäkningar enligt finansieringslagen

1.1 Finansieringslagen

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.

Den s k *finansieringslagen* (1992:1537) är kopplad till detta ansvar och föreskriver att en reaktorinnehavare, i samråd med övriga reaktorinnehavare, skall beräkna kostnaderna för omhändertagandet av det använda bränslet och radioaktiva avfallet samt för avveckling och rivning av reaktoranläggningen. Reaktorinnehavaren skall årligen inkomma till myndigheten med de kostnadsdata som erfordras för beräkning av dels de avgifter på elproduktionen som skall tas ut under det efterföljande året, dels de säkerheter som skall ställas för kostnader som inte täcks av inbetalade avgiftsmedel.

Reaktorinnehavarna har gemensamt uppdragit åt SKB att beräkna och sammanställa dessa kostnader.

Inbetalda avgiftsmedel förs över till den s k *Kärnavfallsfonden* vars medel är placerade på konto i Riksgäldskontoret. Reaktorinnehavaren äger rätt att ur fonden få ersättning för kostnader för omhändertagandet och för vissa andra kostnader angivna i finansieringslagen.

De framtida kostnaderna baseras på SKBs aktuella planering rörande systemets utformning inklusive tidsplan för dess genomförande. I föreliggande rapport sammanfattas denna planering under benämningen *referensscenario*. Vid framtagande av kostnadsunderlag för avgifter och säkerheter skall osäkerheter avseende den framtida utvecklingen vägas in. Detta sker genom att ett stort antal variationer appliceras på *referensscenariot*, variationer av såväl teknisk art som med avseende på genomförandetiden. Mer om detta i kapitel 5.

I princip skall fonderade medel vid varje tidpunkt täcka planerade framtida kostnader för avveckling och rivning av reaktoranläggningen och för de anläggningar som erfordras för att redan uppkomna mängder använt bränsle och radioaktivt avfall skall kunna omhändertas. En successiv uppbyggnad av fonden till denna nivå medges dock under de första 25 driftåren, den s k *intjänandetiden*.

Reaktorinnehavaren skall ställa två typer av säkerheter. *Säkerhet I* skall täcka de avgifter som bortfaller och där medel måste betalas in till fonden på annat sätt om reaktorn ställs av före intjänandetidens utgång, dvs innan reaktorn uppnår 25 års drifttid. Säkerheten avvecklas successivt i takt med att reaktorns drifttid närmar sig 25 år. Definitionsmässigt upphör således begreppet *Säkerhet I* år 2010 då den yngsta reaktorn drivits i 25 år. *Säkerhet II* avser fallet att medel i Kärnavfallsfonden ej kommer att räcka till som en följd av oplanerade händelser. En fondbrist uppkommer i detta fall inte förrän långt fram i tiden varför *Säkerhet II* kommer att vara i kraft under lång tid.

1.2 Driftscenario för reaktorerna

Den plan som SKB upprättat för hanteringssystemet och som ger olika investerings- och driftskeden liksom dimensionerande data för anläggningarna baseras på historiska produktionsdata och de förhållandena som råder idag samt på prognoser rörande den framtida utvecklingen. Prognoserna grundas väsentligen på reaktorinnehavarnas planering för den framtida reaktordriften.

Drifttiden för reaktorerna bedöms idag komma att uppgå till 40 år eller mer¹⁾. Även om detta ska ses som ett medelvärde där variationer mellan enskilda reaktorer kan förväntas så har SKB ansett det rimligt att låta ett driftscenario baserat på 40 års drift för samtliga reaktor utgöra stommen i kalkylunderlaget. Detta bestämmer utformning och produktionskapacitet för olika anläggningar i systemet och ger också den tidigaste tidpunkten för rivning av reaktor-anläggningarna. Hanteringsprinciper, anläggningsutformning, genomförandeplan och övriga aktiviteter relaterade till detta scenario går som tidigare nämnts under beteckningen *referensscenario*.

I SKBs plan för avfallshanteringen har utrymme även beretts för övrigt radioaktivt avfall som erhålls i Sverige, främst från Studsvik. Kostnaderna för detta är inkluderat i redovisningen men utgör dock endast någon enstaka procent av den totala kostnaden.

De kostnader som ska ligga till grund för beräkning av den årliga avgiften enligt finansieringslagen baseras på *referensscenariot* dock med en avräkning för kostnader relaterade till sådant **framtida** använt bränsle och radioaktivt avfall som är beräknat att uppkomma bortom intjänandetiden för respektive reaktor, dvs för tiden efter 25 års drift. Dessutom en avräkning för kostnader som av andra skäl ej skall inkluderas under finansieringslagen på grund av att de finansieras på annat sätt, till exempel studsviks-avfallet.

Tillkommande kostnader kan även uppkomma när *underlag för avgifter* beräknas ur *referensscenariot*. Detta sker om den tänkta begränsningen av drifttiden för reaktorerna ger upphov till perioder med kostnader som annars inte skulle återfinnas i kalkylen. Exempel på detta är kostnader för underhåll, bevakning och dylikt vid de "avställda" reaktorerna i avvaktan på att rivningen skall inledas.

¹⁾ Härvid undantas B1 som ställts av 1999-11-30.

1.3 Belopp att redovisa under finansieringslagen

Som underlag för att beräkna avgifter och bedöma behovet av säkerheter skall tre belopp redovisas till myndigheten:

- *underlag för avgifter,*
- *underlag för grundbelopp,*
- *tilläggsbelopp.*

Underlag för avgifter skall innefatta samtliga kostnader för att ta hand om det använda bränslet och radioaktiva avfallet som beräknas ha uppkommit till och med avgiftsåret, dvs år 2001, eller minst efter 25 års drift av reaktorerna²⁾. Beloppet skall även omfatta kostnader för att avveckla och riva reaktorerna och för att genomföra erforderlig forskning och utveckling. I *underlaget för avgifter* ingår tillägg för osäkerheter till en viss nivå. Dessa tillägg erhålls i den statistiska kalkylmetod som tillämpas och som redovisas i kapitel 4. *Avgiftsunderlagsbeloppet*, AUB, erhålls slutligen genom att vissa kostnader för myndigheternas tillsyn m m läggs till. Dessa tillägg görs av myndigheten i samband med beräkning av avgifter och redovisas således inte i föreliggande rapport.

Underlag för grundbelopp skall innefatta kostnader i princip som ovan dock, vad avser använt bränsle och radioaktivt avfall, begränsat till de avfallsmängder som beräknas finnas vid slutet av innevarande år, dvs 2000-12-31. *Grundbeloppet*, GB, erhålls därefter på samma sätt som ovan genom vissa tillägg från myndighetens sida. Differensen mellan grundbeloppet och det aktuella innehållet i Kärnavfallsfonden ger underlag för att bedöma omfattningen av *Säkerhet I*.

Tilläggsbeloppet utgör skillnaden mellan beloppet *underlag för avgifter* och en övre gräns för det belopp som reaktorinnehavaren i dagsläget skall garantera, inräknat fonderade medel. *Tilläggsbeloppet* skall enligt finansieringslagen omfatta "skäliga kostnader för tillkommande åtgärder som beror på oplanerade händelser". Den övre beloppsgränsen inkluderar osäkerheter med lägre grad av sannolikhet för inträffande och med mer omfattande konsekvenser än vad som ingår i *underlag för avgifter*. I övrigt tillämpas samma statistiska beräkningsmetod. *Tilläggsbeloppet* utgör grunden för bedömning av omfattningen av *Säkerhet II*.

²⁾ De reaktorer som i föreliggande kalkyl ej uppnått 25 års drifttid är Barsebäck 2, Ringhals 3 och 4, Oskarshamn 3 samt Forsmarks samtliga reaktorer.

2 Energiproduktion och avfallsmängder

Föreliggande kapitel redovisar den antagna energiproduktionen samt mängden använt bränsle och radioaktivt avfall som ryms inom *referensscenariot*. Redovisningen skiljer mellan de mängder som är att hänföra till verksamhetsplanen och de reducerade mängder som utgör grunden för beräkning av *underlag för avgifter*. Den principiella skillnaden mellan dessa har beskrivits i kapitel 1.

Den framtida årliga energiproduktionen och därmed mängden använt bränsle bestäms av den förväntade *s k energiutnyttjningsfaktorn*. Denna ger förhållandet mellan under året producerad energi och den energi som teoretiskt kan produceras om reaktorn drivs med full effekt under hela året. Mängden använt bränsle bestäms även av den *s k utbränningsgraden* vilken anger mängden energi som utvinns ur en viss mängd bränsle.

Variationer i utnyttjningsfaktorn behöver inte nödvändigtvis beaktas vid beräkningen av *avgiftsunderlagsbeloppet* eftersom sådana variationer påverkar såväl mängden använt bränsle som den mängd producerad energi som avgifterna skall tas ut på, dvs variationen påverkar utgifts- och intäktssidan samtidigt. Utbränningsgraden däremot påverkar enbart mängden bränsle varför hänsyn bör tas till osäkerheter i den framtida utvecklingen på detta område.

Energiproduktionen i de svenska kärnkraftverken var under 1999 totalt 70 TWh, vilket motsvarar en genomsnittlig energiutnyttjningsfaktor på 80 %. Under 1998 var den genomsnittliga energiutnyttjningsfaktorn likaså 80 % och under 1997 var den 76 %. Vid beräkning av förväntad framtida energiproduktion används reaktorvisa utnyttjningsfaktorer baserade på reaktorinnehavarnas bästa bedömningar. Hänsyn tas därvid till förväntade framtida reoveringsarbeten samt eventuella framtida störningar i driften.

Tabell 2-1 ger energiproduktion och använt bränsle för *referensscenariot* totalt och för den del som skall ligga till grund för avgiftsberäkningen, dvs drift av samtliga reaktorer t o m år 2001, dock minst i 25 år. Den framtida produktionen är baserad på en genomsnittlig energiutnyttjningsfaktor av 80 % och på en utbränningsgrad av 42 MWd/kgU för BWR och 44 MWd/kgU för PWR.

Huvuddelen av det använda bränslet kommer att mellanlagras i CLAB och därefter direktdeponeras. Utöver det bränsle som anges i tabell 2-1 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 kommer att återsändas.

Utöver använt bränsle ger det svenska kärnkraftprogrammet upphov till låg- och medelaktivt driftavfall från kärnkraftverken och från CLAB och inkapslingsanläggningen. När anläggningarna rivs uppkommer rivningsavfall. Aktivitetsinnehållet i de olika avfallstyperna är mycket olika. Kravet på hantering och slutförvaring blir därför beroende av avfallstyp. I tabell 2-2 ges en sammanställning av de radioaktiva restprodukter som skall deponeras. Avfallsmängderna redovisas i detalj i Bilaga 1.

Tabell 2-1. Elproduktion och bränsleförbrukning vid samtliga kärnkraftverk.

Start kommersiell drift	Termisk effekt/ nettoeffekt MW	Energiproduktion		Uttaget t o m 1999 ton uran	Totalt enligt referensscenario			Totalt som underlag för avgifter		
		t o m 1999 TWh	ärligen därefter TWh		Drift till och med TWh	Energi produktion TWh	Använt bränsle ton uran	Drift till och med TWh	Energi produktion TWh	Använt bränsle ton uran
B1 (BWR) 1975-07-01	1 800/600	93		359	1999-11-30	93	444	1999-11-30	93	444
B2 (BWR) 1977-07-01	1 800/600	88	4,2	316	2017-06-30	162	621	2002-06-30	99	431
R1 (BWR) 1976-01-01	2 500/830	108	5,8	341	2015-12-31	201	746	2001-12-31	120	501
R2 (PWR) 1975-05-01	2 570/870	117	6,1	350	2015-04-30	210	689	2001-12-31	129	456
R3 (PWR) 1981-09-09	2 780/920	106	6,5	300	2021-09-08	246	779	2006-09-08	149	502
R4 (PWR) 1983-11-21	2 780/920	104	6,5	302	2023-11-20	258	818	2008-11-20	161	540
O1 (BWR) 1972-02-06	1 375/440	66	3,1	286	2012-02-05	103	491	2001-12-31	72	394
O2 (BWR) 1974-12-15	1 800/600	97	4,2	347	2014-12-14	160	638	2001-12-31	105	474
O3 (BWR) 1985-08-15	3 300/1 160	119	8,1	337	2025-08-14	327	1 081	2010-08-14	205	735
F1 (BWR) 1980-12-10	2 930/970	129	6,8	414	2020-12-09	271	968	2005-12-09	169	661
F2 (BWR) 1981-07-07	2 930/970	124	6,8	394	2021-07-06	271	961	2006-07-06	169	655
F3 (BWR) 1985-08-22	3 300/1 160	121	8,1	331	2025-08-21	330	1 058	2010-08-21	208	712
BWR totalt	21 735/7 330	946	47	3 124		1 918	7 008		1 240	5 008
PWR totalt	8 130/2 710	326	19	953		714	2 286		439	1 498
Samtliga totalt	29 865/10 040	1 272	66	4 077		2 632	9 294		1 679	6 505

Tabell 2-2. Huvudtyper av radioaktiva restprodukter att deponera.

Huvudsakligt ursprung	Enhet	Enligt referensscenario		Underlag för avgifter	
		Antal enheter	Volym i slutlager m ³	Antal enheter	Volym i slutlager m ³
Använt bränsle	kapslar	4 500	18 700	3 100	13 000
Låg- och medelaktivt avfall från Studsvik	fat och kokiller	2 800	1 700	2 800	1 700
Reaktordelar	kokiller	1 600	11 200	1 400	9 500
Driftavfall från kärnkraftverk och behandlingsanläggningar	fat och kokiller	68 300	114 000	47 800	76 400
Från rivning av kärnkraftverk och behandlingsanläggningar	främst 20 m ³ ISO-cont	8 900	154 000	8 200	155 000
		86 000	300 000	63 000	256 000

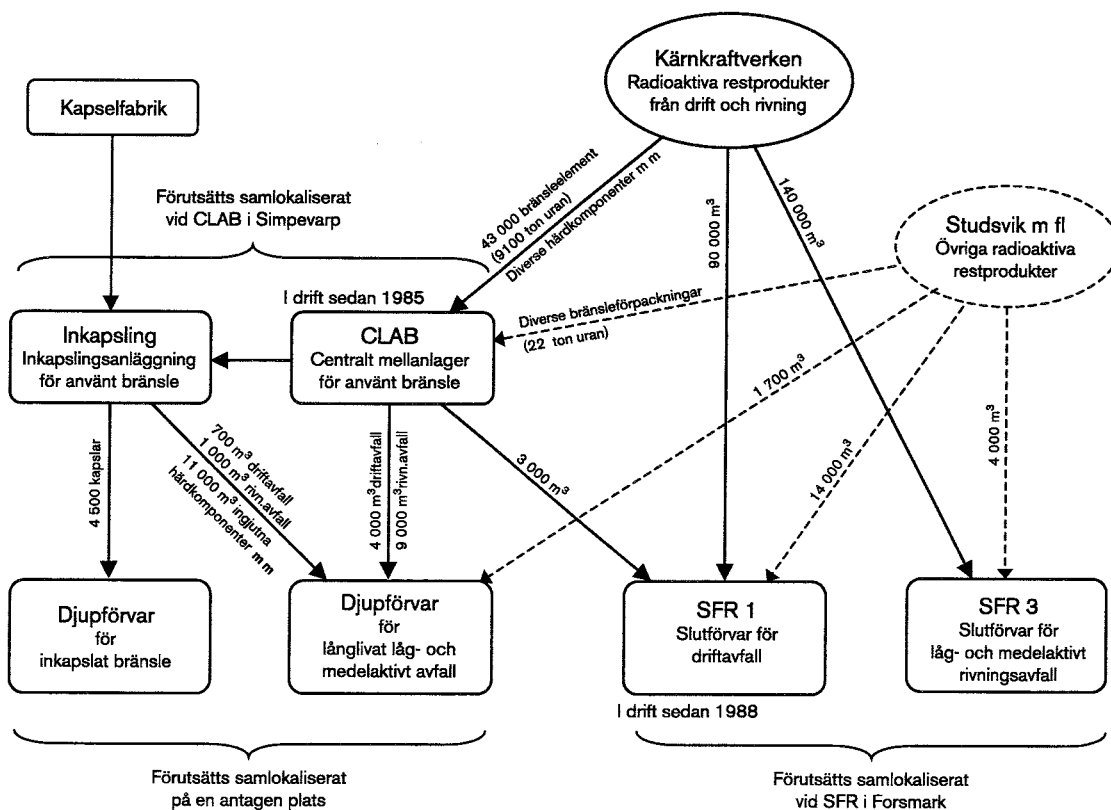
3 System för hantering av de radioaktiva restprodukterna

3.1 Allmän översikt

Det avfallshanteringssystem som har legat till grund för beräkningarna benämns *referensscenario*. Vid beräkning av *underlag för avgifter* reduceras omfattningen av systemet med hänsyn till att den drifttid för reaktorerna som ska beaktas och därmed begränsas mängden restprodukter. Samtidigt beaktas också en mängd osäkerheter, se kapitel 4.

I detta kapitel beskrivs *referensscenario* med en omfattning baserad på en planerad drift av reaktorerna i 40 år. Beskrivningen innefattar inte tillägg för osäkerheter. De anläggningar, system och åtgärder som ingår beskrivs översiktligt.

Blockschemat i figur 3-1 ger en sammanställning av hur restprodukterna passerar genom lagrings- och behandlingsanläggningar för att slutligen bli deponerade i djupförvaret eller i SFR.



Figur 3-1. Blockschemat med transportflöden avseende hanteringen av kärnkraftens restprodukter (angivna avrundade data avser referensscenario med drift av reaktorerna i 40 år).

I FUD 98 presenterades program och planer för insatser vad gäller kapsel, inkapslingsanläggning och djupförvar. Baserat på detta underlag har översiktliga tidsplaner för framtida anläggningar upprättats till grund för kostnadsberäkningarna. Det innebär att inkapslingsanläggning och djupförvar skall byggas så att deponering av inkapslat bränsle kan börja år 2015.

Av figur 3-1 framgår vilka anläggningar som ingår i *referensscenariot*. Ett par 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.

3.2 Forskning, utveckling och demonstration – FUD

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 1998 (ref 2) och en granskningsrapport från SKI presenterades i april 1999 (ref 3). För närvarande förbereds inom SKB en kompletterande redovisning i enlighet med de önskemål som framförts av SKI i sitt yttrande.

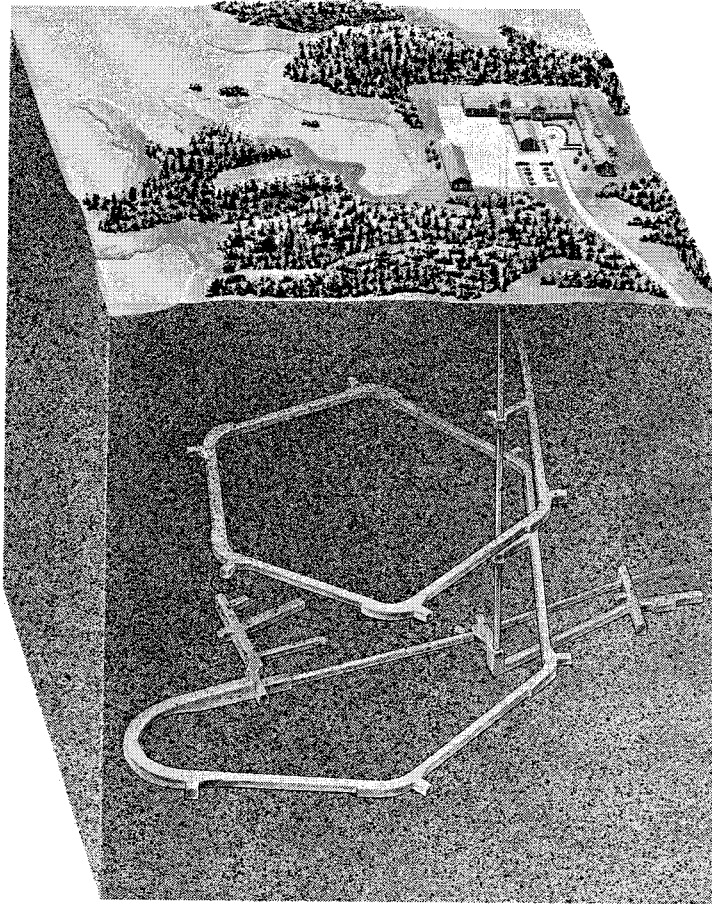
Under 1999 har SKB sammanställt och redovisat en säkerhetsanalys, SR 97, som visar att förutsättningarna för att enligt KBS-3-metoden bygga ett säkert djupförvar för använt kärnbränsle i svensk granitisk berggrund är mycket goda.

FUD-arbetet inriktas 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 säkerhetsanalyserna krävs en relativt omfattande stödjande forskning och utveckling med tonvikt på utveckling av metoder och underlag för säkerhetsanalyser.

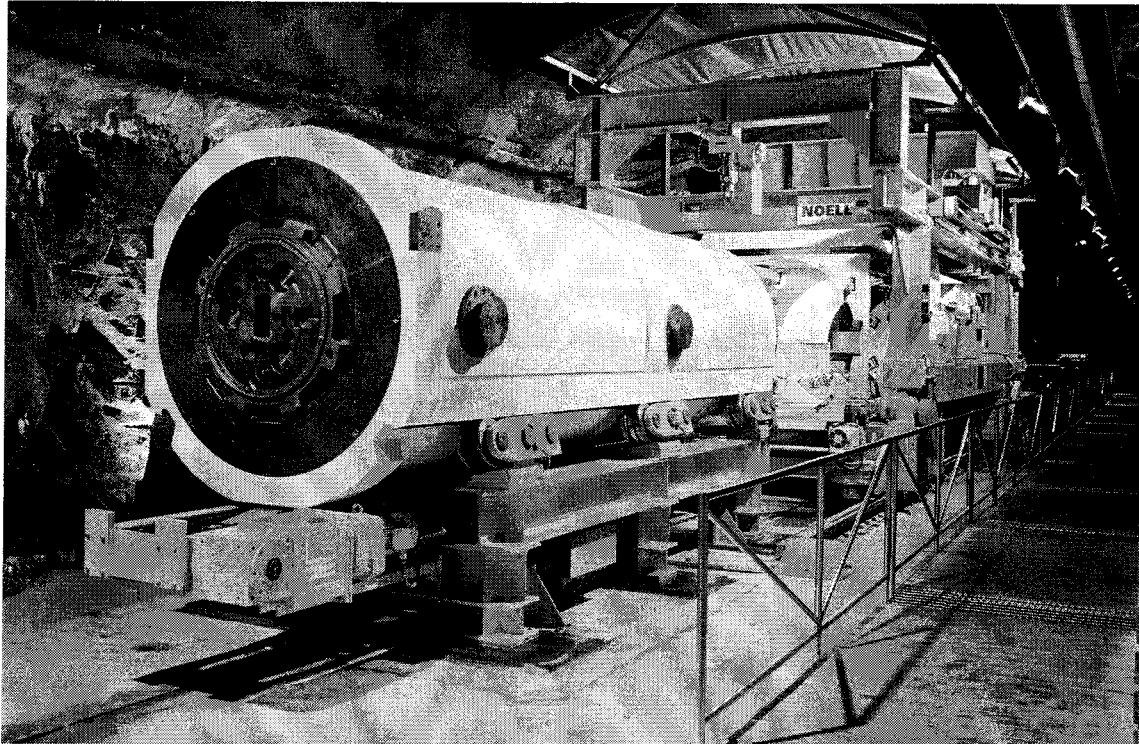
En viktig komponent i FUD-verksamheten är Äspö-laboratoriet. Detta används för att pröva, verifiera och demonstrera de undersökningsmetoder som senare skall användas för detaljerade studier av kandidatplatser för djupförvaret, samt för att studera och verifiera funktionen för olika komponenter i slutförvarssystemet. Det används även för att utveckla och testa teknik för deponering. En principskiss över laboratoriet visas i figur 3-2.

De olika tester av teknik och metoder som pågår i Äspö omfattar utprovning av deponeringsmaskinen i prototyputförande, testning av metod för nedsättande av bentonitbuffert och kapslar i de borrade hålen samt återfyllning och pluggning av deponeringstunnlar. Dessutom pågår förberedelserna för ett långsiktigt försök avseende återtag av deponerade kapslar samt iordningställande av en demonstrationsanläggning i full skala. Figur 3-3 visar demonstrationsanläggningen under pågående nedsättande av en kapsel.

Testning och verifikation av de valda lösningarna för hantering, förslutning och kontroll av kopparkapseln genomförs i SKBs kapsellaboratorium i Oskarshamn. Provtillverkning av kapslar i full storlek startade 1996. Laboratoriet skall även kunna användas för utbildning och träning av operatörer för ingående processer och funktioner.



Figur 3-2. Principiell modell av Äspö-laboratoriet.



Figur 3-3. Demonstrationsanläggningen i Äspölaboratoriet med uppställd deponeringsmaskin.

I *referensscenariot* antas forskning, utveckling och demonstration, inklusive verksamheten i Äspö, pågå tills deponering under den reguljära driften påbörjas.

Tidiga kostnader för djupförvarsprojektet dvs platsundersökningar, projektering och detaljundersökningar redovisas i kostnadssammanställningen under rubriken djupförvar.

3.3 Transporter

I kalkylen skiljs mellan sjötransporter med tillhörande terminalhantering och landtransporter på väg eller järnväg. De förra redovisas under rubriken transportsystem medan de senare inkluderas i de anläggningar som berörs.

Transportsystemet, dvs sjötransporterna, utgörs av huvudkomponenterna fartyget M/S Sigyn, transportbehållare och terminalfordon. Systemet är utformat för att kunna användas för alla typer av kärnavfall.

M/S Sigyn har en lastkapacitet av 1 400 ton och är byggt för roro-hantering. Lastning med kran är även möjlig. Driften och underhållet av fartyget sköts av Rederiaktiebolaget Gotland.

Till årsskiftet 1999/2000 har totalt 3 210 ton bränsle transporterats från kärnkraftverken till CLAB och ca 26 400 m³ låg- och medelaktivt avfall till SFR.

Vid transporter av använt bränsle och hårdkomponenter används behållare som konstruerats för att uppfylla krav på strålskärning och tåla stora yttre påkänningar. En sådan transportbehållare rymmer ca 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 hårdkomponenter och 27 st strålskärmande behållare för medelaktivt avfall.

Vid lastning och lossning transporteras behållarna kortare sträckor mellan lager och fartyg med hjälp av speciella terminalfordon, se figur 3-4. För närvarande används fem fordon.

Då lokaliseringen av djupförvaret för långlivat avfall ännu ej bestämts har i *referensscenariot* antagits ca 750 km sjötransporter från inkapslingsanläggningen vid CLAB till en hamn för eventuell vidare transport med järnväg till djupförvaret. Det inkapslade bränslet placeras vid transporten i behållare 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. I de framtida kostnaderna har hänsyn tagits till återkommande behov av nyanskaffning av såväl fartyg som transportbehållare.



Figur 3-4. Terminalfordon med transportbehållare.

3.4 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 fyra bassänger. Genom att införa nya lagringskassetter har kapaciteten i dessa bassänger ökat till ca 5 000 ton.

Vid årsskiftet 1999/2000 fanns bränsle motsvarande 3 210 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.

För att utöka lagringskapaciteten vid CLAB pågår en utbyggnad av ytterligare ett berg-rum med lagringsbassänger av i princip samma storlek som de befintliga (CLAB 2). Den direkta produktionssprängningen i CLAB 2 kommer att avslutas under året. Hela utbyggnaden med CLAB 2 skall vara driftsatt till slutet av år 2003.

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

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.

3.5 Inkapsling av använt bränsle

3.5.1 Kapselabrik

Preliminära utredningar har gjorts angående utformning av en fabrik för tillverkning av kapslar för djupförvar av använt kärnbränsle.

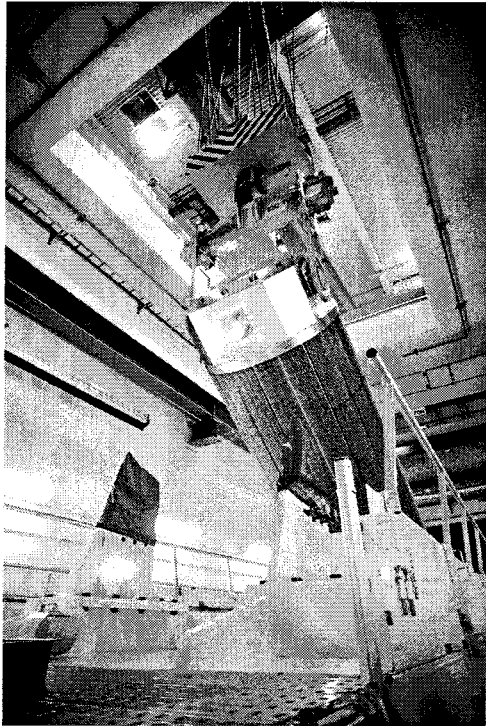
Den aktuella kapselkonstruktionen består av en yttre 50 mm tjock korrosionsbarriär av koppar i form av ett rör med lock och botten, se figur 3-6. Den kopparkvalitet som specificeras består av högren syrefri koppar med en liten tillsats av fosfor. Inuti kopparröret finns den gjutna insatsen med kanaler för bränsleelementen. Insatsen tjänstgör också som den tryckbärande komponenten i konstruktionen. Materialet i insatsen är segjärn. Locket till insatsen tillverkas ur valsad stålplåt.

Två metoder för tillverkning av kopparrören har studerats. I den tidigare utredningen har metoden med tillverkning genom rullformning av valsad plåt studerats. Plåten valsas till rörhalvor som sedan svetsas samman med långsgående elektronstrålesvetsning, (EB-svetsning). I en senare studie har man utgått ifrån dornpressning av kopparröret där röret formas i ett stycke. Lock och botten i koppar maskinbearbetas fram ur förformade smidda ämnen. Kopparbotten EB-svetsas sedan på röret. Svetsar kontrolleras med ultraljud och röntgen som oförstörande provning. Kostnaderna för de två metoderna är jämförbara.

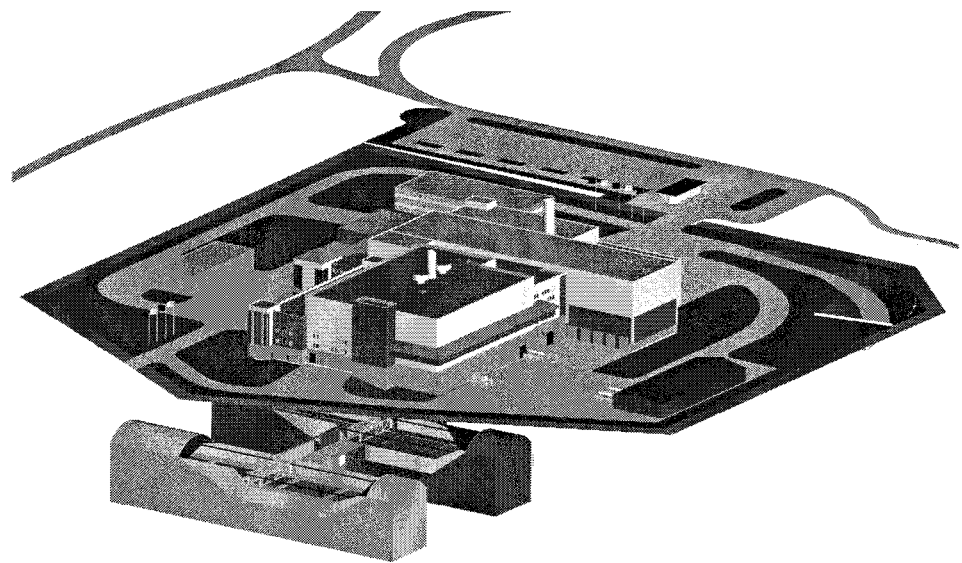
De gjutna insatserna i segjärn levereras gjutna och grovbearbetade till fabriken för färdigbearbetning. Ämnen till insatslock skärs fram ur valsad stålplåt och färdigbearbetas.

Efter rengöring lyfts insatsen ned i kopparröret och kapseln färdigställs för leverans.

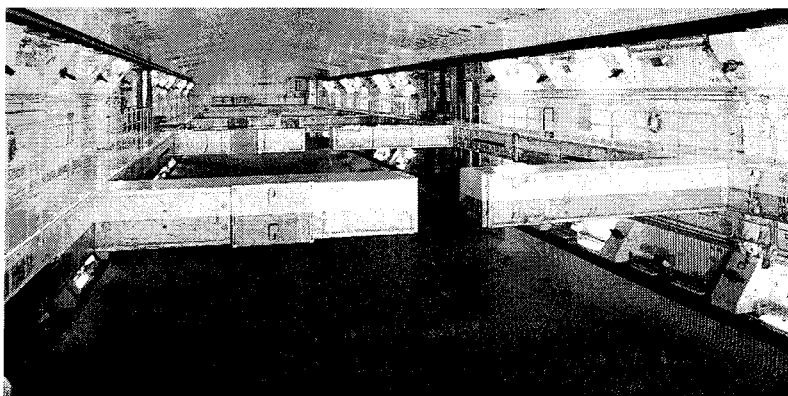
Med lokaler för underhållsverkstad, kontor och kontrollaboratorium omfattar fabriksbyggnaden ca 7 000 m². Personalbehovet uppskattas till 30 personer.



*Hantering av transport-
behållare i mottagningsdelen.*



*CLAB med två
bergrum.*



*Hantering av kassett
i lagringsdelen.*

Figur 2-5. CLAB.

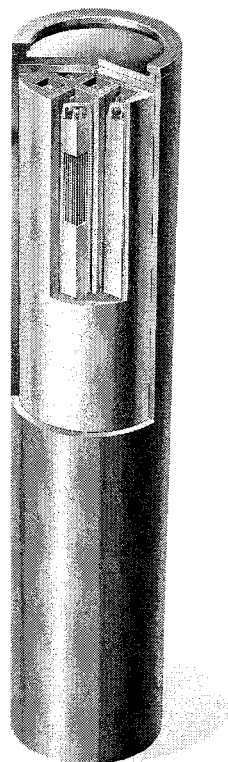
3.5.2 Inkapslingsanläggning

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 härdkomponenter.

Kapseln föreslås bli utförd med en gjuten insats, som ger mekanisk hållfasthet, och en yttre del av koppar som ger korrosionsskydd, se figur 3-6. Kapseln rymmer upp till 12 BWR-element med boxar eller 4 PWR-element.

Inkapslingsanläggningen kommer att innehålla följande funktioner:

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

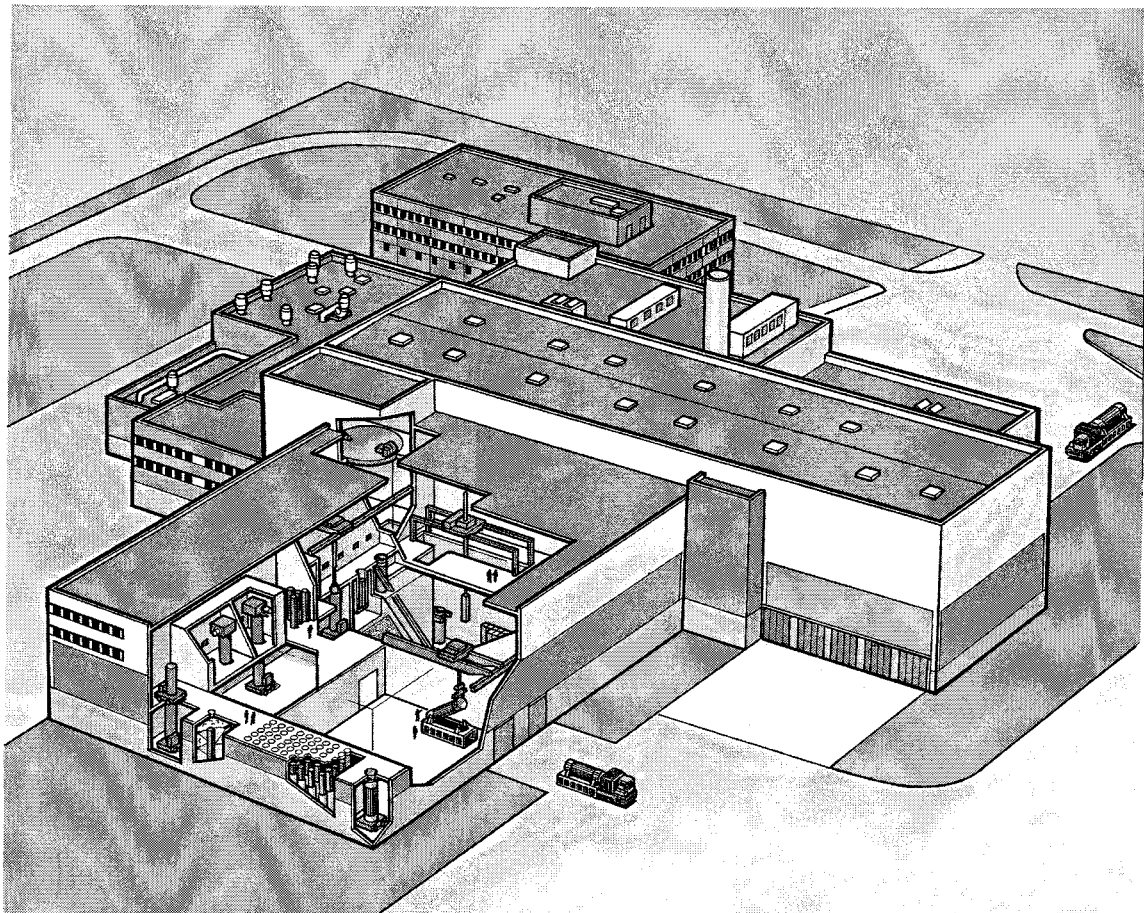


Figur 3-6. Kopparkapsel med inre stålbehållare.

Anläggningen projekteras för en tillverkningskapacitet av 200 bränslekapslar per år. Den långsiktiga produktionstakten vid anläggningen bestäms dock av möjligheterna att tillföra bränsle med hänsyn till den minsta lagringstid i CLAB som behövs för att bränslet skall avklinga till en lämplig nivå. I *referensfallet* med drift av reaktorerna i 40 år kommer den genomsnittliga produktionstakten att ligga kring 160-170 kapslar per år. Totalt kommer i *referensfallet* ca 4 500 kapslar att tillverkas i inkapslingsanläggningen.

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

Under den inledande driften med start år 2015 antas att 400 kapslar tillverkas för deponering under fyra år. Tillverkningen av resterande kapslar påbörjas år 2027. Efter avslutad inkapsling kommer anläggningen att rivras och aktivt rivningsavfall att transporteras till djupförvaret.



Figur 3-7. Inkapslingsanläggning för använt bränsle sammanbyggd med CLAB.

3.6 Förvaring i berggrunden av långlivat avfall

3.6.1 Djupförvar för använt bränsle

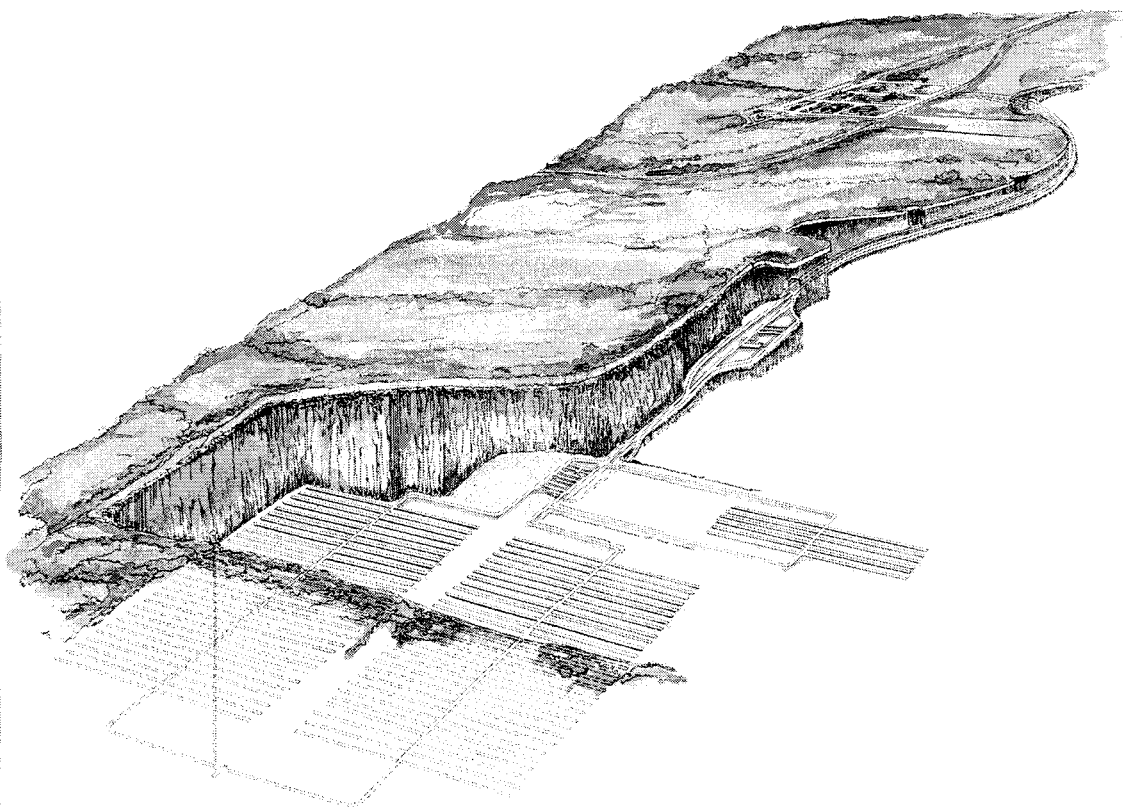
Vid djupförvaret finns två skilda förvarsutrymmen. Dels djupförvaret för använt bränsle, dels djupförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall. Det senare redovisas under nästa avsnitt. En översikt av djupförvarets industriområde och förvarsdelar framgår av figur 3-8.

Djupförvaret för använt bränsle planeras, enligt FUD 98, att ligga ca 500 m under markytan. Förvarsområdena kommer att nås via hisschakt alternativt ramp. Vilket nedfartssystem som är lämpligast beror på tekniska faktorer men även på lokala förhållanden. I *referensscenariot* 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.

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. Minst två sammanhållna deponeringsområden kommer att finnas, ett för vardera av de två deponeringsstegen, se figur 3-8.



Figur 3-8. Djupförvaret – översikt.

Kopparkapslarna med bränsle placeras i borrarade vertikala hål i tunnelbotten och omges där av en buffert bestående av ett 35 cm tjockt lager av kompakterad bentonit.

Avståndet mellan kapslarna och mellan deponeringstunnlarna bestäms av temperaturutvecklingen kring kapseln och då främst temperaturen på kapselytan och i den omgivande bentoniten. Denna bestäms av bränslets resteffekt, de termiska egenskaperna hos berget och buffertmaterialet samt bergets initialtemperatur. Den senare avgörs till stor del av vald lokalisering. I *referensscenariot* har kapselavståndet valts så att det troliga värdet på temperaturen i bentoniten blir 80°C vid en initial bergtemperatur på 10°C (lokalisering i norra Sverige). Detta ger god marginal mot 100°C vilket är den övre gräns som kan tillåtas. Sammantaget har detta gett avståndet mellan deponeringshålen 6,0 m och avståndet mellan deponeringstunnlarna 40 m. För att ta hänsyn till vissa bergpartier, där deponering ej bör ske, har i referensfallet kostnader medtagits för 10 % extra tunnellängd.

Kopparkapslarna transporteras från inkapslingsanläggningen vid CLAB till djupförvaret i speciella transportbehållare. Transportbehållarna förs ned till förvarsnivån där omlastning sker till strålskyddstub som sedan 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 vertikal-läge och sänks ned i hålet, varefter resterande kompakterade bentonitringar och bentonitblock över kapseln placeras i deponeringshålet med hjälp av samma hanteringsutrustning. Hela sekvensen görs strålskärmad.

Deponeringstunnlarna återfylls successivt med en blandning bestående av 15% bentonit och 85% bergkross.

Utsprängning av nya deponeringstunnlar sker samtidigt med deponering av kapslar samt återfyllning av deponeringstunnlar. Härvid kommer byggaktiviteterna att avskiljas från deponeringsarbetet genom att arbetena sker i de två skilda deponeringsområdena.

Deponering av kopparkapslar följer i princip produktionstakten i inkapslingsanläggningen, se avsnitt 3.5. Förseglingen av deponeringstunnlarna sker successivt i takt med att deponeringen framskrider. Efter avslutad deponering och försegling av resterande deponeringstunnlar återfylls transporttunnlar och schakt.

3.6.2 Djupförvar för annat långlivat avfall

Djupförvaret för annat långlivat avfall rymmer tre separata förvarsdelar:

- driftavfall från CLAB och inkapslingsanläggningen (efter att SFR 1 stängts) samt långlivat låg- och medelaktivt avfall från Studsvik,
- rivningsavfall från CLAB och inkapslingsanläggningen,
- hårdkomponenter och reaktordelar.

I kalkylunderlaget antas förvaret vara samlokaliserat med djupförvaret för använt bränsle samt ligga på samma nivå som detta dock på ett avstånd av ca en kilometer. Vid utformningen av förvaret behöver hänsyn ej tas till temperatureffekter eftersom värmeavgivningen är obetydlig. Förvaret nås via en tunnel som utgår ifrån centralområdet för bränsleförvaret. Tunneln kommer att förslutas på samma sätt som deponeringstunnlarna med en blandning av bentonit och bergkross.

Förvaret för låg- och medelaktivt driftavfall och för avfall från Studsvik utgörs av en ca 130 m lång bergsal. I denna deponeras driftavfall från CLAB och inkapslingsanläggningen (efter det att SFR 1 stängts) samt långlivat låg- och medelaktivt avfall från Studsvik. Avfallet, som utgörs av kokiller (kuber med sida 1,2 m) eller av fat (grupperade till ungefär en kokills storlek) staplas i betongfack och kringfylls med porös betong. Facken täcks successivt med betongplank och pågjuts. All hantering utförs fjärrstyrt med en travers. Utrymmet mellan betongfacken och berget utfylls slutligen med bergkross och bergrummets öppningar förseglas med betongpluggar. Detta senare sker i samband med försegling av förvaret.

Förvaret för hårdkomponenter och reaktordelar har samma principiella utformning och funktion som förvaret för driftavfallet ovan. Avfallet består här av betongkokiller med sidmått 1,2/1,2/4,8 m.

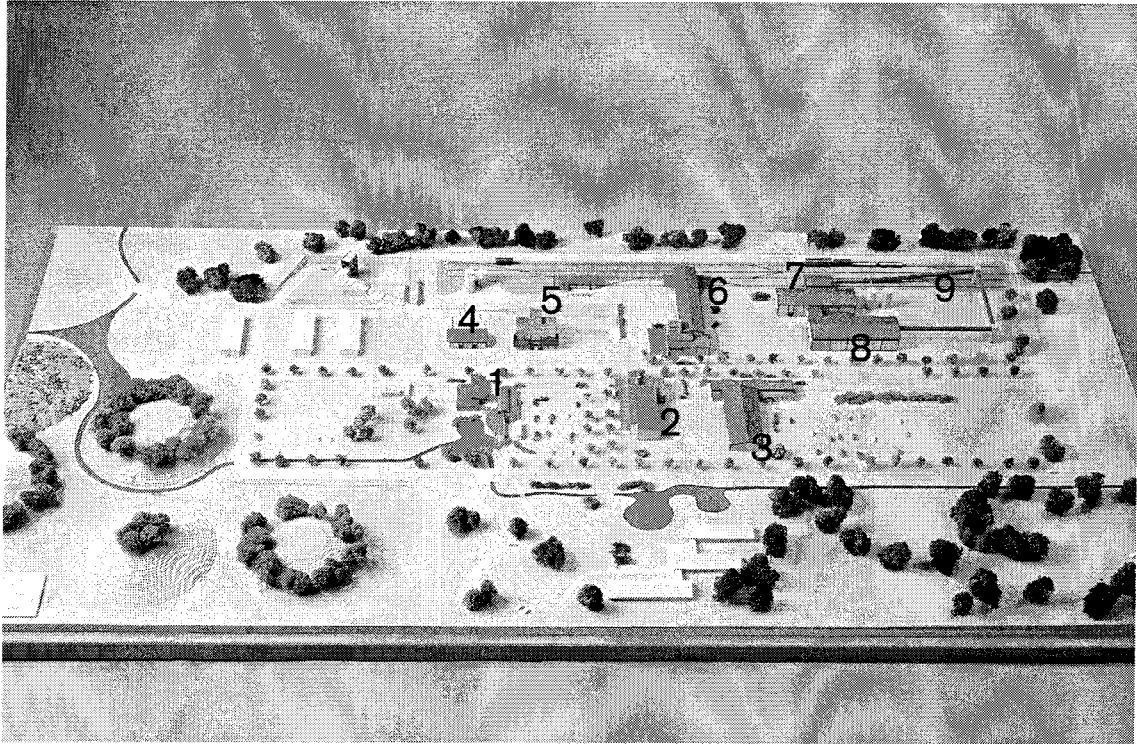
Förvaret för rivningsavfall utgörs av det tunnelsystem som måste byggas för de övriga förvarerna. Lågaktivt rivningsavfall från CLAB och inkapslingsanläggningen, transportbehållare m m, som skall slutlagras i ett sent skede, placeras i detta förvar innan förseglingen av anläggningen görs.

3.6.3 Anläggningar ovan mark

Djupförvaret för långlivat avfall antas i *referensscenariot* vara placerat i inlandet i norra Sverige. Transporterna antas ske med fartyg till en befintlig hamn och eventuella transporter därifrån med järnväg till djupförvaret. I kostnadskalkylen har hamnen kompletterats med en separat kaj, breddad och fördjupad inseglingsränna, 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). 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 98 stegvis med förstudier, platsundersökningar och detaljundersökningar. Kostnaderna för förstudier och platsundersökningar på två orter, redovisas under rubriken lokalisering för djupförvar – industriområde. Kostnaderna för detaljundersökningar, vilka antas bli genomförda på en ort, redovisas under investering för djupförvar – bränsle. Detaljundersökningarna genomförs parallellt med utbyggnaden av förvarets olika undermarksförlagda delar.

Djupförvarets industriområde kommer att innehålla ett antal byggnader och servicefunktioner, se figur 3-9. Omfattningen kommer att vara beroende av platsspecifika förhållanden samt slutlig utformning av vissa funktioner t ex för transporter mellan markytan och förvarsnivån, som kan ske i schakt eller i ramp.



Figur 3-9. 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.

3.7 Slutförvar för reaktoravfall, SFR 1

Vid Forsmarks kärnkraftverk drivs sedan 1988 ett slutförvar för driftavfall från kärnkraftverken benämnt SFR 1³⁾. 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 SFR slutlagras även radioaktivt avfall från CLAB och likartat radioaktivt avfall från icke elproducerande verksamhet, bland annat Studsvik.

SFR 1 består av fyra stycken 160 m långa bergsalar samt ett 70 m högt cylindriskt bergsrum som innehåller en betongsilo. I silon placeras det avfall, som innehåller huvuddelen av de radioaktiva ämnena. Figur 3-10 visar en skiss av SFR 1 och bilder från olika förvarsutrymmen.

För referensscenariot med 40 års drift av reaktorerna, kommer SFR 1 att ta emot maximalt ca 110 000 m³ avfall. Behovet av en utbyggnad av SFR 1 utreds för närvarande men en sådan är inte inkluderad i den föreliggande kalkylen.

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

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

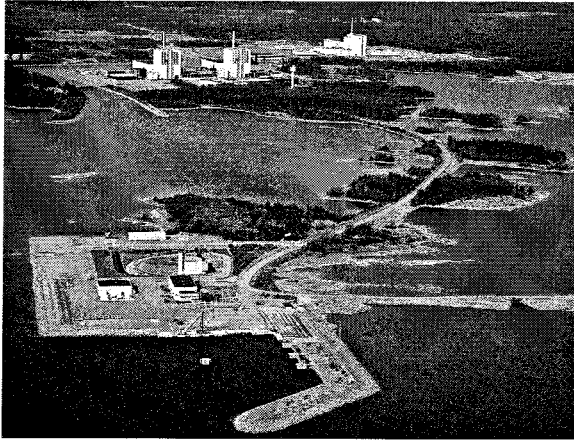
Hantering av medelaktiva avfallskollin i siloförvaret och i en av bergsalarna sker fjärrstyrt, medan lågaktiva kollin i de övriga bergsalarna hanteras med gaffeltruck.

Under drift behövs en personalstyrka på ca 15 man. Härtill kommer stödtjänster från Forsmarksverkets ordinarie basorganisation.

Anläggningen antas förslutas ett par år efter att den sista reaktorn tagits ur drift.

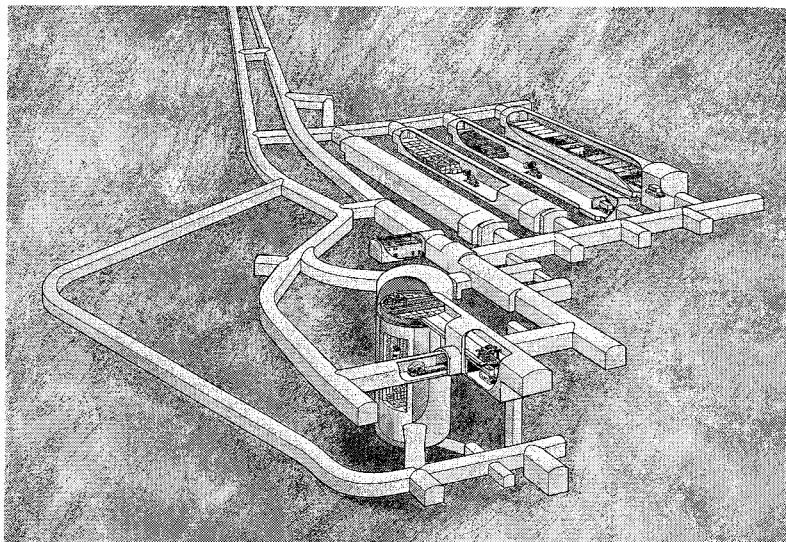
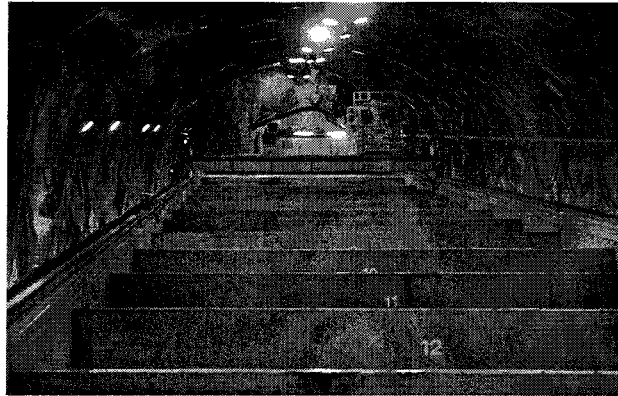
Vid årsskiftet 1999/2000 hade ca 26 400 m³ avfall deponerats i SFR.

³⁾ SFR 2 som var avsett för hårdkomponenter m m förutsätts i denna utredning ej komma till utförande utan är ersatt av ett förvar i anslutning till djupförvaret, se avsnitt 3.6.

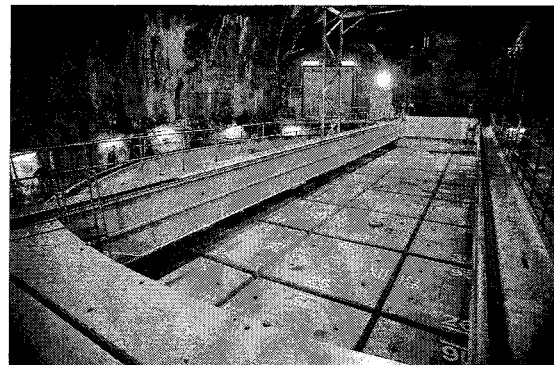


Vy över ovanjordsdelen.

Lager för medelaktivt avfall.



Vy över silotopp.



Figur 3-10. SFR 1.

3.8 Rivning av kärnkraftverk

3.8.1 Avställning och rivning av reaktoranläggningarna

Till åtgärderna för att ta hand om kärnkraftens radioaktiva restprodukter hör även att riva anläggningarna när de har tagits ur drift (ref 4).

Tidsplanen för när reaktoranläggningarna 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. Den tidigaste tidpunkten för rivning styrs av iordningställandet av anläggningar för hantering av rivningsavfallet och handläggningen av tillståndsfrågor men dessutom av tidpunkten för avställning av de olika reaktorerna. För *referensscenariot* ger detta en tidigaste start av rivningen år 2015.

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

Under perioden från det att reaktorn tas ur drift till dess att rivningen påbörjas sker borttransport av bränsle, dekontaminering⁴⁾ samt förberedelser för rivning. Denna perioden benämns avställningsdrift. Under den senare delen av perioden kan personalen successivt minskas. Själva rivningsarbetet beräknas sedan ta fem år per reaktoranläggning 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 mellanlagras i CLAB vid behov, innan det slutdeponeras i djupförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall. Övrigt radioaktivt rivningsavfall kommer att transporteras direkt till SFR 3, se nedan, och deponeras där. En stor mängd av rivningsavfallet kan friklassas, vid behov efter dekontaminering.

3.8.2 Slutförvar för radioaktivt avfall från rivningen, SFR 3

Det kortlivade rivningsavfallet från kärnkraftverken och Studsvik planeras att deponeras i ett förvar benämnt SFR 3. Förvaret planeras att ligga i anslutning till SFR 1. Det kommer att bestå av fem 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 150 000 m³ rivningsavfall att lagras inklusive avfall från Studsvik.

Härdkomponenter från rivning av kärnkraftverken planeras bli deponerade i bergtrum i anslutning till djupförvaret, se avsnitt 3.6.

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

⁴⁾ Tvättning eller rengöring på annat sätt för att avlägsna ytlig radioaktiv förorening.

4 Beräkningsmetodik

4.1 Beräkning av referenskostnader

Kostnaden för *referensscenariot*, dvs kostnader för samtliga anläggningar även de som ej täcks av finansieringslagen men utan tillägg för osäkerheter, beräknas med den traditionella kalkylmetoden, den s k deterministiska metoden. Därmed menas en metod där förutsättningar är givna och låsta. I PLAN-kalkylen definieras förutsättningarna både vad avser teknisk utformning och omgivningsfaktorer med de s k generella villkoren (beskrivs närmare i nästa avsnitt). Som grund 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 enhetspriser 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 anläggnings-skedet.

4.2 Hantering av osäkerheter

4.2.1 Successiv kalkyl – en probabilistisk kalkylmetod

För beräkningen av *underlag för avgifter* och även *tilläggsbelopp* (se kapitel 1) tillämpas en s k probabilistisk beräkningsmetod som med vedertagna statistiska metoder 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 5), som utvecklats speciellt som ett verktyg för hantering av denna typ av osäkerheter.

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 funktion som definierar denna sannolikhetsfördelning (fördelningsfunktion).

Den totala kostnaden erhålls sedan genom addering av samtliga kostnadsposter enligt de regler som gäller för addering av stokastiska variabler. Resultatet presenteras sedan som en fördelningsfunktion, som anger med vilken sannolikhet en totalkostnad kommer att innehållas, dvs konfidensgraden. 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 *underlag för avgifter* som skall återspegla ett troligt kostnadsutfall används 50%-nivån. *Tilläggsbeloppet* bestäms utifrån en högre konfidensgrad, 80% eller 90%.

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.

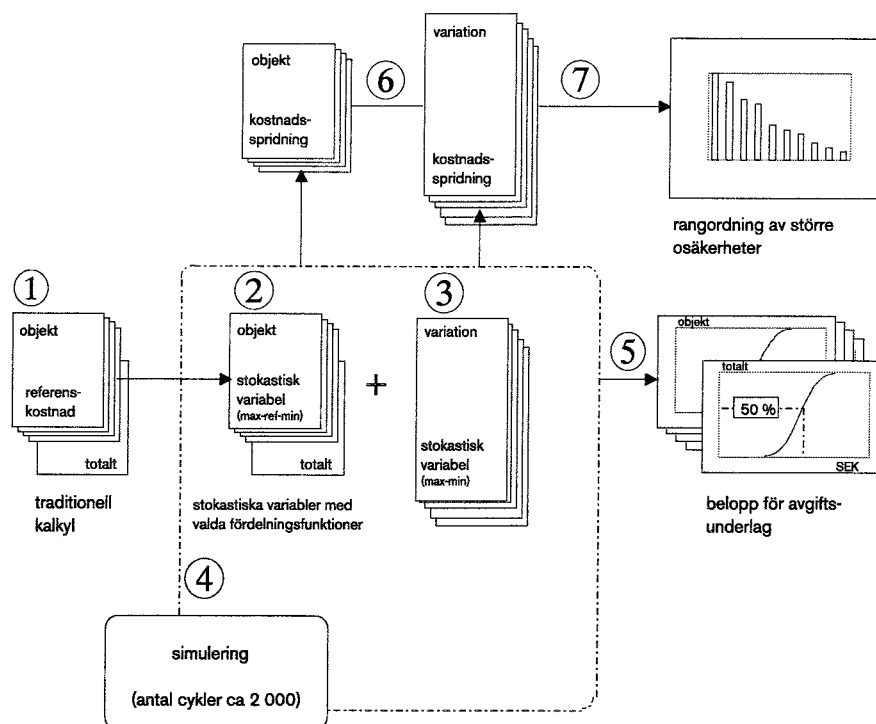
4.2.2 Översiktlig beskrivning av den tillämpade metodiken

Den statistiska adderingen av olika utfall i "Successiv kalkyl" måste för PLAN-kalkylen ske på ett sätt som tar hänsyn till vissa speciella och betydelsefulla förhållanden. Det viktigaste är den relativt stora andelen tidsplaneberoenden som ligger i variationerna. Vid de diskonteringar som görs får detta i vissa fall effekten att min/max-värdena byter plats eller till och med får samma position relativt det troliga värdet. En annat förhållande som också måste beaktas är att det i viss utsträckning förekommer beroenden mellan variabler, ett förhållande som normalt inte ska förekomma i den "Successiva kalkylen". Dessa och andra företeelser hanteras enklast genom att adderingen sker i en sk monte-carlosimulering. Beräkningen sker i ett antal cykler där varje cykel kan sägas representera ett "genomförande" och där utfallet för varje variation ges av slumpetal. Det totala utfallet erhålls som resultatet av ett stort antal beräkningscykler. I PLAN-kalkylen görs simuleringen i 2 000 cykler vilket ger tillräckligt liten felmarginal.

Metodens tillämpning är schematiskt illustrerad i figur 4-1. Beskrivningen som följer ansluter till beteckningarna i figuren.

Ingångsvärden i kalkylen erhålls med utgångspunkt från sk referenskostnader för varje kalkylobjekt samt för totalen (1). Referenskostnaderna beräknas med en traditionell deterministisk kalkyl dock utan påslag för variationer och osäkerheter. Indelningen i kalkylobjekt motsvarar i princip de olika kostnadsslagen för respektive anläggning, dvs investering, drift, försegling etc.

Nästa steg är att bestämma vilka variationer och osäkerheter som skall ingå i kostnadsberäkningen. Dessa kan vara av den karaktären att de påverkar kalkylobjekt i flera delar av avfallssystemet (3), t ex ändrad tidsplan eller ändrat antal kapslar. Alternativt kan de påverka enbart enskilda kalkylobjekt (2), t ex osäkerhet i personalstyrka eller kapselkostnad. Varje variation definieras till sin omfattning och en bedömning görs av vilka kalkylobjekt som påverkas av variationen. Vid bestämningen av omfattningen anges ett intervall som med en viss sannolikhet kommer att innehållas. Variationerna beskrivs närmare i kapitel 5.



Figur 4-1. Schematisk beskrivning av kalkylstegen (siffror hänvisar till beskrivningen i texten).

Därefter värderas kostnadspåverkan på olika kalkylobjekt av de variationer man valt att inkludera i basscenariot. 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 hos variationen såsom en markant snedfördelning av utfallet eller ett antingen-eller-värde (diskret fördelning).

Slutligen beräknas utfallet och summeras i montecarlosimuleringen.

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 (konfidensgrad). 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 tidsplane-påverkan varierar slutresultatet med olika diskonteringsräntor. Beräkningarna genomförs därför som ett flertal nuvärdesberäkningar med olika värden på kalkylräntan vid diskonteringen.

Underlaget för *tilläggsbelopp* beräknas på samma sätt som för avgifter. Då inkluderas även variationer med större system- och tidsplanemässig påverkan.

5 Osäkerheter beaktade i kalkylen

5.1 Allmänt

Som beskrevs i kapitel 4 hanteras osäkerheter i den successiva kalkylen genom att de först neutraliseras genom en definition av s k generella villkor vilka fastlägger kalkylförutsättningarna. I en andra process definieras och kostnadsberäknas variationer kring dessa generella villkor. Detta görs primärt i en särskilt sammansatt arbetsgrupp. Slutligen görs en statistisk summering av osäkerheterna genom montecarlosimulering.

För PLAN-kalkylen har två uppsättningar generella villkor med tillhörande variationer identifierats. Sammantaget är listan mycket omfattande, i det närmaste heltäckande.

Den första kategorin avser sådana variationer som är mer eller mindre vanliga i denna typ av anläggningsverksamhet. Denna typ av variationer inkluderas i den kalkyl ur vilken *underlag för avgifter* hämtas. Variationerna beskrivs i avsnitt 5.2 nedan.

Den andra kategorin består av mer extrema variationer med låg sannolikhet för inträffande. Denna typ av variationer inkluderas, tillsammans med variationerna i den förra kategorin, i den kalkyl ur vilken *tilläggsbeloppet* hämtas. Variationerna beskrivs i avsnitt 5.3 nedan.

Det ska också påpekas att det finns osäkerheter som inte beaktas i den föreliggande kalkylen. Sådana benämns "fasta villkor". Hit hör exempelvis sådana skilda förutsättningar som drifttiden för reaktorerna, samhällsordningen och den framtida utvecklingen vad avser avkastningen på fonderade medel. Dessa osäkerheter beaktas i övervägandet om vilken konfidensgrad som ska ansättas det slutliga beloppet.

5.2 Osäkerheter beaktade i avgiftsunderlagsbeloppet

Nedan ges en översikt över osäkerheter och tillhörande variationer som inkluderas i *underlag för avgifter*. För överskådlighet är de indelade i följande grupper:

- driftförhållanden för kärnkraftverken,
- hanterings- och förvarskoncept,
- teknik,
- lokalisering,
- tidsplaneberoenden,
- kalkylförutsättningar övrigt,
- objektspecifika variationer.

Om inget annat sägs antas de nedan angivna värdena avgränsa ett konfidensintervall av 80%, dvs med sannolikheten 80% antas värdet utfalla inom de angivna gränserna. Gränsvärdena är således inte strikta max- eller min-värden utan definierar enbart den sannolikhetsfunktion som ansätts osäkerheten ifråga.

Driftförhållanden för kärnkraftverken

- Framtida utbränningsgrad varierar mellan 38 och 55 MWd/tU för BWR och mellan 41 och 60 MWd/tU för PWR. Utbränningsgraden påverkar resteffekten och antalet kapslar och därmed drifttiden för avfallssystemet.

Teknik

- Trolig temperatur på kapselytan i djupförvaret varierar mellan 70 och 90 °C. Detta påverkar tillåten resteffekt och därmed avstånden mellan kapslarna i djupförvaret.
- Avvikelse från den nominella resteffekten hos kapseln. En förhöjning av kapseffekten med 10% ansätts vilket påverkar kapselavstånden i djupförvaret.
- Termiska parametrar för bentonit och berg varierar bl a med avseende på bentonitens och bergets värmeledningsförmåga och bergets initialtemperatur. Detta påverkar avstånden mellan kapslarna i djupförvaret.
- Kapaciteten i inkapslingsanläggningen varierar mellan 150 och 250 kapslar per år. Detta påverkar i första hand drifttiden för avfallssystemet, men även kapselavstånden i djupförvaret då bränslets ålder vid deponeringen påverkas och därmed resteffekten.
- Djupet för djupförvaret varierar mellan 400 och 700 m. Längden av deponeringstunnlarna ändras för att ta hänsyn till olika bergförhållanden och komplexiteten av tillfartssystemet ökas. Detta påverkar kostnaderna för att bygga och försluta djupförvaret.
- Deponeringsmetoden varierar bland annat genom att kapseln deponeras som ett paket tillsammans med bentoniten.
- Material och metod för försegling av djupförvaret varierar mellan enbart bergkross respektive sand/bentonitfyllning. Detta påverkar förseglingskostnaderna för flera förvarsdelar.

Lokalisering

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

Tidsplaneberoenden

- Förskjutningar i starttidpunkten för inkapsling och deponering (tidigareläggning 5 år respektive senareläggning 10 år). Detta påverkar i stort sett alla kostnadsposter. Tiden för forskning, samt drifttidens längd för CLAB och transportsystemet förändras. Driftstarten av övriga anläggningar förskjuts.

Kalkylförutsättningar övrigt

- Teknologisk utveckling beaktas genom en optimistisk och en pessimistisk variation. Påverkar alla framtida anläggningar.
- Förändringar i valutakursen av måttlig omfattning.
- Konjunkturen vid upphandling av de större entreprenaderna beaktas genom en variation av byggkostnaderna.
- Realismen allmänt i kostnadsuppskattningarna beaktas genom en faktor som återspeglar en optimistisk alternativt pessimistisk kalkyl.

Objektspecifika variationer

Objektspecifika variationer utgörs av preciserade eller mera generella påslag på referenskostnaden för varje objekt (36 st). Typiska påslag avser t ex ändringar i byggnadsvolym eller driftorganisation, eller varierande krav på utförande (exempelvis vid deponeringen).

TVå av dessa variationer kan nämnas särskilt:

- Kapselkostnad varierar med $-20\%/+50\%$.
- Kostnad för rivning av kärnkraftverk varierar huvudsakligen med hänsyn till personalbehov och metodutveckling, sammantaget ca $-15\%/+50\%$.

5.3 Osäkerheter beaktade i tilläggsbeloppet

Grupperingen av osäkerheterna är densamma som ovan. Men till skillnad från variationerna som inkluderas i *underlag för avgifter* är konfidensintervallet vidare, normalt 90%, vilket innebär att angivna gränsvärden har en lägre grad av sannolikhet för inträffande.

Det skall åter framhållas att även variationerna angivna i föregående avsnitt inkluderas i *tilläggsbeloppet*. Nedan angivna variationer avser således en utökning av antalet händelser som beaktas.

Driftförhållanden för kärnkraftverken

- Bränsleskador av betydande omfattning i en reaktor, vilket 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 beaktas, dock med ca 20 års tidsförskjutning. Påverkar inkapsling och djupförvar samt tidsplanen 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 varieras. Såväl större som mindre kapslar studeras. Påverkar inkapslingsanläggningen, antalet kapslar och deponeringshål samt drifttiden för hela avfallssystemet.
- Kapaciteten i inkapslingsanläggningen antas bli lägre än beräknat vilket kompenseras med extra skiftgående personal. Som ett alternativ studeras även kraftigt ökad kapacitet.
- Djupförvarslayouten baseras på ett alternativ där deponeringstunnlarna minimeras och där kapslarna placeras horisontellt i dessa tunnlar.

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.

Tidsplaneberoenden

- Den överordnade tidsplanestrategin ändras så att den reguljära driften följer direkt på den inledande, alternativt att start av deponering senareläggs med en sluttidpunkt omkring 2050. Vid det senare alternativet ökas inkapslingstakten till 400 kapslar per år. Detta påverkar tidsplanen och drifttiden för alla anläggningar, samt resteffekten och därmed avstånden mellan kapslarna i djupförvaret.
- Längre driftstörning (avbrott i 5 år) i inkapslingsanläggningen, vilket även påverkar djupförvaret.
- Återtagande av kapslar efter den inledande driften och deponering av allt bränsle på en ny plats efter förnyad lokaliseringsprocess. Påverkar tidsplanen för samtliga anläggningar samt medför att ett mellanlager för återtagna kapslar behöver byggas.
- Övervakning krävs av djupförvaret efter deponering under lång tid. Därefter sker slutlig försegling.
- Rivningen av kärnkraftverken varieras med en senareläggning så att den kan avslutas samtidigt med deponering av bränslet och en tidigareläggning snarast efter avställning av reaktorerna.

Kalkylförutsättningar övrigt

- Stora förändringar i valutakurser.
- Sabotage och dylikt.
- Ändrade myndighetskrav.

6 Kostnadsredovisning

6.1 Allmänt

I detta kapitel redovisas samtliga kostnader för att ta hand om de radioaktiva restprodukter som beskrivits i kapitel 2 och för att avveckla och riva reaktoranläggningarna. Kalkylunderlaget vad avser systemet har beskrivits översiktligt i kapitel 2 och de osäkerheter som beaktats vid beräkning av *underlag för avgifter* och *tilläggsbelopp* har beskrivits i kapitel 5.

Kostnaderna för olika anläggningar redovisas i posterna: investering, drift och reinvestering samt rivning och återfyllning (återfyllning av berggrum). 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 deponeringsskedet, har emellertid även kostnaderna för detta arbete hänförs till investeringskostnaderna.

I de efterföljande avsnitten redovisas mer detaljerat de belopp som skall ligga till grund för regeringens beslut om avgifter och säkerheter:

- underlag för avgifter,
- underlag för grundbelopp,
- tilläggsbelopp.

Slutligen ges en sammanställning av nedlagda och budgeterade kostnader till och med år 2000 samt en illustration till hur den totala kostnaden fördelar sig på olika anläggningar och aktiviteter i systemet.

6.2 Framtida kostnader

6.2.1 Referenskostnader samt underlag för avgifter

Tabell 6-1 ger en sammanställning av de framtida kostnaderna från och med år 2001 dels för *referensscenariot* totalt enligt verksamhetsplanen, dels för de kostnader som är att hänföra till *underlag för avgifter* i enlighet med finansieringslagen. De senare är hämtade ur den successiva kalkylen beskriven i kapitel 4 och återger ett utfall där sannolikheten för under- respektive överskridande är densamma. En närmare definition av beloppen ges i kapitel 1.

I den totala kostnaden inkluderas även kostnader som inte faller under *finansieringslagen* (driftavfall från kärnkraftverken, Ågestabränsle och avfall från Studsvik).

Figur 6-1 visar kostnaderna enligt tabell 6-1 fördelade i tiden. För underlag för avgifter är tidsfördelningen av nödvändighet approximativ eftersom kostnadsflödet påverkas av de variationer i tidsplanen som ingår i den statistiska analysen.

Beloppet underlag för avgifter uppgår till 46,7 miljarder kronor i prisnivå januari 2000.

Tabell 6-1. Sammanställning av framtida kostnader från och med år 2001, prisnivå januari 2000.

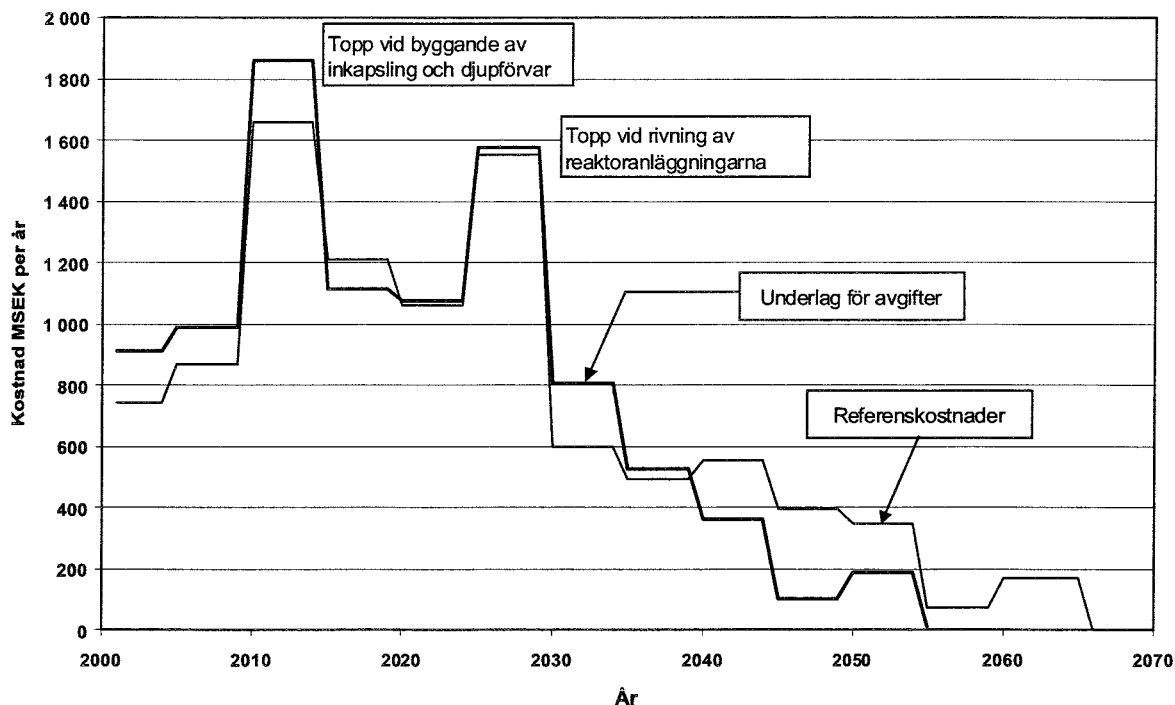
Objekt och kostnadsslag	Framtida kostnader enligt referensscenariot med drift av reaktorerna 40 år MSEK	Underlag för avgifter enligt finansieringslagen ¹⁾ MSEK
SKB adm och FUD		3 200
Transporter		2 400 ²⁾
reinvestering	1 360	
drift	1 010	1 500
Rivning kkv		14 600
avställningsdrift	3 980	
rivning	10 630	16 900 ³⁾
CLAB		5 500 ²⁾
investering	450	
reinvestering	980	
drift	3 700	4 900
rivning	380	
Inkapslingsanläggning		7 300 ²⁾
investering	1 930	
drift och reinvestering	5 180	6 000
rivning	160	
Djupförvar – yttre anläggningar		860 ²⁾
investering	770	
drift och reinvestering	90	1 300
Djupförvar – driftområden		5 300 ²⁾
lokalisering	770	
investering	1 820	
drift och reinvestering	2 600	4 900
rivning	140	
Djupförvar – använt bränsle		6 700 ²⁾
investering	3 580	
drift och reinvestering	1 200	6 700
rivning och återfyllning	1 900	
Djupförvar – annat avfall		520 ²⁾
investering	380	
drift och reinvestering	50	360
rivning och återfyllning	90	
Slutförvar för reaktoravfall – SFR 1		970 ²⁾
investering		15
drift och reinvestering	850	
rivning och återfyllning	120	
Slutförvar för rivningsavfall – SFR 3		760 ²⁾
investering	460	
drift och reinvestering	300	780
rivning och återfyllning	70	
Totalt		48 000
		46 700

¹⁾ Mängden använt bränsle och radioaktivt avfall begränsas till att omfatta det som bedöms uppkomma till och med år 2001 eller minst till och med 25 års drift av respektive reaktor. Dessutom ingår tillägg för osäkerheter.

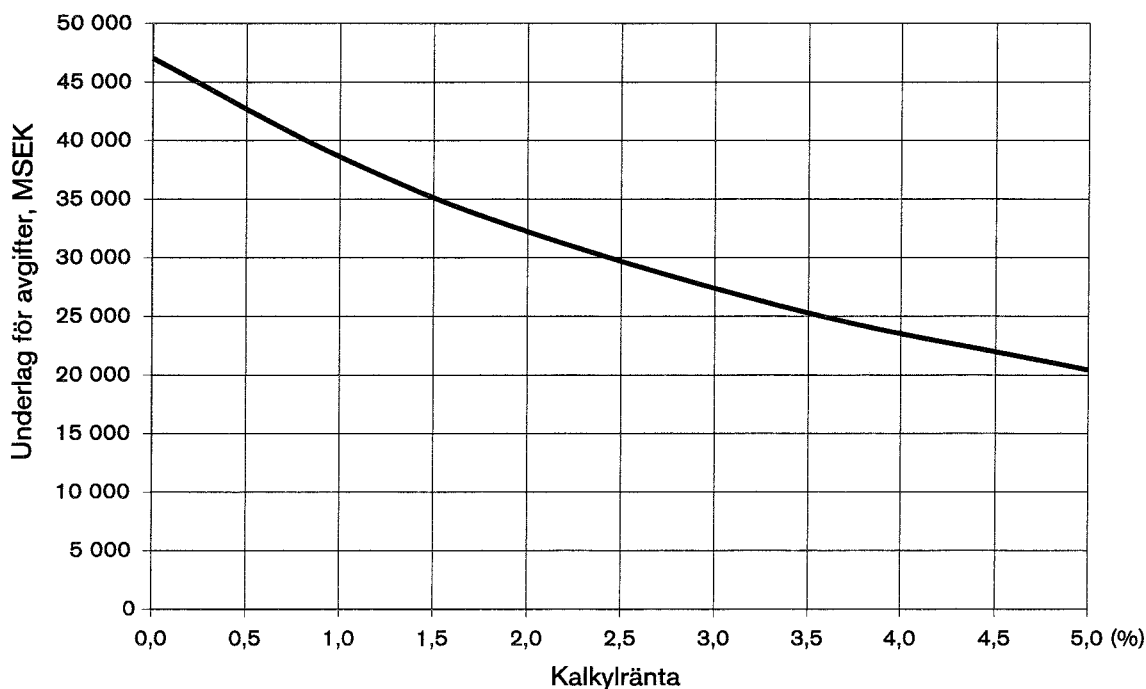
²⁾ Innefattar även kostnader som finansieras utanför finansieringslagen.

³⁾ Större delen av kostnader för avställningsdrift för B1 faller ej under finansieringslagen då kostnaderna täcks på annat sätt.

Då flera variationer påverkar tidsplanen för avfallssystemet har kostnadsberäkningarna även nuvärdesberäknats vid olika antaganden om realräntan. För att visa realräntans betydelse visas i figur 6-2 beloppet underlag för avgifter som funktion av vald realförräntning i kalkylen.



Figur 6-1. Sammanställning av framtida kostnader för referensscenariot samt för underlag för avgifter. Prisnivå januari 2000.



Figur 6-2. Underlag för avgifter som funktion av realförräntning vid diskontering. Prisnivå januari 2000.

6.2.2 Underlag för grundbelopp

Som underlag för att bestämma vilka säkerheter som behövs för att täcka in avgiftsbortfallet vid en eventuell tidig avställning, dvs *Säkerhet I*, har kostnader för ett tänkt fall beräknats där reaktorerna ställs av vid utgången av innevarande år, dvs 2000-12-31. Detta ger *underlag för grundbelopp*.

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 *underlag för avgifter*.

Underlag för grundbelopp uppgår totalt till 46,1 miljarder kronor vilket är 600 miljoner kronor lägre än *underlag för avgifter*.

6.2.3 Tilläggsbelopp

Tilläggsbeloppet skall användas som underlag för att bedöma behovet av *Säkerhet II* som skall täcka tillkommande kostnader till följd av oplanerade händelser. Vid beräkningen av *tilläggsbeloppet* har samma beräkningsmetodik tillämpats som för *underlag för avgifter*. De variationer som har applicerats på referensscenariot är dock betydligt mera omfattande.

Den sannolikhetsfördelning av kostnaderna som erhålls som resultat vid kostnadsberäkningen enligt den statistiska metoden ger möjlighet att bestämma en övre beloppsgräns. Detta sker utifrån valet av den konfidensgrad som anses motsvara finansieringslagens krav på en skäligen täckning av kostnader beroende på oplanerade händelser. Hittills har av myndigheten konfidensgraden 90% tillämpats vid bedömning av *Säkerhet II* innebärande att den på detta sätt erhållna övre beloppsgränsen med 90% sannolikhet anses täcka uppkomna kostnader.

Tilläggsbeloppet, som utgör skillnaden mellan den övre beloppsgränsen och *underlag för avgifter*, har beräknats till 15,1 miljarder kronor för konfidensgraden 90%. Väljs konfidensgraden 80% erhålls tilläggsbeloppet 11,2 miljarder kronor.

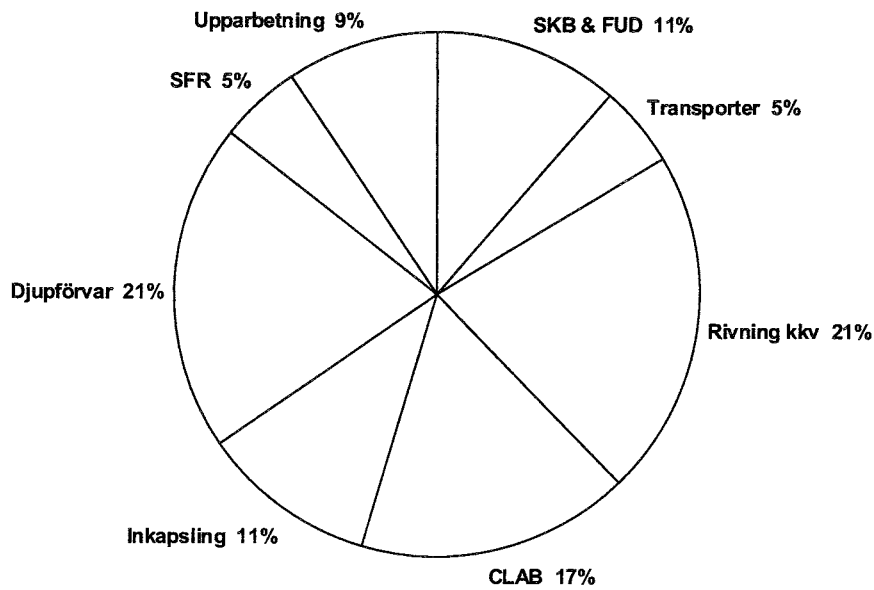
6.3 Tidigare nedlagda kostnader

Tabell 6-2 redovisar nedlagda kostnader till och med år 1999 i löpande prisnivå samt budgeterade kostnader för år 2000.

Den totala kostnadens fördelningen på olika delar av systemet framgår av figur 6-3. Den totala kostnaden består av nedlagda kostnader samt beräknade framtida kostnader. Fördelningen är baserad på prisnivå januari 2000 varvid nedlagda kostnader räknats upp med index.

Tabell 6-2. Nedlagda och budgeterade kostnader till och med år 2000, löpande prisnivå.

		Nedlagt t o m 1999 MSEK	Budgeterat år 2000 MSEK	Summa t o m 2000 MSEK
SKB administration		586	130	716
FUD		2 644	264	2 908
Transport	investering/reinvestering	266	7	273
	drift	381	17	399
CLAB	investering	1 945	134	2 079
		1 391	81	1 472
Inkapslingsanläggning	investering	167	0	167
Djupförvar	lokalisering	419	64	483
SFR 1	investering	743	0	743
	drift/reinvestering	336	38	374
Upparbetning		3 816	0	3 816
Totalt till och med år 2000		12 694	735	13 429



Figur 6-3. Fördelning av den totala kostnaden (nedlagda och framtida) för alternativet drift av reaktorerna i 40 år.

Referenser

- Ref 1 KBS 3
Kärnbränslecykelns slutsteg
Använt kärnbränsle, Del I-IV
Svensk Kärnbränsleförsörjning AB
Maj 1983
- Ref 2 SKB FUD-Program 98
Kärnkraftavfalllets behandling och slutförvaring
Program för forskning samt utveckling av demonstration av
inkapsling och geologisk djupförvaring
September 1998.
- Ref 3 SKIs utvärdering av SKBs FUD-program 98
SKI Rapport 99:16
Gransknings-PM April 1999
- Ref 4 Teknik och kostnader för rivning av svenska kärnkraftverk
Svensk Kärnbränslehantering AB
Maj 1994
- Ref 5 Steen Lichtenberg
Projektplanläggning i en foranderlig verden
Polyteknisk Forlag, Danmark 1990

Detaljerad förteckning över radioaktiva restprodukter att deponera enligt referensscenariot med drift av reaktorerna i 40 år.

Värden inom parentes avser dimensionerade mängder för underlag för avgifter, dvs drift till och med år 2001 eller minst till och med 25 års drift.

Avfallskategori	Enhet	Dimension m	Antal enheter	Antal transport-behållare	Volum i slutlager m ³	Slutförvar
Använt BWR-bränsle	element	0,14/0,14/4,383	38 400 (27 100)	3 200 (2 260)	18 700 (13 000)	Djupf bränsle
Använt PWR-bränsle	element	0,21/0,21/4,103	4 900 (3 200)	1 230 (800)		
Övrigt använt bränsle (MOX, Ågesta, Studsvik)	diverse		641 (641)	35 (35)		
Härdkomponenter	kokill	1,2/1,2/4,8	850 (600)	850 (600)	11 200 (9 500)	Djupf härdk
Reaktorernas interna delar	kokill	1,2/1,2/4,8	770 (770)	770 (770)		
Driftavfall från CLAB till silo	kokill	1,2/1,2/1,2	1 500 (900)	130 (80)	2 600 (1 600)	SFR 1
	kokill	1,2/1,2/1,2	2 400 (1 700)	600 (425)	4 100 (2 900)	Djupf långl
Driftavfall från CLAB till bergsal	kokill	1,2/1,2/1,2	380 (230)	30 (20)	660 (440)	SFR 1
Avfall från Studsvik till silo ¹⁾	fat	0,6/0,9	3 750 (3 750)	50 (50)	1 200 (1 200)	SFR 1
	kokill	1,2/1,2/1,2	690 (690)	60 (60)	1 200 (1 200)	SFR 1
	fat	0,6/0,9	2 250 (2 250)	140 (140)	700 (700)	Djupf långl
	kokill	1,2/1,2/1,2	550 (550)	140 (140)	1 000 (1 000)	Djupf långl
Avfall från Studsvik till bergsal ¹⁾	fat	0,6/0,9	8 750 (8 750)	150 (150)	2 800 (2 800)	SFR 1
	kokill	1,2/1,2/1,2	690 (690)	60 (60)	1 200 (1 200)	SFR 1
	ISO-cont		200 (200)	200 (200)	7 600 (7 600)	SFR 1
Driftavfall från inkapslingsanläggning till silo	kokill	1,2/1,2/1,2	400 (250)	100 (60)	680 (400)	Djupf långl
Driftavfall från kärnkraftverken till silo	fat	0,6/0,9	4 420 (2 730)	60 (40)	1 400 (900)	SFR 1
	kokill	1,2/1,2/1,2	11 320 (6 990)	940 (580)	19 600 (12 100)	SFR 1
Driftavfall från kärnkraftverken till bergsal	fat	0,6/0,9	23 830 (14 710)	460 (280)	7 720 (4 800)	SFR 1
	kokill	1,2/1,2/1,2	7 550 (4 660)	630 (390)	13 050 (8 100)	SFR 1
	ISO-cont		980 (610)	980 (610)	37 310 (23 000)	SFR 1
	container	3,3/1,3/2,15	1 440 (890)	480 (300)	13 280 (8 200)	SFR 1
Rivningsavfall från kärnkraftverken till berggrum	ISO-cont m m		6 000 (6 000)	6 000 (6 000)	144 000 (144 000)	SFR 3
Rivningsavfall från Studsvik till berggrum	ISO cont		100 (100)	100 (100)	3 800 (3 800)	SFR 3
Rivningsavfall från CLAB och inkapslingsanläggning till berggrum	container	2,4/2,4/2,4	180 (140)	180 (140)	2 400 (2 000)	Djupf rivn
	lagrings-kassetter		2 600 (1 900)	280 (210)	7 200 (5 300)	Djupf rivn
Transportbehållare			37 (37)	37 (37)	200 (200)	Djupf rivn
Summa ca			126 000 (91 000)	17 900 (14 500)	304 000 (256 000)	

¹⁾ Inkl totalt ca 3 500 m³ avfall inom kvv ansvarsområde.