

# Plan 2006

## Kostnader för kärnkraftens radioaktiva restprodukter

Svensk Kärnbränslehantering AB

Juni 2006

**Svensk Kärnbränslehantering AB**

Swedish Nuclear Fuel  
and Waste Management Co  
Box 5864

SE-102 40 Stockholm Sweden

Tel 08-459 84 00

+46 8 459 84 00

Fax 08-661 57 19

+46 8 661 57 19



# **Plan 2006**

## **Kostnader för kärnkraftens radioaktiva restprodukter**

Svensk Kärnbränslehantering AB

Juni 2006

# 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 tjugofemte 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. De förra har baserats på ett scenario rörande reaktordriften som innebär totalt 40 års drift för var och en av de reaktorer som är i drift idag.

Stockholm i juni 2006  
Svensk Kärnbränslehantering AB



Claes Thegerström  
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 så kallade *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 eventuella tillkommande 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:

- Kapselfabrik och inkapslingsanläggning för använt bränsle.
- Slutförvar för använt bränsle.
- Slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall.
- Slutförvar för rivningsavfall.

I kostnadsberäkningarna ingår även kostnader för forskning, utveckling och demonstration (FUD), samt för avveckling och rivning av reaktoranläggningarna.

Denna rapport baseras på den föreslagna inriktningen av verksamheten som presenterats i SKB:s FUD-program 2004 med bilagd handlingsplan och i den kompletterande redovisning till FUD-program 98. I den senare redovisas valet av de platser där SKB ville gå vidare med undersökningar och samråd i platsundersökningsskedet. För närvarande pågår undersökningar vid dessa platser. Platsvalen återspeglas även i kalkylen genom att *referensscenariot* innefattar en lokalisering av slutförvaret för använt bränsle till en av de valda platserna. Härvid har valet gjorts utifrån vad som bäst belyser olika kostnadsaspekter och skall inte ses som någon prioritering i övrigt.

SKB föreslår att slutförvaringen av det använda bränslet genomförs stegvis. Den inleds med ett första steg<sup>1</sup> då 200–400 kapslar deponeras. Därefter sker en utvärdering 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 2007, 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. I och med att energiproduktion upphört vid Barsebäck, innebärande att avgifter inte längre är aktuella, är benämningen *underlag för avgifter* missvisande. Tills vidare används dock detta uttryck även för Barsebäck och får då betydelsen *framtida kostnader enligt finansieringslagen*.

*Underlag för grundbelopp* skall innefatta kostnader i princip som ovan. Avseende använt bränsle och radioaktivt avfall begränsas dock beloppet till de avfallsmängder som beräknas finnas vid slutet av innevarande år, dvs 2006-12-31. Detta belopp ger underlag för att bedöma omfattningen av *Säkerhet I*. I detta belopp inkluderas inte Barsebäcks kostnader.

*Tilläggsbeloppet* utgör skillnaden mellan de kostnader som täcks av beloppet *underlag för avgifter* och kostnader upp till en övre gräns för det belopp som reaktorinnehavaren i dagsläget skall garantera. *Tilläggsbeloppet* skall enligt finansieringslagen omfatta ”skäligen 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 så kallat *referensscenario* baserat på totalt 40 års drift av de reaktorer som är i drift idag. *Referensscenario* inkluderar det totala systemet alltså även med utrymme för radioaktivt avfall som ej faller under finansieringslagen. Kostnaderna för *referensscenario* 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 *referensscenario* till 52,3 miljarder kronor.

Resultatet av kalkylen framgår nedan. Med avseende på tidpunkten för rivning av reaktorerna redovisas två fall:

- Fall A Den tidigaste rivningstidpunkten för en reaktor bestäms av *referensscenario*s drifttid av 40 år. Risken för ökade kostnader genom ändrad drifttid täcks genom *Säkerhet II*. För Barsebäck 1 och 2 bestäms tidigaste rivningstidpunkt av tillgängligheten av ett slutförvar för aktivt rivningsavfall. Denna tidpunkt är satt till 2020.
- Fall B Avställningstidpunkterna för reaktorer som är i drift idag sammanfaller med utgången av *intjänandetiden* dvs efter 25 års drift. För de reaktorer som uppnått full intjänandetid ansätts i år en avställningstidpunkt 2007-12-31. Förutsättningen avseende reaktordriften i fall B är definitionsmässigt en fast förutsättning innebärande att variationer kring detta inte studeras.

---

<sup>1</sup> Omfattningen i den inledande driften är i SKBs nuvarande verksamhetsplaner angiven till 200–400 kapslar. *Referensscenario* i kalkylen är för närvarande baserad på 400 kapslar.

|                                                                                        | Fall A                | Fall B                |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| <i>Underlag för avgifter</i><br>(inklusive Barsebäck)                                  | 49,0 miljarder kronor | 50,7 miljarder kronor |
| <i>Underlag för grundbelopp</i><br>(avser endast Ringhals, Oskarshamn<br>och Forsmark) | 41,3 miljarder kronor | 43,1 miljarder kronor |
| <i>Tilläggsbelopp</i> vid 90 % konfidensgrad                                           | 21,4 miljarder kronor | 21,6 miljarder kronor |
| D:o vid 80 % konfidensgrad                                                             | 14,1 miljarder kronor | 15,3 miljarder kronor |

# Contents

|                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Förklaringar</b>                                                                                                                                | 11 |
| <b>1 Kostnadsberäkningar enligt finansieringslagen</b>                                                                                             | 13 |
| 1.1 Finansieringslagen                                                                                                                             | 13 |
| 1.2 Driftscenario för reaktorerna                                                                                                                  | 14 |
| 1.2.1 Referensscenario                                                                                                                             | 14 |
| 1.2.2 Två fall med hänsyn till tidpunkten för rivning                                                                                              | 14 |
| 1.3 Belopp att redovisa under finansieringslagen                                                                                                   | 15 |
| <b>2 Energiproduktion och avfallsmängder</b>                                                                                                       | 17 |
| <b>3 System för hantering av de radioaktiva restprodukterna</b>                                                                                    | 19 |
| 3.1 Allmän översikt                                                                                                                                | 19 |
| 3.2 Forskning, utveckling och demonstration – FUD                                                                                                  | 20 |
| 3.3 Transporter                                                                                                                                    | 22 |
| 3.4 Centralt mellanlager för använt bränsle, Clab                                                                                                  | 24 |
| 3.5 Inkapsling av använt bränsle                                                                                                                   | 26 |
| 3.5.1 Kapselfabrik                                                                                                                                 | 26 |
| 3.5.2 Inkapslingsanläggning                                                                                                                        | 27 |
| 3.6 Slutförvar för använt bränsle                                                                                                                  | 28 |
| 3.6.1 Lokalisering och platsundersökningar                                                                                                         | 28 |
| 3.6.2 Anläggningar under mark                                                                                                                      | 29 |
| 3.6.3 Anläggningar ovan mark                                                                                                                       | 31 |
| 3.7 Slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall                                                                                           | 32 |
| 3.8 Slutförvar för reaktoravfall, SFR 1                                                                                                            | 33 |
| 3.9 Rivning av kärnkraftverk                                                                                                                       | 35 |
| 3.9.1 Avställning och rivning av reaktoranläggningarna                                                                                             | 35 |
| 3.9.2 Slutförvar för radioaktivt avfall från rivningen, SFR 3                                                                                      | 35 |
| <b>4 Beräkningsmetodik</b>                                                                                                                         | 37 |
| 4.1 Beräkning av referenskostnader                                                                                                                 | 37 |
| 4.2 Hantering av osäkerheter                                                                                                                       | 37 |
| 4.2.1 Den successiva principen – en probabilistisk kalkylmetod                                                                                     | 37 |
| 4.2.2 Översiktlig beskrivning av den tillämpade metodiken                                                                                          | 38 |
| <b>5 Osäkerheter beaktade i kalkylen</b>                                                                                                           | 41 |
| 5.1 Allmänt                                                                                                                                        | 41 |
| 5.2 Osäkerheter beaktade i underlag för avgifter                                                                                                   | 41 |
| 5.3 Tillkommande osäkerheter beaktade i tilläggsbelopp                                                                                             | 45 |
| <b>6 Kostnadsredovisning</b>                                                                                                                       | 49 |
| 6.1 Allmänt                                                                                                                                        | 49 |
| 6.2 Framtida kostnader                                                                                                                             | 49 |
| 6.2.1 Referenskostnader samt underlag för avgifter                                                                                                 | 49 |
| 6.2.2 Underlag för grundbelopp                                                                                                                     | 53 |
| 6.2.3 Tilläggsbelopp                                                                                                                               | 53 |
| 6.3 Tidigare nedlagda kostnader                                                                                                                    | 53 |
| <b>Referenser</b>                                                                                                                                  | 55 |
| <b>Bilaga 1</b> Detaljerad förteckning över radioaktiva restprodukter att deponera enligt <i>referensscenario</i> med drift av reaktorerna i 40 år | 56 |

# Förklaringar

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BWR                      | kokarreaktor.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Clab                     | centralt mellanlager 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.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| TWh                      | (terawattimmar) energienhet lika med en miljard kWh.                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| MWh                      | (megawattimmar) energienhet lika med tusen kWh.                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| MWd                      | (megawattdygn) energienhet lika med 24 000 kWh.                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| ton uran eller tU        | mått på mängd använt bränsle vilken definieras som vikten av uran som finns i bränsleelementen när de sätts in i reaktorn.                                                                                                                                                                                                                                |
| energiutnyttjningsfaktor | ett tal uttryckt i procent som anger förhållandet mellan under året producerad energi och den energi som teoretiskt skulle ha producerats om kärnkraftblocket drivits med full effekt under årets samtliga timmar (ligger normalt mellan 75 % och 90 %).                                                                                                  |
| utbränningsgrad          | ett värde som här anger den energimängd som erhållits ur bränslet när det tas ur reaktorn för transport till Clab, uttrycks vanligen i MWd per kg uran (MWd/kgU).                                                                                                                                                                                         |
| fall A                   | avser en rivningstidsplan för reaktoranläggningarna som ansluter till en drifttid av i medeltal 40 år och där variationsanalyser görs med avseende på denna drifttid. Villkoret avser endast förläggningen av rivningstidpunkten för reaktoranläggningarna och påverkar inte den i finansieringslagen angivna så kallade intjänandetiden, se avsnitt 1.1. |
| fall B                   | avser en rivningstidsplan för reaktoranläggningarna som ansluter till en tänkt avställning sammanfallande med utgången av den så kallade intjänandetiden 25 år såsom definierad i finansieringslagen. Inga variationsanalyser görs av avställningstidpunkterna (fast förutsättning).                                                                      |

# 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 samt att avveckla och riva reaktorerna. 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)<sup>2</sup> 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 eventuella tillkommande kostnader som inte täcks av inbetalade avgiftsmedel.

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

Inbetalda avgiftsmedel förs över till *Kärnavfallsfonden* vars medel är placerade på räntebärande konto i Riksgäldskontoret eller i skuldförbindelser utfärdade av staten. Placeringar med längre löptid än ett år sker på marknaden i vanliga statsobligationer. 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 SKB:s aktuella planering rörande systemets utformning inklusive tidsplan för dess genomförande. I föreliggande rapport sammanfattas denna planering under benämningen *referensscenario*. SKB:s planering innefattar i flera fall alternativa förslag till lösningar exempelvis i fall där utvecklingsarbete eller insamling av faktaunderlag för beslut pågår. I *referensscenariot* måste emellertid en specifik lösning formuleras för att ett entydigt och konkret underlag för kostnadsberäkningarna skall erhållas. Denna formulering skall dock inte uppfattas som ett slutligt ställningstagande från SKB:s sida.

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 avseende såväl teknik som genomförande. Mer om detta redovisas i kapitel 5.

I princip skall fonderade medel vid varje tidpunkt täcka planerade framtida kostnader för avveckling och rivning av reaktoranläggningarna 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 drift-åren, den s k *intjänandetiden*.

---

<sup>2</sup> En ny lag avseende finansieringen av omhändertagandet av kärnavfallet antogs av riksdagen den 18 maj i år (2006:xxxx). Den lagen träder i kraft först 2008.

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

### 1.2.1 Referensscenariot

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.

Kraftföretagen har en längre tid gjort bedömningen att drifttiden för reaktorerna kan komma uppgå till 60 år eller mer<sup>3</sup>. Som tidigare avstår dock SKB från att väga in denna bedömning i kalkylunderlaget utan bibehåller drifttiden 40 år som ett medelvärde avseende reaktorernas drifttider. Utformning och produktionskapacitet för olika anläggningar i systemet baseras på detta villkor vilket också ger den tidigaste tidpunkten för rivning av reaktoranläggningarna. Hanteringsprinciper, anläggningsutformning, genomförandeplan och övriga aktiviteter relaterade till detta scenario går som tidigare nämnts under beteckningen *referensscenario*.

I SKB:s 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 eller från och med 2008 och framåt för de reaktorer som passerat 25 års drifttid (se tabell 2-1). Dessutom görs en avräkning för kostnader som av andra skäl ej skall inkluderas under finansieringslagen på grund av att de finansieras på annat sätt, till exempel kostnader för omhändertagande av studsviksavfallet.

### 1.2.2 Två fall med hänsyn till tidpunkten för rivning

I rapporten redovisas kostnader för två fall benämnda fall A och fall B. Fallen skiljer sig åt enbart genom synen på tidpunkten då kostnader inom kärnavfallsfondens ram för avställning och rivning av kärnkraftverken tidigast skall anses kunna falla ut. Fall A avser kraftföretagens syn på detta och bygger på deras tolkning av hur finansieringslagens åtskillnad mellan planerade och oplanerade händelser (avgifter respektive säkerheter) skall tillämpas. Fall B baseras på ett scenario formulerat av SKI och tillställt SKB för kostnadsberäkning.

<sup>3</sup> Härvid undantas reaktorerna i Barsebäck. Barsebäck 1 ställdes av 1999-11-30 och Barsebäck 2 2005-05-31.

Vid bedömning av behovet av avgifter att inbetala till kärnavfallsfonden utgör de framtida kostnadernas fördelning i tiden en väsentlig faktor. Detta sammanhänger med att innesående medel i fonden beräknas ge en viss årlig avkastning vilken skall tillgodoses. Tidsplanen för omhändertagande av använt bränsle och därtill hörande radioaktivt avfall är i stort sett fristående från drifttiderna för reaktorerna. Här följs det program som SKB upprättat med exempelvis en given starttidpunkt för deponeringen och en antagen deponeringstakt.

Samma gäller ej för kostnaderna för avveckling och rivning av reaktorerna. Utfallen i tiden av dessa kostnader är sammankopplade med antaganden om tidpunkter då de olika reaktorerna ställs av permanent. De två fallen A respektive B har därvid följande innebörd:

Fall A Den tidigaste rivningstidpunkten för en reaktor bestäms av *referensscenariots* drifttid av 40 år. Detta gäller som det troliga fallet vid beräkning av underlaget för avgifter. Effekten av avvikelser, vilka kan vara mer eller mindre sannolika och utgöras av såväl kortare som längre drifttid, analyseras i den modell för analys av osäkerheter som tillämpas generellt i kalkylen. Risken för ökade kostnader genom ändrad drifttid täcks genom *Säkerhet II*. För Barsebäck bestäms rivningstidpunkten i princip som i fall B nedan.

Fall B Avställningstidpunkterna för reaktorerna sammanfaller med utgången av *intjänandetiden* dvs efter 25 års drift. För de reaktorer som redan uppnått full intjänandetid ansätts i år en avställningstidpunkt 2007-12-31. Fall B blir definitionsmsigt en fast förutsättning innebärande att några variationer av reaktordriften ej studeras. I fall B kommer rivningstidpunkten för de äldre reaktorerna att i hög grad bestämmas av den tid det tar att färdigställa anläggningar för omhändertagande av det radioaktiva rivningsavfallet. Under tiden från avställning fram till att så skett erfordras en underhålls- och servicedrift vid kraftverket. Medel för detta avsätts i *kärnavfallsfonden* och inkluderas således i avgiften.

Det skall betonas att de två fallen A respektive B representerar två principiellt olika synsätt vad avser den kalkylmsiga avställningstidpunkten för reaktorer. Inom varje fall kan sedan den detaljerade planeringen av olika rivningsaktiviteter varieras såväl inom den årliga kalkylen (variationsanalys) men även mellan olika år.

Fallen A och B representerar således två olika kostnadsnivåer för rivning och för slutförvaret för rivningsavfall. Beloppen framgår av tabell 6-1.

Eftersom det endast är rivningstidsplanen som skiljer de två fallen åt så är mängden bränsle och radioaktivt avfall som skall omhändertas den samma. Kostnaderna för anläggningarna i övrigt är således lika i båda fallen.

### 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 2007, eller minst efter 25 års drift av reaktorerna<sup>4</sup>. 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 genom 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.

I och med att energiproduktion upphört vid Barsebäck, innebärande att avgifter inte längre är aktuella, är benämningen *underlag för avgifter* missvisande. Tills vidare används dock detta uttryck även för Barsebäck och får då betydelsen *framtida kostnader enligt finansieringslagen*.

*Underlag för grundbelopp* skall innefatta kostnader i princip som ovan dock. Avseende använt bränsle och radioaktivt avfall begränsas dock beloppet till de avfallsmängder som beräknas finnas vid slutet av innevarande år, dvs 2006-12-31. *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 kostnader som täcks beloppet *underlag för avgifter* och en övre gräns för kostnader som reaktorinnehavaren i dagsläget skall ställa garantier för. *Tilläggsbeloppet* skall enligt finansieringslagen (3 § mom 3) 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*.

---

<sup>4</sup> De reaktorer som i föreliggande kalkyl ej uppnått 25 års drifttid är Ringhals 4, Oskarshamn 3 samt Forsmark 3.

## 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.

Prognoser för den framtida energiproduktionen och därav följande mängd använt bränsle upprättas per reaktor av reaktorinnehavarna på basis av deras aktuella verksamhetsplaner. Hänsyn tas därvid till förväntade framtida renoveringsarbeten samt eventuella framtida störningar i driften. Vid beräkning av mängden bränsle tas även hänsyn till *utbränningsgraden* (se förklaringar på sidan 11). I prognoserna särskiljs den energiproduktion och den mängd bränsle som är att hänföra till omfattningen enligt finansieringslagen och som således skall ligga till grund för avgiftsberäkningen.

Energiproduktionen i de svenska kärnkraftverken under de senaste åren samt tillhörande energiutnyttjningsfaktorer framgår av tabell 2-1 nedan.

Tabell 2-2 ger energiproduktion och använt bränsle för *referensscenariot* totalt och för den del som skall ligga till grund för avgiftsberäkningen, dvs drift av samtliga reaktorer till och med år 2007, dock minst i 25 år.

Huvuddelen av det använda bränslet kommer att mellanlagras i Clab och därefter direkt-deponeras. Utöver det bränsle som anges i tabell 2-2 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 upp-arbetning 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 kärnkraftsprogrammet upphov till låg- och medel-aktivt 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 2-3 ges en sammanställning av de radioaktiva restprodukter som skall deponeras. Avfallsmängderna redovisas i detalj i bilaga 1.

**Tabell 2-1. Elproduktion och utnyttjningsfaktorer.**

| År   | Energi-<br>produktion TWh | Utnyttjnings-<br>faktor % | Anmärkning                                                                                                                                                                                                                                    |
|------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1999 | 70,1                      | 80                        | Barsebäck 1 ställdes av 1999-11-30.                                                                                                                                                                                                           |
| 2000 | 54,8                      | 66                        | Låg produktion dels på grund av att tillgången på vattenkraft var osedvanligt god, vilket innebar att man nedreglerade anläggningar i viss utsträckning, men också på grund av långvariga avställningar för underhållsarbeten i ett par fall. |
| 2001 | 69,1                      | 83                        | Oskarshamn 1, som var avställd för renovering, är exkluderad ur beräkningen av utnyttjningsfaktorn.                                                                                                                                           |
| 2002 | 65,4                      | 84                        |                                                                                                                                                                                                                                               |
| 2003 | 65,6                      | 78                        |                                                                                                                                                                                                                                               |
| 2004 | 75,6                      | 92                        | Barsebäck 2 ställdes av 2005-05-31.                                                                                                                                                                                                           |
| 2005 | 69,0                      | 87                        |                                                                                                                                                                                                                                               |

*Referensscenariot* omfattar 4 500 kapslar vilket är en avrundad siffra som för närvarande är ungefärlig med den mängd som erhålls utifrån energiproduktionen angiven i tabell 2-2. Mängden kapslar är låst för att ge ett stabilt dimensioneringsunderlag som inte påverkas av mindre svängningar i reaktorinnehavarnas prognoser. Denna lösning påverkar på intet sätt beräkningen av *underlag för avgifter* som i dagsläget innefattar enbart ca 3 275 av det totala antalet förväntade kapslar.

**Tabell 2-2. Energiproduktion och bränsleförbrukning vid samtliga kärnkraftverk.**

| Start kommersiell drift |       |            | Termisk effekt/<br>nettoeffekt<br><br>MW | Energiproduktion<br>t o m<br>2005 |      | Bränsle<br>årligen ung. t o m<br>medelvärde 2005 <sup>5</sup><br>ton uran | Totalt enligt referensscenariot<br>Drift till<br>och med |                                  |       | Totalt som underlag för avgifter <sup>6</sup><br>Drift till<br>och med |                               |       |
|-------------------------|-------|------------|------------------------------------------|-----------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------|
|                         |       |            |                                          | TWh                               | TWh  |                                                                           | Energi<br>produktion<br>TWh                              | Använt<br>bränsle<br>ton<br>uran |       | Energi<br>produktion<br>TWh                                            | Använt<br>bränsle<br>ton uran |       |
| B1                      | (BWR) | 1975-07-01 | 1 800 / 600                              | 93                                |      | 425                                                                       | 1999-11-30                                               | 93                               | 425   | 1999-11-30                                                             | 93                            | 425   |
| B2                      | (BWR) | 1977-07-01 | 1 800 / 600                              | 108                               |      | 455                                                                       | 2005-05-31                                               | 108                              | 455   | 2005-05-31                                                             | 108                           | 455   |
| R1                      | (BWR) | 1976-01-01 | 2 500 / 830                              | 141                               | 6,6  | 562                                                                       | 2015-12-31                                               | 207                              | 746   | 2007-12-31                                                             | 154                           | 599   |
| R2                      | (PWR) | 1975-05-01 | 2 570 / 870                              | 154                               | 6,6  | 519                                                                       | 2015-04-30                                               | 215                              | 688   | 2007-12-31                                                             | 165                           | 548   |
| R3                      | (PWR) | 1981-09-09 | 2 780 / 920                              | 147                               | 8,8  | 475                                                                       | 2021-09-08                                               | 284                              | 832   | 2007-12-31                                                             | 162                           | 519   |
| R4                      | (PWR) | 1983-11-21 | 2 780 / 920                              | 141                               | 8,3  | 469                                                                       | 2023-11-20                                               | 290                              | 821   | 2008-11-20                                                             | 162                           | 526   |
| O1                      | (BWR) | 1972-02-06 | 1 375 / 440                              | 82                                | 3,7  | 402                                                                       | 2012-02-05                                               | 104                              | 464   | 2007-12-31                                                             | 89                            | 422   |
| O2                      | (BWR) | 1974-12-15 | 1 800 / 600                              | 123                               | 4,7  | 490                                                                       | 2014-12-14                                               | 165                              | 605   | 2007-12-31                                                             | 132                           | 511   |
| O3                      | (BWR) | 1985-08-15 | 3 300 / 1 160                            | 170                               | 11,0 | 596                                                                       | 2025-08-14                                               | 385                              | 1 088 | 2010-08-14                                                             | 216                           | 719   |
| F1                      | (BWR) | 1980-12-10 | 2 930 / 970                              | 170                               | 8,8  | 657                                                                       | 2020-12-09                                               | 302                              | 1 029 | 2007-12-31                                                             | 187                           | 703   |
| F2                      | (BWR) | 1981-07-07 | 2 930 / 970                              | 168                               | 8,9  | 645                                                                       | 2021-07-06                                               | 306                              | 1 026 | 2007-12-31                                                             | 184                           | 700   |
| F3                      | (BWR) | 1985-08-22 | 3 300 / 1 160                            | 174                               | 10,7 | 616                                                                       | 2025-08-21                                               | 383                              | 1 148 | 2010-08-21                                                             | 218                           | 739   |
| BWR totalt              |       |            | 21 735 / 7 330                           | 1 229                             | 54   | 4 848                                                                     |                                                          | 2 053                            | 6 987 |                                                                        | 1 381                         | 5 274 |
| PWR totalt              |       |            | 8 130 / 2 710                            | 442                               | 24   | 1 463                                                                     |                                                          | 790                              | 2 341 |                                                                        | 490                           | 1 592 |
| Samtliga totalt         |       |            | 29 865 / 10 040                          | 1 670                             | 78   | 6 311                                                                     |                                                          | 2 843                            | 9 328 |                                                                        | 1 871                         | 6 866 |

**Tabell 2-3. Huvudtyper av radioaktiva restprodukter att deponera.**

| Produkt                     | Huvudsakligt ursprung                                               | Enhet            | Enligt referensscenariot |                                        | Underlag för avgifter |                                        |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------------|----------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------|
|                             |                                                                     |                  | Antal<br>enheter         | Volym i<br>slutlager<br>m <sup>3</sup> | Antal<br>enheter      | Volym i<br>slutlager<br>m <sup>3</sup> |
| Använt bränsle              | Använt bränsle                                                      | kapslar          | 4 500                    | 18 000                                 | 3 300                 | 13 700                                 |
| Alfa-kontaminerat avfall    | Låg- och medelaktivt avfall från Studsvik                           | fat och kokiller | 4 500                    | 1 800                                  | 4 500                 | 1 800                                  |
| Hårdkomponenter             | Reaktordelar                                                        | långkokiller     | 1 400                    | 9 700                                  | 1 400                 | 9 700                                  |
| Låg- och medelaktivt avfall | Driftavfall från kärnkraftverk och behandlingsanläggningar          | fat och kokiller | 34 800                   | 54 600                                 | 27 000                | 39 900                                 |
| Rivningsavfall              | Från rivning av kärnkraftverk, behandlingsanläggningar och Studsvik | ISO-cont         | 12 000                   | 178 700                                | 12 000                | 178 700                                |
| Total mängd ca              |                                                                     |                  | 57 200                   | 263 600                                | 48 200                | 243 800                                |

<sup>5</sup> Inkluderar uttaget bränsle samt nuvarande reaktorhårdar.

<sup>6</sup> Det skall noteras att Barsebäck genom stängningen inte är aktuell för avgifter.

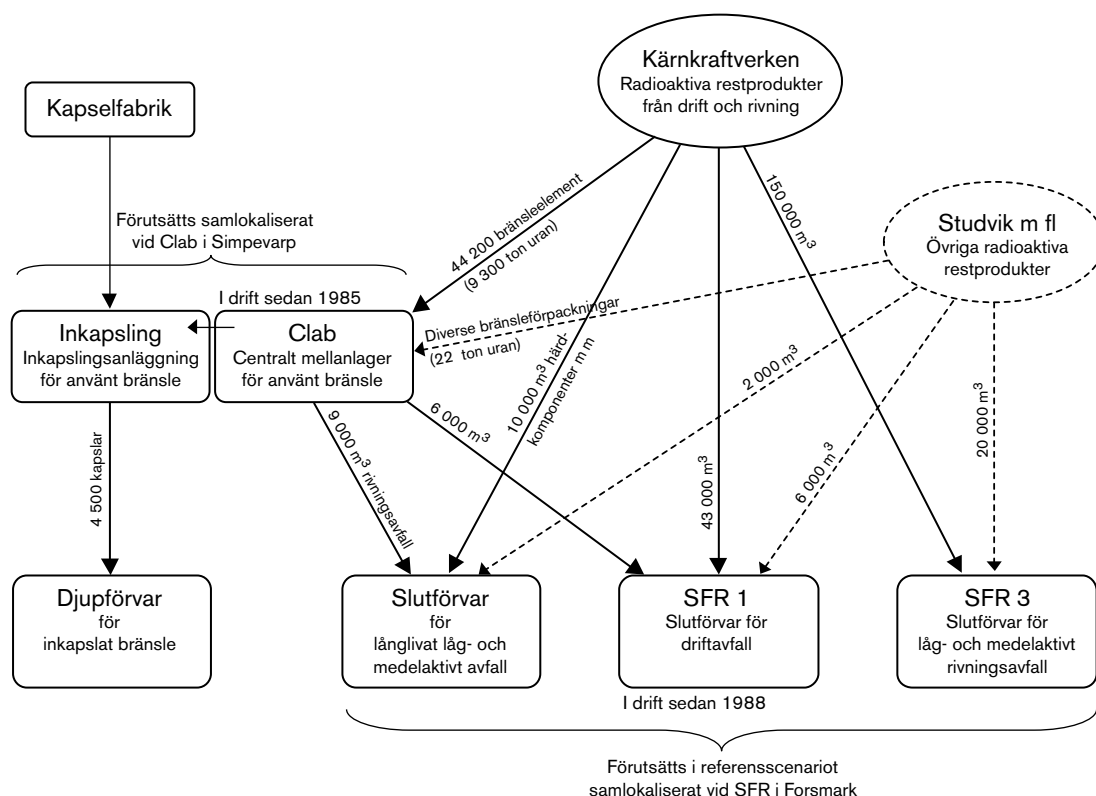
### 3 System för hantering av de radioaktiva restprodukterna

#### 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 mängd bränsle och andra restprodukter som skall beaktas är mindre, se avsnitt 1.2. Samtidigt beaktas också en mängd osäkerheter, se kapitel 4.

I detta kapitel beskrivs *referensscenario* med en omfattning baserad på en drift av reaktorerna i 40 år. Beskrivningen innefattar inte sådana möjliga framtida avvikelser från *referensscenario* som utgör underlag för beräkning av tillägg för osäkerheter. Sådana avvikelser redovisas sammanhållet i kapitel 5. 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 respektive slutförvar.



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

I FUD-program 2004 med bilagd handlingsplan presenterades program och planer för insatser vad gäller kapsel, inkapslingsanläggning och slutförvar. Baserat på detta underlag har översiktliga tidsplaner för framtida anläggningar upprättats till grund för kostnadsberäkningarna. De ger att inkapslingsanläggning och slutförvar skall byggas så att deponering av inkapslat bränsle kan börja i slutet av år 2017. Slutförvaringen genomförs stegvis. Den inleds med ett första steg, inledande drift, då 200–400 kapslar deponeras. Därefter sker en utvärdering innan anläggningen byggs ut i full skala, reguljär drift. Den reguljära driften antas starta 2023. *Referensscenariot* i kalkylen är för närvarande baserat på 400 kapslar i den inledande driften.

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. Övriga anläggningar befinner sig i olika utvecklings- och projekteringsskeden där även enskilda bearbetnings- och hanteringssystem provas i full skala. För dessa anläggningar har kostnadsberäkningarna baserats på de ritningar, specifikationer, personalplaner m m som upprättats samt på erfarenheter från tillverkning och utnyttjande av framtagna prototyputrustning.

### 3.2 Forskning, utveckling och demonstration – FUD

SKB:s 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. FUD-program 2004 med bilagd handlingsplan lämnades till regeringen i september 2004.

Den långsiktiga säkerheten hos ett slutförvar för använt bränsle utvärderas med säkerhetsanalyser. Säkerhetsanalysen använder vetenskaplig metodik och hämtar kunskap om långsiktiga förändringar från forskningen. De viktigaste säkerhetsanalysprojekten under perioden fram till 2008 är säkerhetsanalyser till ansökningarna för att få uppföra en inkapslingsanläggning respektive ett slutförvar. En viktig milstolpe var redovisningen 2004 av en säkerhetsanalys som visar den metodik som kommer att användas. Vid myndigheternas granskning 2004/2005, tillsammans med en internationell granskningsgrupp, konstaterades att det inte framkommit några omständigheter som innebär att förvaring enligt KBS-3-metoden skulle ha avgörande brister vad avser krav på säkerhet och strålskydd.

Målet med den forskning om långsiktig säkerhet, som SKB bedriver, är att vi ska förstå de processer (förändringar på lång sikt) som förekommer i ett slutförvar och hur de påverkar förvarets förmåga att isolera det använda kärnbränslet.

FUD-arbetet inriktats mot de insatser som behövs för att genomföra byggande av en inkapslingsanläggning för använt kärnbränsle och ett slutförvar för inkapslat bränsle.

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



**Figur 3-2.** *Principiell illustration av Äspölaboratoriet.*

De olika tester av teknik och metoder som pågår i Äspö omfattar utprovning av deponeringsmaskinen i prototyputförande, utvecklar alternativet med horisontell deponering, testning av metod för nedsättande av bentonitbuffert och kapslar i de borrarade deponeringshålerna samt återfyllning och pluggning av deponeringstunnlar. Dessutom pågår ett långsiktigt försök avseende återtag av deponerade kapslar samt iordningställande av ett prototypförvar i full skala. Figur 3-3 visar prototypförvaret under pågående nedsättande av en kapsel.

En annan viktig komponent i FUD-verksamheten är Kapsellaboratoriet där utvecklingen av metoder för förslutning och kontroll av kopparkapseln görs. I laboratoriet testas och verifieras även olika hanteringsutrustningar för kapslar i full skala. Laboratoriet ska i framtiden även kunna användas för utbildning och träning av operatörer till inkapslingsanläggningen.

Provtillverkning av kapselkomponenter som kopparrör, lock, bottenar och insatser med lock har pågått sedan 1996. Tillverkning provas med olika metoder hos ett antal företag inom och utom landet.

I *referensscenariot* antas forskning, utveckling och demonstration på Äspö pågå tills deponering under den reguljära driften påbörjas. Därefter förs en mindre grupp som forskar och utvecklar i geovetenskap över till slutförvarets driftorganisation. På kapsellaboratoriet kommer det att pågå utveckling och utbildning fram till dess att inkapslingsanläggningen tas i drift.

Tidiga kostnader för slutförvarsprojektet dvs platsundersökningar, projektering och detaljundersökningar redovisas i kostnadssammanställningen under rubriken slutförvar.



#### Huvuddata:

|                                               |            |
|-----------------------------------------------|------------|
| Höjd                                          | 4,6 m      |
| Bredd                                         | 3,7 m      |
| Längd                                         | 11,8 m     |
| Vikt, utan strålskyddstub                     | 90 ton     |
| Vikt, inkl strålskyddstub och kapsel          | 140 ton    |
| Hastighet                                     | 1–10 m/min |
| Elkraftförsörjning                            | kabel      |
| Kapacitet, huvudlyft                          | 30 ton     |
| Kapacitet, hjälplyft                          | 5 ton      |
| Kapacitet, lyft för bentonit plugg i maskinen | 1 ton      |

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

### 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 ro-ro-hantering. Lastning med kran är även möjlig. Driften och underhållet av fartyget sköts av Destination Gotland.

Till årsskiftet 2005/2006 har totalt 4 252 ton bränsle utbränd vikt (4 452 ton bränsle initialvikt) transporterats från kärnkraftverken till Clab och ca 30 930 m<sup>3</sup> låg- och medelaktivt avfall till SFR.

Vid transporter av använt bränsle och hårdkomponenter används behållare som konstruerats för att uppfylla krav på strålskärmning 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 m<sup>3</sup> 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.



**Figur 3-4.** Terminalfordon med transportbehållare.

Transporten av kapslar med använt bränsle från inkapslingsanläggningen vid Clab till slutförvaret antas i *referensscenariot* ske med sjötransport till hamnen i Forsmark (beträffande lokalisering se avsnitt 3.6.1). Slutförvaret antas vara lokaliserat nära hamnen. Lokaliseringsalternativ för slutförvaret innebärande bortfall av behov av sjötransporter för denna typ av transporter eller tillkommande behov av vidare transporter från hamnen med järnväg till slutförvaret beaktas inte i *referensscenariot* utan inkluderas i de variationer som redovisas i kapitel 5.

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.

### **3.4 Centralt mellanlager 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 ökats till ca 5 000 ton. Ett nytt bergrum med lagringsbassänger har nu färdigställt och lagringskapaciteten har därmed ökats till 8 000 ton.

Vid årsskiftet 2005/2006 fanns bränsle motsvarande 4 252 ton uran utbränd vikt (4 452 ton uran initialvikt) i anläggningen. I anläggningen förvaras även hårdkomponenter och interna delar, som skall deponeras i slutförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall.

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 bergrum och utförda i betong med rostfri plåtinklädnad. Bassängerna är dimensionerade att motstå jordbävning.

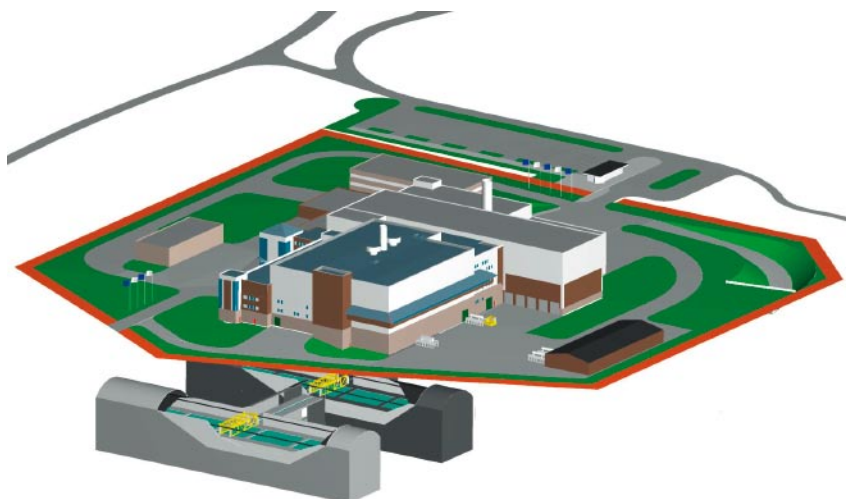
Den fasta personalstyrkan under drift är för närvarande ca 40 man. Härtill kommer servicepersonal som hittills huvudsakligen har tagits ur OKG:s ordinarie basorganisation. Från och med oktober 2006 kommer SKB att ta över denna verksamhet och driva den med egen personal, ca 70 heltidstjänster.

Sedan allt bränsle och övrigt avfall transporterats bort skall ovanjordsdelarna rivas liksom de delar av förvaringsbassängerna som har blivit aktiva. Det aktiva rivningsavfallet kommer att transporteras till slutförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall.

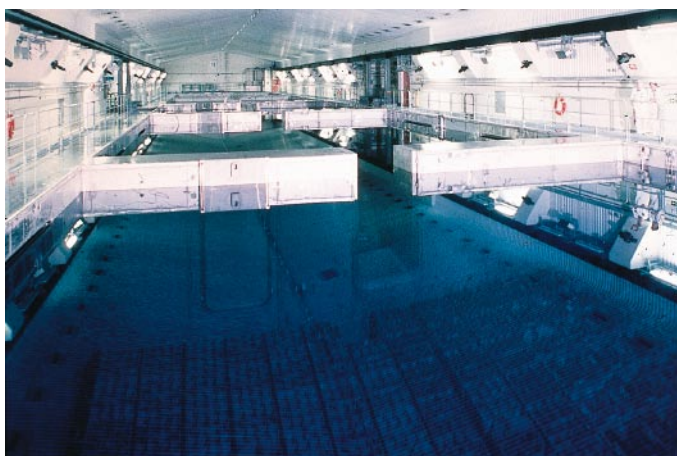
Kostnaderna för Clab baseras på hittillsvarande erfarenheter.



*Hantering av transport-behållare i mottagningsdelen.*



*Clab med två bergrum.*



*Hantering av kassett i lagringsdelen.*

**Figur 3-5. Clab.**

## 3.5 Inkapsling av använt bränsle

### 3.5.1 Kapselfabrik

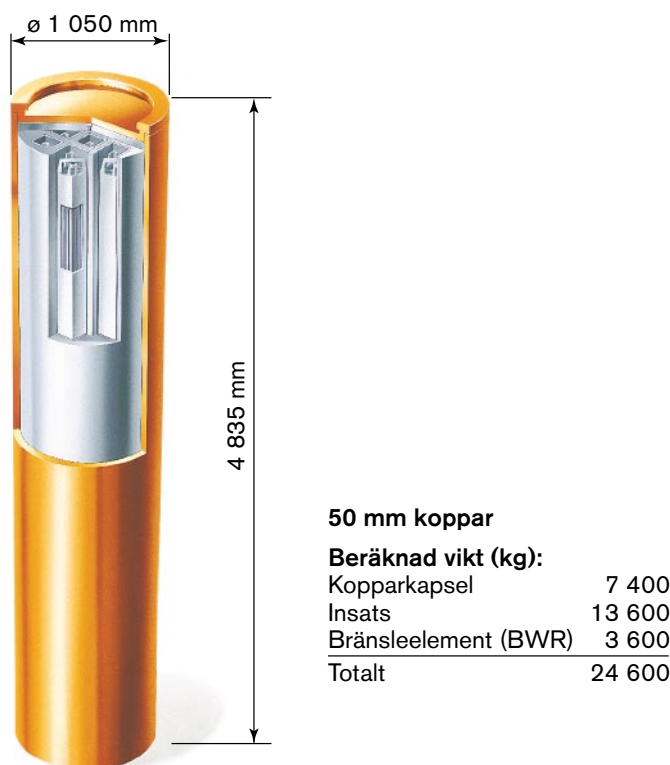
Med kapselfabrik avses en anläggning där olika komponenter finbearbetas och sammansätts till en färdig kapsel.

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.

Fyra metoder har provats för att tillverka kopparrör. En metod är att kopparplåt rullformas till rörhalvor som sedan svetsas samman med längsgående elektronstrålesvetsning (EB-svetsning). De övriga metoderna baseras på att kopparrören tillverkas i ett stycke genom antingen dornpressning, extrusion eller smidning. Kopparlock och botten tillverkas genom förformade smidda ämnen som sedan maskinbearbetas.

Inuti kopparröret finns den gjutna insatsen med kanaler för bränsleelementen. Insatsen tjänstgör också som den tryckbärande komponenten i konstruktionen. Materialet i insatsen är segjärn. Idag har insatserna gjutits och grovbearbetats på tre gjuterier i Sverige, ett i Finland och ett i Tyskland. Locket till insatsen tillverkas ur valsad stålplåt. Ämnen till insatslock skärs fram ur valsad stålplåt och färdigbearbetas.

Till kapselfabriken levereras komponenter såsom kopparrör, kopparlock och bottnar samt insatser med stållock för att finbearbetas till rätt slutdimension. Efter måttkontroll svetsas kopparbotten fast på kopparröret. För att kontrollera svetsen används oförstörande provningsmetoder som ultraljud och röntgen. Efter rengöring lyfts insatsen ned i kopparröret tillsammans med tillhörande stållock och kopparlock och detta paket levereras till inkapslingsanläggningen. Ett väl dokumenterat leveranscertifikat medföljer kapseln.



Figur 3-6. Kopparkapsel med insats av segjärn.

Kapselfabriken består av lokaler för underhållsverkstad, kontor och kontrollaboratorium och omfattar en fabriksbyggnad på ca 7 000 m<sup>2</sup>. Personalbehovet uppskattas till 30 personer.

### 3.5.2 Inkapslingsanläggning

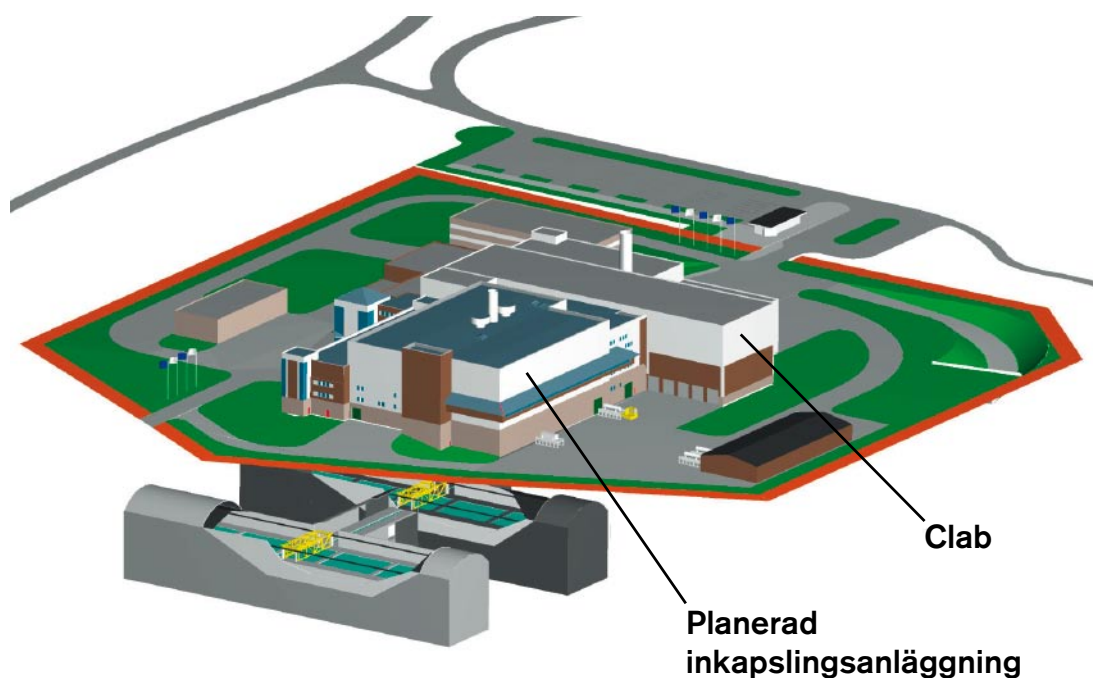
Innan det använda bränslet placeras i slutförvar skall det kapslas in i en beständig kapsel. Inkapslingen planeras ske i en ny anläggning i anslutning till Clab.

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:

- Intransportdel med kvalitetskontroll av levererade kapseldelar.
- Inkapslingsdel för inplacering av bränsle i kapsel, förslutning av kapsel samt kvalitetskontroll.
- Uttransportdel för kapslar. Uttransport sker i strålskärmande transportbehållare.
- Hjälpssystem med bl a kyl- och ventilationssystem samt el- och kontrollutrustning.
- Personal- och kontorsutrymmen samt förråd.

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 *referensscenariot* med drift av reaktorerna i 40 år kommer den genomsnittliga produktionstakten att ligga kring 160–170 kapslar per år. Totalt kommer i *referensscenariot* ca 4 500 kapslar att fyllas och förslutas i inkapslingsanläggningen.



**Figur 3-7.** Inkapslingsanläggning för använt bränsle sammanbyggd med Clab.

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 sent år 2017 antas att 200–400 kapslar färdigställas för deponering under ett antal år. Resterande kapslar färdigställs med början år 2023. *Referensscenariot* i kalkylen är för närvarande baserat på en inledande drift om 400 kapslar.

Efter avslutad inkapsling kommer anläggningen att rivas och aktivt rivningsavfall att transporteras till slutförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall.

Vid en beräkning av kostnader inom ramen för finansieringslagen, vilket innebär en minskning av bränslemängden med knappt 30 %, används den uppkomna överkapaciteten i Clab för förvaring av hårdkomponenter m m. Behandlingen av dessa före slutförvaring antas ske i inkapslingsanläggningen och kostnader för de system som krävs medtas i *underlag för avgifter*. I *referensscenariot* sker denna behandling i anslutning till det särskilda mellanlager som kommer att iordningsställas.

## **3.6 Slutförvar för använt bränsle**

### **3.6.1 Lokalisering och platsundersökningar**

Arbetet med lokalisering och utformning av slutförvaret för använt kärnbränsle bedrivs stegvis med förstudier, platsundersökningar, utbyggnad och detaljundersökningar. Målet för platsundersökningsskedet som nu pågår är att få tillstånd till att lokalisera och bygga inkapslingsanläggningen och slutförvaret för använt kärnbränsle. Detta skede följs av byggskedet med målet att erhålla tillstånd för inledande drift. Detaljundersökningarna genomförs parallellt med utbyggnaden av förvarets olika undermarksförlagda delar. Framtida kostnader för lokalisering och platsundersökningar redovisas i tabell 6-1 under egen rubrik.

Regeringen beslutade den 1 november 2001, med utgångspunkt från SKB:s komplettering till FUD 98 (FUD-K), att ge SKB klartecken att inleda platsundersökningar. I och med att kommunfullmäktige i Oskarshamn och Östhammar beslutade att med vissa villkor låta SKB genomföra platsundersökningar kunde dessa inledas under 2002. Platsundersökningarna syftar till att få fram detaljerat underlag avseende berget för fortsatta säkerhetsanalyser och konstruktionsstudier och som underlag till ansökan för tillståndsprövningen av slutförvaret. I Oskarshamn har SKB beslutat att prioritera Laxemarområdet framför Simpevarp efter att den preliminära säkerhetsbedömningen för Laxemar presenterades i mars 2006. Undersökningarna vid Forsmark och i Oskarshamn förutses kunna avslutas under 2007 varefter resultaten sammanställs, utvärderas och analyseras. Ansökan om uppförande av slutförvaret beräknas kunna inlämnas i slutet av 2008. Den därpå följande tillståndsprövningen förväntas pågå under två år. Under den perioden fortsätter övervakning av bland annat grundvattennivåer på den valda platsen medan undersökningsverksamheten avvecklas på den ej valda platsen.

SKB har valt att begränsa lokaliseringsförutsättningen i *referensscenariot* till en av de två platser där platsundersökningar skall företas. Då ingen av platserna har prioriterad status har valet fallit på den utsedda platsen i Östhammars kommun eftersom läget transportmässigt ger en god kompromiss. Skilt ifrån platsen där inkapslingsanläggningen förutsätts ligga (vid Clab) krävs nämligen en fortsatt redovisning av kostnader för sjötransporter.

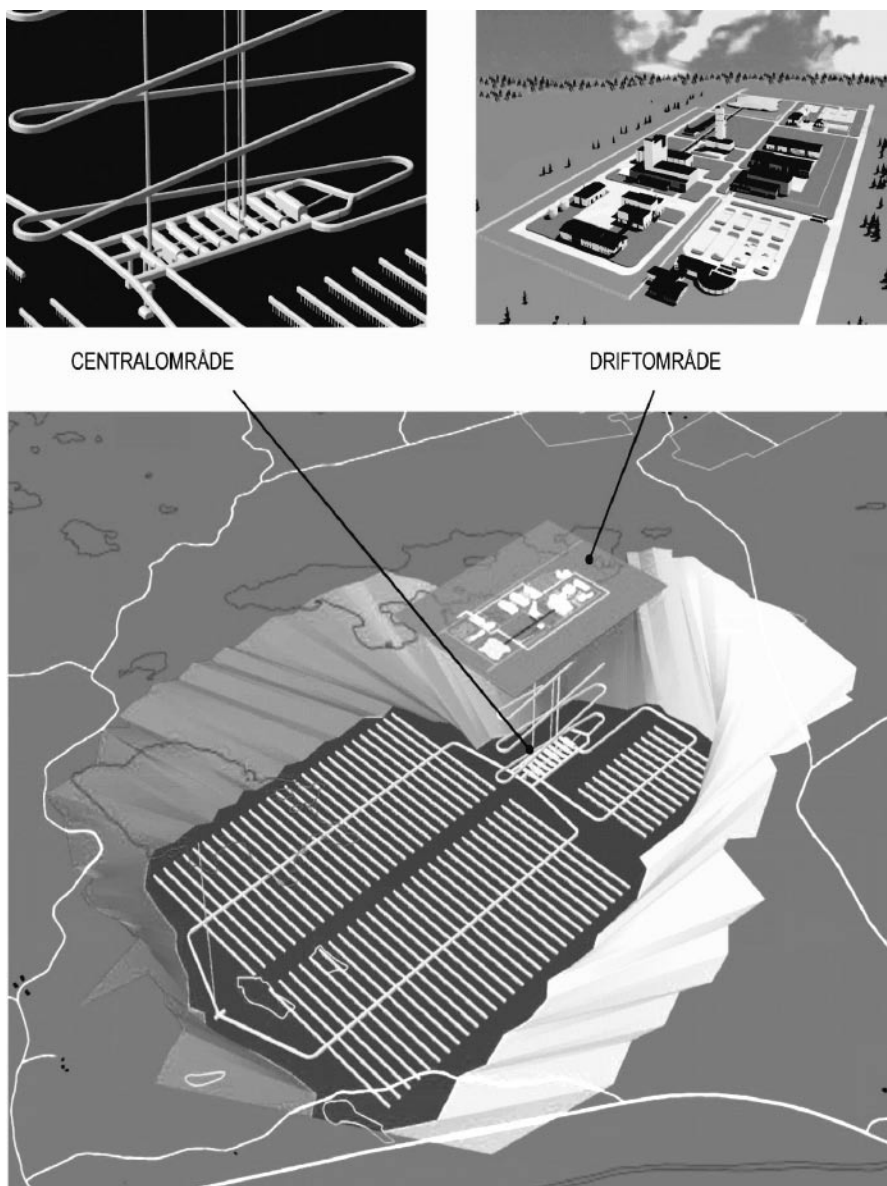
Även fallet att samtliga platser överges för en helt annan lokalisering studeras, men då endast som underlag för att bedöma behov av *Säkerhet II*.

Kostnadskalkylen för platsundersökningarna har uppdaterats och är t o m 2008 baserad på SKB:s Verksamhetsplan avseende tiden fram till inlämnande av ansökan. En kalkyl för verksamheten därefter under åren 2009–2010 är redovisad i PLAN-underlaget.

### 3.6.2 Anläggningar under mark

Slutförvaret för använt bränsle planeras, enligt FUD-program 2004, att ligga 400–700 m under markytan. *Referensscenariot* i kalkylen är för närvarande baserat på att förvarsnivån är 500 m under markytan. Förvarsnivån kommer att nås via hisschakt alternativt ramp. I *referensscenariot* beaktas en kombination av ramp och schakt i linje med en utförd utredning om val av nedfartsalternativ. En översikt av slutförvaret framgår av figur 3-8.

Utformningen av slutförvaret är anpassad till att deponeringen av bränsle sker stegvis. I första steget deponeras 200–400 kapslar. *Referensscenariot* i kalkylen är för närvarande baserat på 400 kapslar. Det förutsätts att en separat förvarsdela arrangeras för dessa.



**Figur 3-8.** Slutförvaret – översikt.

Slutförvarets centralområde under jord med olika serviceanläggningar kommer vid alternativet med en spiralramp som tillfart att vara lokaliserat direkt under driftområdet ovan mark. Centralområdet är anpassat till de antagna förutsättningarna för transporter av kapslar i transportbehållare ned till förvarsnivån och till att urlastning av transportbehållare sker där.

Placeringen av slutförvarets olika deponeringsområden kommer att bestämmas av de geologiska förhållandena på den valda platsen. Redovisningen i figur 3-8 är schematisk med två sammanhållna deponeringsområden, ett för vardera av de två deponeringsstegen. I verkligheten kommer ett antal bergblock att behöva utnyttjas med åtföljande uppdelning i ett flertal deponeringsområden. Den merkostnad detta medför i form av längre transporttunnlar och ett större transportarbete är tagen hänsyn till i kalkylen.

Kopparkapslarna med använt 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 i den omgivande bentoniten. Denna bestäms av bränslets resteffekt, de termiska egenskaperna hos berget och bentoniten samt bergets initialtemperatur. Den senare avgörs till stor del av vald lokalisering. I *referensscenariot* har valts ett kapselavstånd på 6,0 m och ett tunnelavstånd på 40 m. För att ta hänsyn till vissa bergpartier, där deponering ej bör ske, har i *referensscenariot* kostnader medtagits för 10 % extra tunnellängd.

Illustration visar alternativet med ett driftområde och med ramp för tunga och skrymmande transporter. För att förkorta byggtiden drivs ett skipschakt i form av ett sänkschakt parallellt med utsprängningen av rampen.

Under driftperioden kommer skipschaktet att utnyttjas för transport av berg- och återfyllnadsmassor och rampen används huvudsakligen för transport av transportbehållare med kapsel. På detta sätt förbättras säkerheten i rampen eftersom huvuddelen av transportarbetet sker med berghiss (skip) under driftperioden.

Vidare har det kombinerade hiss- och ventilationsschaktet delats upp i tre schakt av bygg- och drifttekniska hänsyn.

Kopparkapslarna transporteras från inkapslingsanläggningen vid Clab till slutförvaret i speciella transportbehållare. Transportbehållarna förs ned till förvarsnivån där omlastning sker till en 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. Detta sker med separat hanteringsutrustning.

När deponeringsmaskinen befinner sig över deponeringshålet reses kapseln till vertikalläge och sänks ned i hålet, varefter resterande kompakterade bentonitblock över kapseln placeras i deponeringshålet. Hela sekvensen vid nedsänkningen av kapseln görs strålskärmad.

Deponeringstunnlarna återfylls successivt med en blandning bestående av bentonit och bergkross. I *referensscenariot* är proportionerna i blandningen 30/70.

Under den reguljära driften sker utsprängning av nya deponeringstunnlar samtidigt med deponering av kapslar samt återfyllning av deponeringstunnlar. Härvid kommer byggaktiviteterna att avskiljas från deponeringsarbetet genom att arbetena sker på var sin sida inom deponeringsområdet.

Deponering av kapslar följer i princip produktionstakten i inkapslingsanläggningen, se avsnitt 3.5. Återfyllningen i deponeringstunnlarna sker tunnelvis och successivt i takt med att deponeringen framskrider. Efter avslutad deponering och återfyllning av de sista deponeringstunnlarna återfylls transporttunnlar, övriga bergrum, schakt och ramp upp till marknivån.

### 3.6.3 Anläggningar ovan mark

Driftområdet ovan mark för slutförvaret för använt bränsle 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 transporter mellan markytan och förvarsnivån.

I *referensscenariot* har förutsatts att följande byggnader finns inom driftområdet:

- Administrationsbyggnad.
- Driftbyggnad.
- Skipbyggnad.
- Förrådsbyggnad.
- Verkstadsbyggnad.
- Elbyggnad med ställverk.
- Servicebyggnader för råvattenbehandling, sanitärt avlopp, värmecentral etc.
- Hissbyggnad.
- Ventilationsbyggnad.
- Mottagningsbyggnad för transportbehållare med kapslar.



*Figur 3-9. Modell av driftområdet vid slutförvaret för använt bränsle.*

- Produktionsbyggnad för högtryckskompacktering av bentonit och beredning av återfyllnadsmassor.
- Geologibyggnad.
- Informationsbyggnad (utanför driftområdet).

Till anläggningar ovan mark räknas även hamnar för mottagning av transportbehållare med kapslar samt bentonit och annat material. I *referensscenariot* förutsätts att hamnen i Forsmark (SFR) kommer att kunna utnyttjas för mottagning av transportbehållare med kapslar på samma sätt som när M/S Sigyn idag kommer med avfall till SFR. Beträffande bentoniten avses att utnyttja den befintliga hamnen i Hargshamn som behöver kompletteras med en förrådsbyggnad för bentonit.

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

### 3.7 Slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall

Slutförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall avses rymma i huvudsak hårdkomponenter och reaktordelar samt långlivat låg- och medelaktivt avfall från Studsvik. I *referensscenariot* deponeras även det kortlivade rivningsavfallet från Clab och inkapslingsanläggningen i detta förvar.

Lokaliseringen av förvaret är inte beslutad. Ett sådant beslut behöver fattas först långt fram i tiden. Avfallet antas bli mellanlagrat i strålskärmade behållare varvid avklingningen kommer att underlätta den senare fortsatta hanteringen. Mellan-lagringen kan arrangeras på olika sätt men i *referensscenariot* antas detta ske genom iordningställande av ett bergrum som senare, när avfallet borttransporterats för slutförvaring, inkluderas i slutförvar för rivningsavfall, se nedan. Slutförvaret för det långlivade låg- och medelaktiva avfallet kan komma att samlokaliseras med något av de övriga slut-förvaren. I *referensscenariot* antas härvid som en kalkylförutsättning att en samlokalisering sker med SFR 1. Förvaret förläggs på djupet 300 m med anslutning till befintliga ramper.

Förvaret utgörs av bergsalar i vilka avfallet 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.

Avfallet består huvudsakligen av kubiska betongkokiller med sidmåten 1,2 m samt av de typer av behållare som utvecklats för torr mellanlagring av hårdkomponenter och reaktordelar. Vid beräkning av avfallsvolym i slutförvaret används i *referensscenariot*, såsom tidigare, en enhetskokill med sidmåten 1,2/1,2/4,8 m.

Beträffande personalstyrka under drift se avsnitt 3.8.

### 3.8 Slutförvar för reaktoravfall, SFR 1

Vid Forsmarks kärnkraftverk drivs sedan 1988 ett slutförvar för driftavfall från kärnkraftverken benämnt SFR 1. 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. I *referensscenariot* antas att även driftavfall från inkapslingsanläggningen i framtiden kommer att tas emot och slutförvaras i SFR 1.

SFR 1 består av fyra stycken 160 m långa bergsalar samt ett 70 m högt cylindriskt bergtrum 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, uppskattas att SFR 1 kommer att ta emot totalt ca 50 000 m<sup>3</sup> avfall. Behovet av en utbyggnad av en viss typ av lagringsutrymme i SFR 1 utreds för närvarande men en sådan är inte inkluderad i den föreliggande kalkylen. Kapaciteten i SFR 1 är för närvarande 63 000 m<sup>3</sup>.

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.

Vissa avfallskategorier kringgjuts efter att de har deponerats i de olika bergsalarna. Det finns även möjlighet att kringgjuta avfallet ytterligare när anläggningen försluts.

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

För drift och underhåll finns en driftgrupp bestående av sju man. Härtill kommer stöd-tjänster från Forsmarksverkets ordinarie basorganisation. Man anlitar även externa entreprenörer för delar av underhållsverksamheten. Totalt åtgår ca 12 manår per år för drift och underhåll av SFR. I *referensscenariot* antas att slutförvaret för rivningsavfall och slutförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall kommer att ansluta till SFR 1. Behovet av personal på platsen antas oavsett detta kunna hållas på samma nivå som idag varför det i framtiden mera blir en fråga om att fördela en i det närmaste konstant driftkostnad mellan de olika förvaren. Betydelsen av detta ligger i att kostnader för omhändertagande av driftavfall från kärnkraftverken med placering i SFR 1, till skillnad från övriga kommande förvar på platsen, ej inkluderas i *underlag för avgifter*.

Anläggningen antas utifrån planeringsförutsättningarna i *referensscenariot* komma att förslutas och avvecklas gemensamt med övriga anläggningar på platsen dvs slutförvaret för rivningsavfall samt slutförvaret för det långlivade låg- och medelaktiva avfallet.

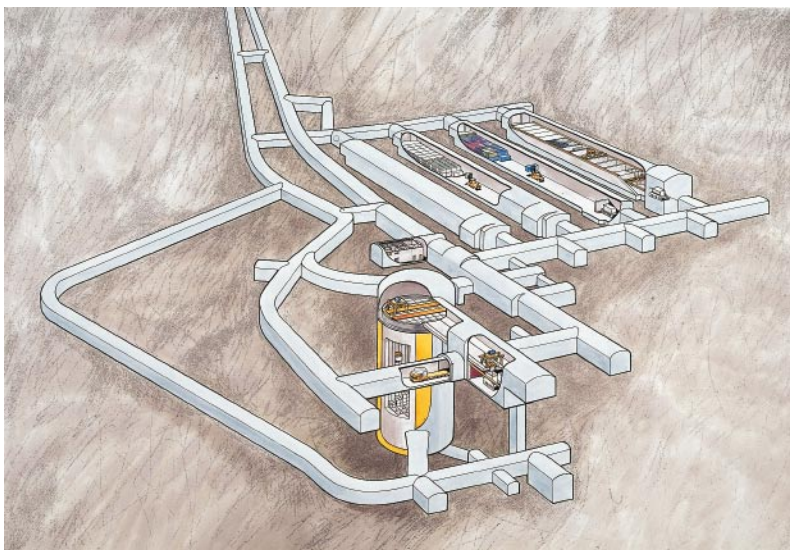
Vid årsskiftet 2005/2006 hade ca 30 930 m<sup>3</sup> avfall deponerats i SFR.



*Vy över ovanjordsdelen.*



*Lager för medelaktiv avfall.*



*Vy över silotopp.*



**Figur 3-10. SFR 1.**

## 3.9 Rivning av kärnkraftverk

### 3.9.1 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.

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 finns fördelar med en senare rivning. Den tidigaste tidpunkten för rivning, efter det att de olika reaktorerna ställts av och det använda bränslet transporterats till Clab, kopplas till iordningställandet av anläggningar för hantering av rivningsavfallet och handläggningen av tillståndsfrågor. För *referensscenariot* ger rivningen efter 40 års drift av de två äldsta reaktorerna, Oskarshamn 1 och 2, och färdigställande av slutförvar för rivningsavfall år 2020 som den tidigaste tidpunkten för start av rivningen.

Med hänsyn till resursutnyttjning och till mottagningskapaciteten i mellanlager och slutförvar är det lämpligt att starta rivning av olika reaktoranläggningar med viss förskjutning. I *referensscenariot* antas minimum ett års förskjutning mellan start av rivning av reaktorer på samma plats. För två sammanbyggda kärnkraftsblock gäller att rivning kan påbörjas först efter det att båda ställts av och allt bränsle är borttransporterat.

Under perioden från det att reaktorn tas ur drift till dess att rivningen påbörjas sker borttransport av bränsle, dekontaminering<sup>7</sup> samt förberedelser för rivning. Denna period benämns *avställningsdrift* under tiden bränsle är kvar på anläggningen och *servicedrift* därefter. Under perioden med servicedrift, som varierar i längd beroende på tidsplanen för rivningen, kommer personalstyrkan att minskas till en mycket låg nivå. 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 vid behov innan det slutdeponeras i slutförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall (se avsnitt 3.7). Övrigt radioaktivt rivningsavfall kommer att transporteras direkt till slutförvar för rivningsavfall, se nedan, och deponeras där. En stor mängd av rivningsavfallet kan friklassas, eventuellt efter dekontaminering.

### 3.9.2 Slutförvar för radioaktivt avfall från rivningen, SFR 3

Det kortlivade rivningsavfallet från kärnkraftverken och från Studsvik och Ågesta planeras att deponeras i ett förvar benämnt slutförvar för rivningsavfall. Förvaret planeras att ligga i anslutning till SFR 1. Det kommer att bestå av bergsalar av liknande typ som i SFR 1. Huvuddelen av rivningsavfallet kan transporteras i standardcontainrar vilka, utan att tömmas, placeras i bergsalar. I slutförvar för rivningsavfall kommer totalt ca 170 000 m<sup>3</sup> rivningsavfall att lagras.

Hårdkomponenter och reaktordelar från rivning av kärnkraftverken planeras bli deponerade i slutförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall, se avsnitt 3.7.

Beträffande personalstyrka under drift se avsnitt 3.8.

Drifttiden vid slutförvar för rivningsavfall bestäms av tidsplanen för rivning av reaktoranläggningarna. Förslutningen av förvaret sker gemensamt med övriga förvar vid SFR.

<sup>7</sup> Tvättning eller rengöring på annat sätt för att avlägsna yttlig radioaktiv förorening.

## 4 Beräkningsmetodik

### 4.1 Beräkning av referenskostnader

Kostnaden för *referensscenariot*, benämnd *referenskostnaden*, innefattar kostnader för samtliga anläggningar även de som ej täcks av finansieringslagen. *Referenskostnaden* beräknas med en traditionell kalkylmetod, en s k deterministisk metod. Därmed menas en metod där förutsättningar är givna och låsta. I SKB:s fall görs ej heller tillägg för olika typer av osäkerheter vilka behandlas separat enligt beskrivning i nästa avsnitt. I PLAN-kalkylen definieras förutsättningarna både vad avser teknisk utformning och omgivningsfaktorer med de s k generella villkoren (även detta 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 och väl känt, 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 1 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 anläggningskedet.

### 4.2 Hantering av osäkerheter

#### 4.2.1 Den successiva principen – en probabilistisk kalkylmetod

För beräkningen av såväl *underlag för avgifter* som *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 ”den successiva principen”, 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 (stokastisk variabel). För varje kostnadspost och variation väljs en lämplig funktion som definierar denna sannolikhetsfördelning (fördelningsfunktion).

Central i tillämpningen av den ”successiva principen” är metodiken för att strukturera kalkylen och ställa upp dessa sannolikhetsfördelningar. Detta sker genom i hög grad subjektiva bedömningar vilka görs i en särskilt sammansatt grupp, den s k ”analysgruppen”. Enligt metodikens upphovsman skall gruppen bestå av personer med olika kompetenser och i övrigt vara heterogent sammansatt vad avser ålder, befattningar etc. Detta för att få en optimal samverkan i gruppen och minimera risken för systematiska felbedömningar eller ensidighet i de slutsatser som den kommer fram till. Antal deltagare kan variera med hänsyn till projektets karaktär. Den analysgrupp som i år deltagit i SKB:s kalkylarbete har omfattat 16 personer.

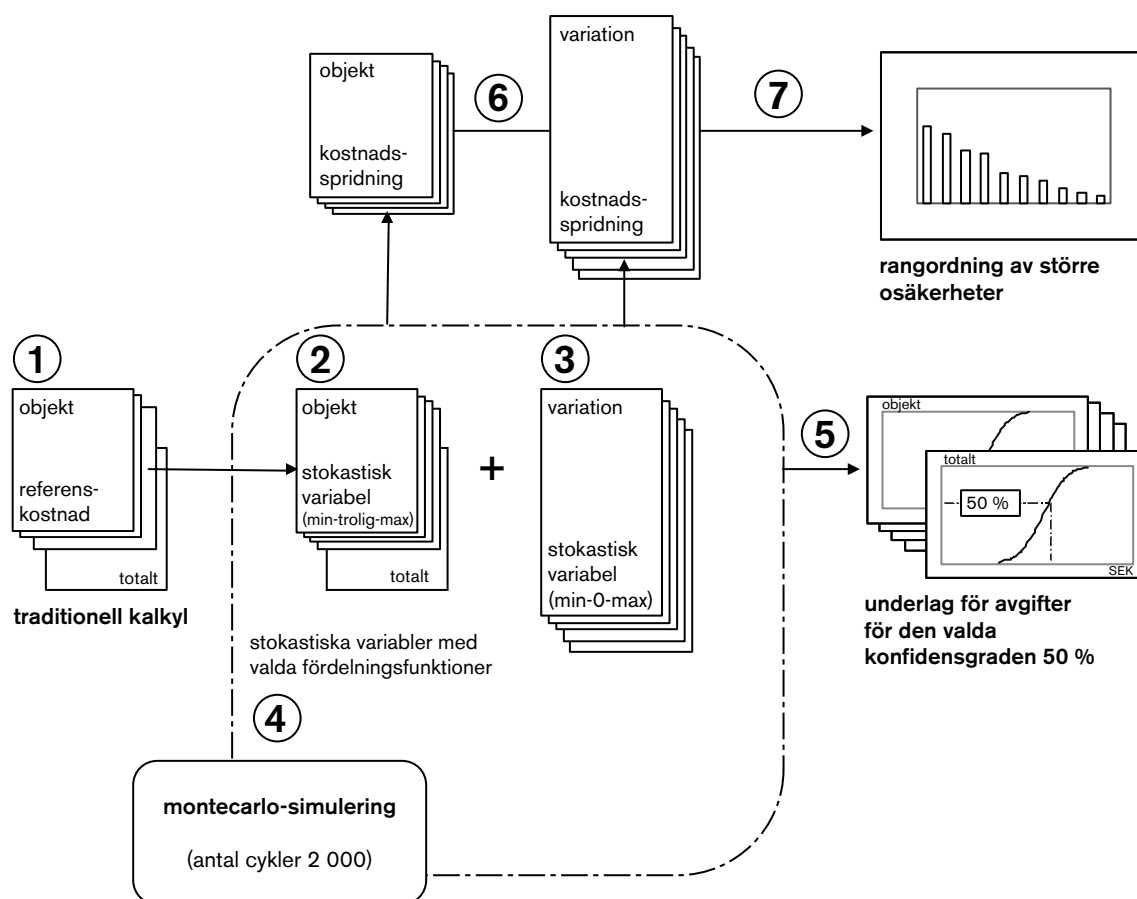
Den totala kostnaden erhålls sedan genom addering av samtliga kostnadsposter enligt de regler som gäller för addering av stokastiska variabler. Resultatet uttrycks som en fördelningsfunktion, som anger med vilken sannolikhet en viss kostnad kommer att innehållas. Sannolikheten uttryckt som ett procenttal benämns konfidensgraden. Konfidensgraden 50 % innebär exempelvis att sannolikheterna för ett överskridande respektive underskridande är lika stora. Vilken konfidensgrad som väljs vid presentationen av specifika kostnadsuppgifter är beroende av syftet med dessa. 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 en allt säkrare prognos har gett metoden dess namn.

#### **4.2.2 Översiktlig beskrivning av den tillämpade metodiken**

Den statistiska summeringen av de olika utfall som uppkommer vid tillämpningen av den ”successiva principen” måste för PLAN-kalkylen ske på ett sätt som tar hänsyn till vissa speciella och betydelsefulla förhållanden. Det viktigaste är den relativt stora andel 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. Ett annat förhållande som också måste beaktas är att det i viss utsträckning förekommer ej försumbara beroenden mellan variabler, ett förhållande som normalt inte beaktas vid tillämpningen av den ”successiva principen”. Dessa och andra företeelser hanteras enklast genom att summeringen sker i en s k montecarlosimulering. Beräkningen sker i ett antal cykler där varje cykel kan sägas representera ett ”genomförande” av projektet och där utfallet för varje variation ges av slumpstal. Det totala utfallet erhålls som en sannolikhetsfördelning representerande resultatet av ett stort antal beräkningscykler. I PLAN-kalkylen görs simuleringen i 2 000 cykler vilket bedöms ge tillräckligt liten felmarginal.

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



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

Ingångsvärden i kalkylen erhålls med utgångspunkt från den ”troliga” kostnaden för varje kalkylobjekt samt för totalen (1). De troliga kostnaderna beräknas i princip utifrån *referensscenariot* med en traditionell deterministisk kalkyl dock utan påslag för variationer och osäkerheter. Avvikelser från *referensscenariot* kan förekomma om en annan anläggningsutformning bedöms mer trolig i det framtida genomförandet. Indelningen i kalkylobjekt motsvarar i princip de olika kostnadsslagen för respektive anläggning, dvs investering, drift, rivning och återfyllning.

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.

Därefter värderas kostnadspåverkan på olika kalkylobjekt av de variationer man valt att inkludera. Genom att såväl kalkylobjekten som variationerna definieras inte bara med sina respektive troliga kostnader utan även med ett intervall (låg respektive hög 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 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 tidsplanepåverkan 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 enligt den successiva principen genom att de först neutraliseras genom en definition av s k generella villkor vilka fastlägger kalkylförutsättningarna i "normalfallet". I en andra process definieras och kostnadsberäknas variationer kring dessa generella villkor. Detta görs primärt i en särskilt sammansatt analysgrupp. 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 vanliga i anläggningsverksamhet. Denna typ av variationer inkluderas i den kalkyl ur vilken *underlag för avgifter* hämtas. Dessa variationer 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. Dessa variationer beskrivs i avsnitt 5.3 nedan.

Det ska också påpekas att det finns osäkerheter som inte beaktas i den föreliggande kalkylen. Sådana benämns "fasta förutsättningar". Hit hör exempelvis sådana skilda förutsättningar som drifttiden för reaktorerna (fall B), 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 underlag för avgifter

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 allmänt,
- 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 min- eller max-värden utan är enbart ägnade att definiera den sannolikhetsfunktion som ansätts för osäkerheten ifråga (s k trepunktskattning).

## **Driftförhållanden för kärnkraftverken**

Inga variationer beaktas inom *underlag för avgifter*.

## **Hanterings- och förvarskoncept**

Avser enbart förvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall. Förvaret befinner sig i ett mycket tidigt utvecklingsskede innebärande att variationen har getts en relativt stor spännvidd, lågvärdet -30 % och högvärdet +150 %, beräknat på investeringskostnaden.

## **Teknik**

Inom området teknik beaktas dels kapselns utförande, dels layout- och genomförandeprinciper för slutförvaret för använt bränsle.

Beträffande kostnaden för slutförvaret för använt bränsle är det framförallt fyra faktorer som innefattar osäkerheter av signifikant betydelse. Först och främst lokala förhållanden. Dels vad avser bergets sprickstruktur, dels de geografiskt betingade förhållandena på markytan. Detta antas ge en påverkan på utformningen av undermarksdelarna dels genom att förvarets utbredning påverkas av de enskilda bergblockens storlek, dels genom att tillfarterna, dvs ramp och schakt, påverkas av förläggningsdjup och anslutningar till markanläggningarna. Till detta kommer även osäkerheter avseende hanteringsutrustning m m vilka påverkar dimensioner av bergrum och tunnlar. Exempel på högvärde i detta sammanhang är en ökning av förvarets utbredning (samtliga tunnellängder) med 20 %, ett förläggningsdjup på 700 m samt dubblerad ramp. Deponeringstunnelns sektionsarea ökas även.

Den andra faktorn av betydelse för slutförvaret är de termiska förhållandena både vad avser bränslet, dvs dess resteffekt, och egenskaperna i bufferten och i det omgivande berget. Dessa förhållanden kan påverka avståndet mellan kapslarna. Som mest antas dessa typer av variationer som högvärde ge ett kapselavstånd av 10 m istället för det i *referensscenariot* valda 6 m.

Den tredje faktorn är villkoren kring återfyllningen av deponeringstunnlar och andra berg-rum. Som troligt fall antas återfyllningen ske med en blandning av bentonit och bergkross i proportionerna 30/70. Lågalternativet ges av en återfyllning med enbart bergkross medan högalternativet förutsätter en återfyllning i hela förvaret med en typ av svällande naturlig lera.

Den fjärde faktorn slutligen är möjligheten till en mer effektiv metod för utplacering av kapslarna med tillhörande buffert i slutförvaret. Detta avser tekniken att placera kapslarna horisontellt i långa borrhål och på så sätt kunna utesluta de relativt kostnadskrävande deponeringstunnlarna.

En annan kostnadsfaktor som också kan hänföras till området teknik, dock med en anknytning till *kalkylförutsättningar allmänt*, är den s k produktivitets- och metodutvecklingen. I kalkylen tas hänsyn till denna inom ett antal åtskilda områden såsom bergbyggnad, tillverkningsindustri och process, bygg och installation samt drift av anläggningar. Dessa variationer anges som en förväntad kostnadsutveckling, uttryckt i procent per år, i relation till inflationen. Som mått på inflationen används det index som ligger till grund för beräkningen av den reala förräntningen av fonderade medel, nämligen konsumentprisindex KPI. Värdet noll för variationen (vilket alltid utgör det "troliga" värdet vad avser generella variationer) innebär i detta fallet att den produktivitets- och metodutveckling som sker, medför att kostnadsutvecklingen i systemet håller jämna steg med KPI. Prisökningen

kan visserligen överstiga KPI i vissa delar av systemet men detta kompenseras då av produktivitetsökningar i andra delar. Lågvärdena som avser en positiv produktivitets- och metodutveckling varierar inom olika teknikområden mellan 2,0 och 3,0 % relativt KPI, räknat enligt ovan, och högvärdena som avser en negativ utveckling mellan 1,0 och 2,0 %. (en mer extrem variation ingår i beräkningen av tilläggsbeloppet, se avsnitt 5.3.)

För rivning av de tolv reaktorerna inkluderas en särskild variation baserad på möjligheten av en typ av inlärningseffekt varvid ansätts som lågvärde att effektiviteten ökar med 20 % från den första till den sista reaktorn rivs.

### **Lokalisering**

Med de motiv som redovisas i avsnitt 3.6.1 har det "troliga" värdet baserats på en lokalisering av slutförvaret för bränsle till en av de platser där SKB bedriver platsundersökningar. Detta för att få ett konkret underlag för kalkylen. Något lokaliseringsalternativ utöver dessa platser studeras ej inom ramen för *underlag för avgifter*.

Utifrån dagens kunskapsnivå går det inte att med bestämdhet uttala sig om huruvida någon av platserna utgör ett lågalternativ eller högalternativ. Att lokaliseringen längre fram kommer att visa sig ha en kostnadsmässig betydelse är dock högst sannolikt varför en schablonmässig kostnadsvariation läggs in i årets kalkyl med en 10 %-ig påverkan på investeringar samt ett hänsynstagande till de olika transportförutsättningar som gäller för platserna. Denna variation kommer att uppdateras i takt med att underlag framkommer under det nu pågående platsundersökningsskedet.

### **Tidsplaneberoenden**

Tidsplanepåverkande variationer går normalt inte att entydigt ange som låg- respektive högalternativ då polariseringen påverkas av vald ränta vid diskonteringen. En förskjutning av aktiviteter längre fram i tiden ger normalt ökade kostnader genom att mellanliggande aktiviteter förlängs och en sådan förskjutning skulle då kunna betecknas som högalternativ. Syftet med kalkylen är dock att ge underlag för bedömning av avgiftsbehovet och i den analysen utnyttjas diskonterade kostnader. Vid positiv realränta kan då förskjutningen av aktiviteter, trots reala merkostnader, ge en sänkning av avgiftsunderlaget. Följaktligen blir då alternativet ett lågalternativ. Eftersom behov föreligger av att beteckningarna låg och hög konsekvent relaterar till en viss händelseutveckling snarare än till vissa relativa belopp så används här en konvention. Denna innebär att förhållandet vid diskontering av de framtida kostnaderna med ränta motsvarande avkastningen av fonderade medel får styras.

Vid beräkningen av *underlag för avgifter* ansätts enbart en tidspåverkande variation. Denna avser den överordnade tidsplanestrategin. I den variationen förutsätts att starttidpunkten 2018 för deponeringen kvarstår och att den inledande deponeringen av 400 kapslar fullföljs men att utvecklingen därefter skiljer sig åt. I lågalternativet (långt vid diskonterade kostnader) skjuts den resterande verksamheten med deponering fram i tiden dock med beaktande av att sluttidpunkten i *referensscenariot* (40 års drift av reaktorerna) bibehålls. Förskjutningen möjliggörs genom att kapaciteten dubblas till 320 kapslar per år istället för de 160 som utgör *referensscenariot*. Något högalternativ innebärande en tidigareläggning av programmet beaktas ej.

Det skall särskilt noteras att utrymmet för denna variation delvis bestäms av det förhållande att i dag endast ca 70 % av det totala antalet kapslar i *referensscenariot* behöver beaktas (finansieringslagens begränsning). Andelen kommer att öka successivt fram till dess att alla reaktorer avvecklats, en långsam process dock vars slut troligen kommer att föregås av att variationen som sådan blir inaktuell.

## ***Kalkylförutsättningar allmänt***

Variationer avseende allmänna kalkylförutsättningar rör områdena konjunktur, internationell påverkan, valutakurser, projektorganisation, lagstiftnings- och myndighetskrav samt det förhållandet att de olika individer som svarat för prissättningen av ingående delar i kalkylen bedömer komplexitet och svårigheter i utförandet med varierande inställning. Detta senare refereras vanligen till som pessimism (överskattning av svårigheter) eller optimism (underskattning av svårigheter) och sammanfattas med beteckningen realism i kostnadsuppskattningar. Denna variation är uppdelad i ett antal separata variationer motsvarande de huvudkalkylatorer som varit inblandade. Variationen varierar mellan olika kalkylatorer inom som mest  $\pm 30$  %.

Variationen inom området konjunktur begränsas till att beröra dels investeringsskedet för inkapslingsanläggning och slutförvar för använt bränsle, 2011–2018, dels rivningen av kärnkraftverken, 2020–2032 för fall A och 2020–2028 för fall B. Begränsningen motiveras av att detta rör stora kostnader koncentrerade till förhållandevis begränsade perioder. För övriga kostnader i systemet kan man anta att konjunkturberoende fluktuationer utjämnas på sikt. Lågvärdet beräknas här baserat på en kostnadsminskning med 20 % för rivning och 15 % för övrigt medan högvärdet baseras på en kostnadsökning med 15 % respektive 20 %.

Osäkerheten rörande framtida internationell påverkan rör mest entreprenadverksamhet och löneutveckling sett i ett EU-sammanhang. Lågvärdet är satt som en allmän sänkning av investeringar och även rivning av kärnkraftverken med 20 %. Högvärdet ger en höjning av löner för tjänstemän och driftpersonal med 30 %.

Variationer i växlingskurser berör endast sådana produkter som köps in direkt från utlandet och där effekten av kursvariationen inte kan antas inrymmas i exempelvis konjunkturvariationen eller i den allmänna prisnivån. Framförallt berörs inköp av bentonit, koppar och eventuella specialmaskiner.

Betydelsen av projektorganisationens effektivitet och kompetens bedöms ligga inom ett intervall av  $-10$  % respektive  $+30$  %. Detta berör dock enbart utbyggnaden av slutförvarets ovan- och underjordsdelar.

Beträffande kostnadspåverkan av förändrade lagstiftnings- och myndighetskrav så görs åtskillnad mellan sådana som har kärnteknisk anknytning och sådana som gäller för byggande och industriell verksamhet i allmänhet. De förra antas påverka såväl investering som drift medan de senare antas enbart påverka investeringskostnaderna. Påverkan ligger inom intervallet  $-5$  % respektive  $+10$  %.

## ***Objektspecifika variationer***

Objektspecifika variationer utgörs av preciserade eller mera schablonmässigt framtagna variationer i den troliga kostnaden för varje objekt (40 st). Detta avser således variationer som återstår efter att samtliga de generella variationer som beskrivits ovan beaktats. Typiska sådana variationer avser t ex ändringar i byggnadsvolym eller driftorganisation, eller varierande krav på utförande (exempelvis vid deponeringen). För vissa objekt ansätts en schablonmässig variation utan att man kan peka på någon specifik kostnadsfaktor.

Objektvariationer ligger oftast inom intervallet  $-20$  % till  $+30$  % men kan för vissa objekt ha en betydligt större spridning. Framförallt gäller detta vissa rivningsobjekt samt mindre kostnadskrävande objekt där även små störningar kan få en procentuellt sett stor effekt.

### 5.3 Tillkommande osäkerheter beaktade i tilläggsbelopp

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***

För fall A utgör tidpunkten för avställning av reaktorerna en variation. (För fall B är avställningstidpunkten en fast förutsättning.) Den del av systemet som kan påverkas av drifttiderna för reaktorerna<sup>8</sup> är tidsplanen för rivning av kärnkraftverken. Referenstidsplanen är baserad på 40 års drift av samtliga reaktorer (utom Barsebäck 1 och 2).

En tidigare avställning (genomsnittlig för alla reaktorerna) innebär antingen att rivningen tidigareläggs eller att kostnader för servicedrift under perioden från avställning till rivning tillkommer. En senare avställning å andra sidan medför att hela kostnaden för rivningsprocessen skjuts längre fram i tiden vilket ger en ökad avkastning av de medel som är avsatta för att bekosta den. Lågalternativet baseras på en genomsnittlig drifttid av 70 år. Högalternativet baseras på en motsvarande drifttid av 30 år.

#### ***Teknik***

Variationerna inom teknikområdet specifika för beräkning av *tilläggsbeloppet* är i allmänhet så ingripande i verksamheten att större tidsplanepåverkan blir följden. Avsikten med variationerna är dock inte riktad mot tidsplanen varför de redovisas här under *teknik*.

Följande variation antas dock inte påverka tidsplanen för programmet.

I det nuvarande systemet finns en begränsning av temperaturen på kapselytan angiven till 100°C. Skulle man kunna visa på att denna begränsning kan tas bort eller höjas så innebär det en möjlighet till tätare utplacering av kapslarna i slutförvaret, eventuellt tillsammans med en ökning av effekten i kapseln (kortare deponeringstid). Detta ger ett lågalternativ som innebär att två kapslar kan deponeras i varje position. Besparingen reduceras något genom att den tunnellängd som är olämplig för deponering på grund av sprickförekomst eller annat ökar som en följd av att håldjupet i det närmaste fördubblas.

Av de variationer som har påverkan på tidsplanen är återtagande av kapslar den med störst påverkan på programmet och även med störst effekt på kostnadssidan vad avser odiskonterade belopp. Vid nuvärdesberäkning avklingar kostnadseffekten dock vid positiv realränta som en följd av den avsevärda fördröjning av genomförandet av programmet som blir följden. Variationen begränsas av den fasta förutsättningen att ett återtag endast kan ske en gång och senast innan den reguljära driften vid slutförvaret inleds. Variationen simuleras som en händelse vilken i sin tur analyseras med avseende på låg- och högalternativ.

Det ”troliga” fallet vid utfallet av händelsen ”återtag” är att en ny lokaliseringsprocess måste genomföras och därefter en ny etablering av slutförvaret. Den totala fördröjningen av programmet antas bli 25 år, dock kompenserat i viss grad av att deponeringstakten sedan kan ökas då bränslet avklingat längre tid. Någon uppdelning i inledande drift och reguljär

<sup>8</sup> Den del av systemet som är beroende av mängden använt bränsle påverkas inte eftersom denna mängd styrs av villkoren i finansieringslagen (intjänandetiden).

drift sker inte vid den nya etableringen. De 400 deponerade kapslarna antas bli kvar i det första förvaret till dess att de kan tas upp och direkt (efter kontroll) deponeras i det nya slutförvaret. Ett lågalternativ innebär att en ny lokaliserings- och platsundersökningsprocess ej erfordras då någon annan av de två nu utsedda platserna kan utnyttjas. Ett högalternativ ges av en kortare fördröjning, 20 år, samt att kapslarna omedelbart vid beslut skall avlägsnas från det första förvaret som därefter försluts och återställs. Detta innebär bland annat att ett kapselförråd för dessa 400 kapslar måste anordnas.

I föregående avsnitt redovisades en variation innebärande störningar i driften på grund av åverkan, stöld etc, dvs orsakade genom avsiktligt handlande från individer. *Tilläggsbeloppet* inkluderar även störningar i driften beroende på omfattande tekniska fel, olyckshändelser etc. Liksom tidigare inkluderas inte den materiella skadan eftersom den ersätts genom försäkringar utan endast påverkan på driften. Ett högalternativ definieras som en skada med den omfattningen att ett driftavbrott i fem år blir följden. Skadan inträffar dessutom i ett sent skede varför den förlorade tiden inte kan tas igen. Under stilleståndet antas att full personalstyrka bibehålls indikerande att man inte i förväg vet hur länge avbrottet skall vara.

Inom området teknik återfinns även en variation avseende produktivitets- och metodutveckling. Denna utgör en mer extrem motsvarighet till den variation som nämndes ovan och som ingår i beräkningen för underlag för avgifter. Som högvärde här anges en årlig prisutveckling som med vissa procentenheter överstiger KPI. Detta värde varierar för olika discipliner med ett högsta värde av 3,5 %.

### **Lokalisering**

Tre variationer berör lokaliseringsfrågor för respektive slutförvaret för använt bränsle, inkapslingsanläggningen och slutförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall.

Variationen för slutförvaret för använt bränsle avser ett fall där inget av de utsedda områdena blir slutligen accepterat utan en ny lokaliseringsprocess behöver startas upp. Slutresultatet antas konservativt bli en inlandsförläggning i Norrland. Kostnadseffekten av variationen varierar med avseende på den fördröjning i programmet som uppstår med ytterlighetsfallen 7 respektive 25 år.

För inkapslingsanläggningen inkluderas en variation där anläggningen lokaliseras till platsen för slutförvaret för använt bränsle. Vid lokalisering av slutförvaret i Oskarshamn (Simpevarp eller Laxemar) blir inkapslingsanläggningen lokaliserad vid Clab. Alternativet innebär bland annat att externa kapseltransporter utgår och ersätts med bränsletransporter från Clab till inkapslingsanläggningen.

För slutförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall inkluderas en variation där förvaret lokaliseras skilt från andra slutförvar. Detta blir ett högalternativ med kostnader för egna nedfarter till deponeringsnivån, med egen försörjning och driftorganisation samt med ett utökat lokaliserings- och platsundersökningsprogram.

### **Tidsplaneberoenden**

Två variationer är direkt inriktade mot förskjutningar i tidsplanen för programmet.

En variation avser förseningar i uppstartningen. Dvs startåret 2018 kan inte innehållas. En försening av 10 år antas vilket ger deponering av första kapsel 2028. Anledningen till förseningen specificeras inte men den kan utgöras av såväl tekniska som politiska faktorer. En del av förseningen tas igen genom att inkapslingstakten kan ökas på grund av den längre avklingningstiden för bränslet.

En annan tidsplanestyrande variation avser tidpunkten för rivning av kärnkraftverken (med bibehållande av avställningstidpunkterna för reaktorerna). *Referensscenariot* förutsätter tidig rivning dvs en rivning snarast efter att reaktorerna ställts av. Den tid när rivning tidigast kan påbörjas är satt till 2020 då slutförvaret för rivningsavfallet kan stå färdigt. Lågalternativet innebär en sen rivning vilket innebär att rivningen läggs så långt fram i tiden att den är helt avslutad för samtliga reaktorer ungefär samtidigt med att alla andra aktiviteter avslutas, till exempel förslutning och återställande vid slutförvaret. Alternativet medför kostnader för tillkommande servicedrift för perioden mellan avställning och rivning. Något högalternativ beaktas ej.

En variation som kan sägas ha en viss tidsplaneeffekt är bedömningen av längden av den period efter avställning då det använda bränslet transporteras bort för förvaring i Clab. Denna period benämns avställningsdrift och är i referensfallet satt till två år. Som högalternativ sätts perioden till tre år.

### ***Kalkylförutsättningar allmänt***

Vid årets genomgång i analysgruppen introducerades en osäkerhet utgörande effekten av en värdeförskjutning allmänt i samhället rörande kärnteknikområdet. Denna kan resultera i påverkan på kostnaderna i såväl positiv som negativ riktning. Variationen ersätter en tidigare som enbart var inriktad på effekterna av en allvarlig kärnteknisk olyckshändelse någonstans i världen d v s en variation som hade enbart negativ inverkan på kostnaden. Effekten simuleras som en årlig minskning eller ökning av driftkostnaden för systemet, –5 respektive +30 miljoner kronor per år.

## 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 3 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 underhåll samt rivning och återfyllning (återfyllning av bergum). Till investeringskostnaderna hänförs normalt endast de kostnader som uppkommer innan en anläggning eller anläggningsdel tas i drift. I slutförvaret för använt bränsle, 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*.

En närmare definition av beloppen ges i kapitel 1.

Slutligen ges en sammanställning av nedlagda och prognostiserade kostnader till och med år 2006 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 2007 dels för *referensscenariot* i enlighet med SKB:s verksamhetsplan, dels för de kostnader som är att hänföra till *underlag för avgifter* i enlighet med finansieringslagen. De senare är hämtade ur kalkylen som är utförd enligt den ”successiva principen” beskriven i kapitel 4 och återger ett utfall där sannolikheten för under- respektive överskridande är densamma.

**Tabell 6-1. Sammanställning av framtida kostnader från och med år 2007, prisnivå januari 2006.**

| Objekt och kostnadsslag                              | Framtida kostnader enligt <i>referensscenariot</i> med drift av reaktorerna 40 år |                     | Underlag för avgifter enligt finansieringslagen <sup>1)</sup> |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------|
|                                                      | MSEK                                                                              | MSEK                |                                                               |
| SKB adm och FUD                                      | 4 880                                                                             | 4 880 <sup>2)</sup> | 4 920                                                         |
| Transporter                                          |                                                                                   | 2 430 <sup>2)</sup> | 1 590                                                         |
| investering                                          | 1 280                                                                             |                     |                                                               |
| drift och underhåll                                  | 1 150                                                                             |                     |                                                               |
| Rivning kk                                           |                                                                                   | 14 860              | 14 840 (A)                                                    |
| drift vid avställda kärnkraftblock                   | 1 700                                                                             |                     | 16 680 (B)                                                    |
| rivning                                              | 13 160                                                                            |                     |                                                               |
| Clab                                                 |                                                                                   | 4 370 <sup>2)</sup> | 4 370                                                         |
| investering                                          | 1 090                                                                             |                     |                                                               |
| drift och underhåll                                  | 2 820                                                                             |                     |                                                               |
| rivning                                              | 460                                                                               |                     |                                                               |
| Inkapslingsanläggning                                |                                                                                   | 8 010 <sup>2)</sup> | 7 590                                                         |
| investering                                          | 2 040                                                                             |                     |                                                               |
| drift och underhåll                                  | 5 780                                                                             |                     |                                                               |
| rivning                                              | 190                                                                               |                     |                                                               |
| Slutförvar – yttre anläggningar                      |                                                                                   | 260 <sup>2)</sup>   | 280                                                           |
| investering och drift                                | 260                                                                               |                     |                                                               |
| Slutförvar – lokalisering, platsundersökningar       | 700                                                                               | 700 <sup>2)</sup>   | 810                                                           |
| Slutförvar – driftområden (ovanjordsanl.)            |                                                                                   | 5 350 <sup>2)</sup> | 5 010                                                         |
| investering                                          | 1 850                                                                             |                     |                                                               |
| drift och underhåll                                  | 3 390                                                                             |                     |                                                               |
| rivning                                              | 110                                                                               |                     |                                                               |
| Slutförvar – använt bränsle                          |                                                                                   | 9 280 <sup>2)</sup> | 7 570                                                         |
| investering                                          | 4 940                                                                             |                     |                                                               |
| drift och underhåll                                  | 1 190                                                                             |                     |                                                               |
| rivning och återfyllning                             | 3 150                                                                             |                     |                                                               |
| Slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall |                                                                                   | 670 <sup>2)</sup>   | 890 (A)                                                       |
| investering                                          | 420                                                                               |                     | 880 (B)                                                       |
| drift och underhåll                                  | 140                                                                               |                     |                                                               |
| rivning och återfyllning                             | 110                                                                               |                     |                                                               |
| Slutförvar för reaktoravfall – SFR 1                 |                                                                                   | 470 <sup>2)</sup>   | 0 <sup>3)</sup>                                               |
| investering                                          |                                                                                   |                     |                                                               |
| drift och underhåll                                  | 470                                                                               |                     |                                                               |
| rivning och återfyllning                             |                                                                                   |                     |                                                               |
| Slutförvar för rivningsavfall – SFR 3                |                                                                                   | 990 <sup>2)</sup>   | 1 160 (A)                                                     |
| investering                                          | 560                                                                               |                     | 1 000 (B)                                                     |
| drift och underhåll                                  | 210                                                                               |                     |                                                               |
| rivning och återfyllning                             | 220                                                                               |                     |                                                               |
| <b>Totalt</b>                                        |                                                                                   | <b>52 300</b>       | <b>49 000 (A)</b><br><b>50 700 (B)</b>                        |

<sup>1)</sup> Mängden använt bränsle och radioaktivt avfall begränsas till att omfatta det som bedöms uppkomma till och med år 2007 eller minst till och med 25 års drift av respektive reaktor. Dessutom ingår tillägg för osäkerheter. De framtida kostnaderna för Barsebäck inkluderas i beloppen. Inga avgifter tas dock ut för Barsebäck eftersom reaktorerna är permanent avställda.

<sup>2)</sup> Innefattar även kostnader som finansieras utanför finansieringslagen.

<sup>3)</sup> Rivningskostnader SFR 1 är inkluderade i SFR 3, övriga kostnader för SFR 1 är tillförda drift Clab.

(A) Alternativ där rivningstidpunkten styrs av *referensscenariots* drift av reaktorerna i 40 år.

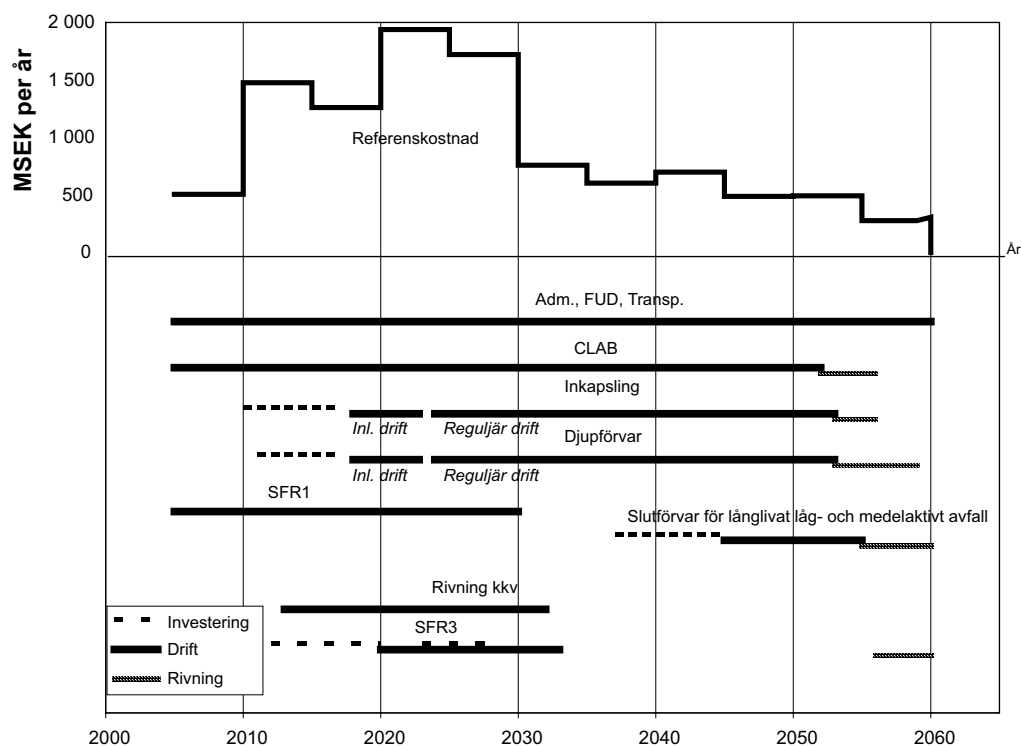
(B) Alternativ där rivningstidpunkten styrs av en avställning av reaktorerna sammanfallande med utgången av den intjänandetid som anges i finansieringslagen (25 år).

I den totala kostnaden (kolumnerna 2 och 3 i tabell 6-1) inkluderas även kostnader som inte faller under finansieringslagen (kostnader för omhändertagande av driftavfall från kärnkraftverken, Ågestabränsle och avfall från Studsvik).

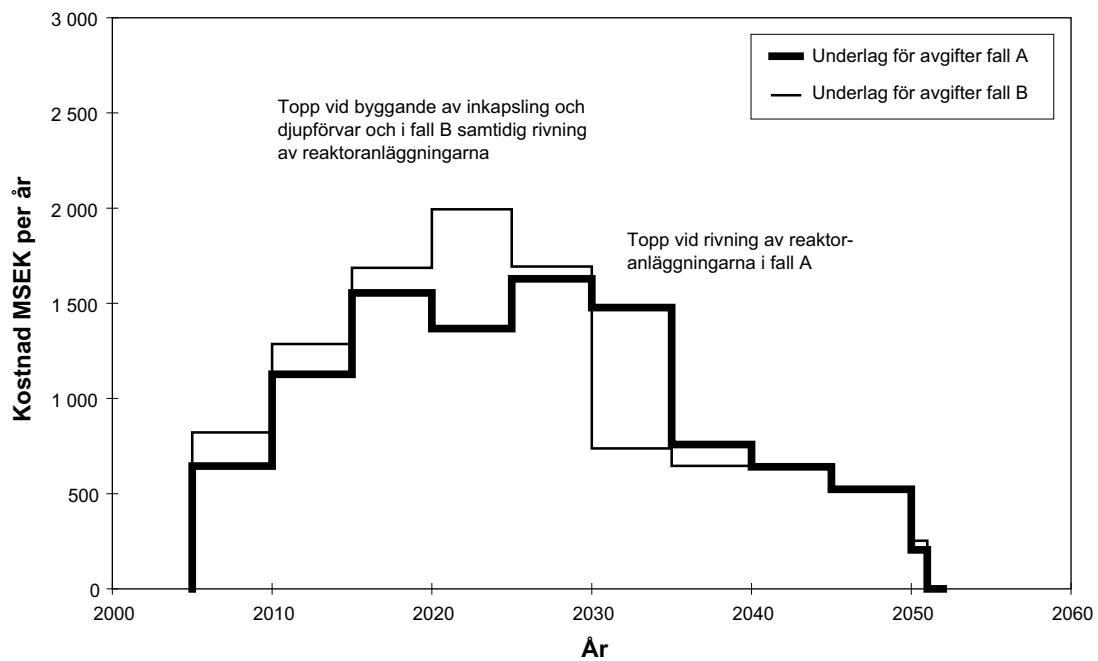
Figur 6-1 visar *referenskostnaderna* enligt tabell 6-1 fördelade i tiden. Figur 6-2 visar på samma sätt *underlag för avgifter* för fall A respektive Fall B. För *underlag för avgifter* är tidsfördelningen av nödvändighet approximativ eftersom kostnadsflödet påverkas av de variationer i tidsplanen som ingår i den statistiska analysen.

Beloppet *underlag för avgifter* uppgår till 49,0 miljarder kronor i prisnivå januari 2006 för fall A och 50,7 miljarder kronor för fall B.

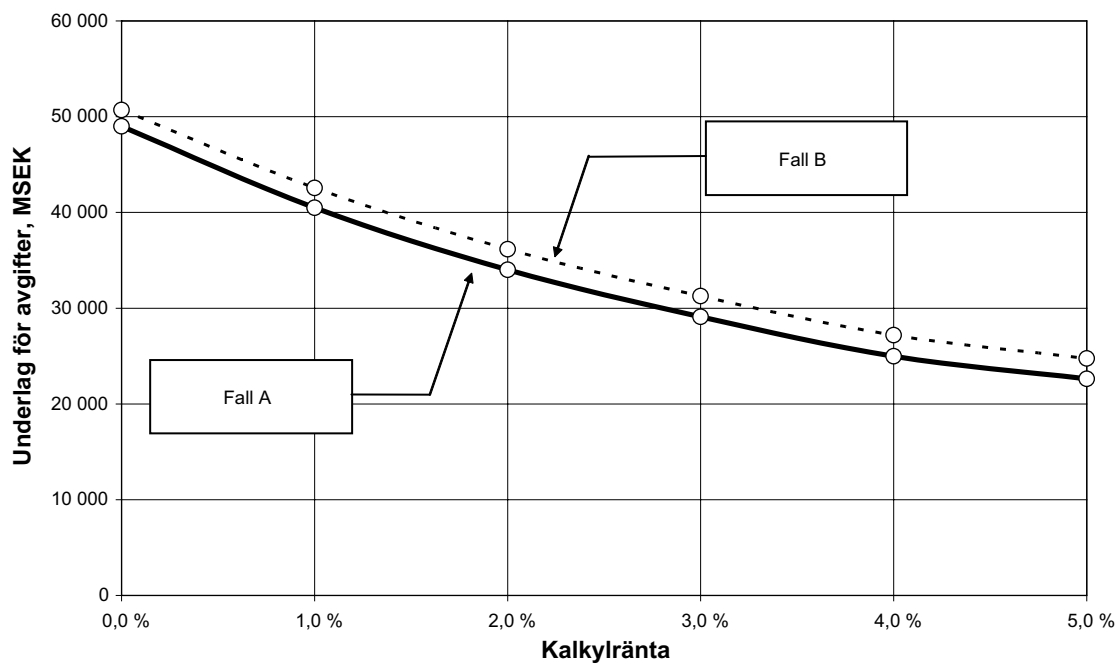
Då flera variationer påverkar tidsplanen för avfallssystemet har kostnadsberäkningarna även nuvärdesberäknats vid olika antaganden om realräntan. För att visa realräntans betydelse visas i figur 6-3 beloppet *underlag för avgifter* som funktion av vald real förräntning i kalkylen.



**Figur 6-1.** Sammanställning av framtida kostnader för referensscenariot med tillhörande tidsplan. Prisinivå januari 2006.



**Figur 6-2.** Sammanställning av underlag för avgifter. Prisnivå januari 2006.



**Figur 6-3.** Underlag för avgifter som funktion av real förräntning vid diskontering. Prisnivå januari 2006.

## 6.2.2 Underlag för grundbelopp

Som underlag för att bestämma vilken säkerhet som behövs för att täcka de avgifter att hänföra till intjänandetiden som återstår att betala in, dvs *Säkerhet I*, har kostnader för ett tänkt fall beräknats där endast medräknats den mängd bränsle som föreligger vid utgången av innevarande år, dvs 2006-12-31. Detta ger *underlag för grundbelopp*. Beloppet innefattar kostnadseffekten av att mängden bränsle minskar med ca 350 ton uran jämfört med den bränslemängd som täcks av *underlag för avgifter*. För fall B reduceras denna kostnadsbesparing något genom att kostnader för tillkommande år med servicedrift vid avställd reaktor uppkommer.

Grundbeloppet ger underlag för att bestämma säkerhet I som i sin tur skall utgöra en garanti avseende ej inbetalda avgifter. För Barsebäck, som inte längre betalar in avgifter är grundbeloppet inte relevant. Beloppen nedan avser således enbart de övriga kärnkraftverken Ringhals, Oskarshamn och Forsmark.

*Underlag för grundbelopp* uppgår totalt till 41,3 miljarder kronor för fall A och 43,1 miljarder kronor för fall B vilket för båda fallen är ca 0,8 miljarder kronor lägre än motsvarande *underlag för avgifter* för de tre ingående kraftverken.

## 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 skälig 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 21,4 miljarder kronor vid konfidensgraden 90 % för fall A och 21,6 miljarder kronor för fall B. Väljs konfidensgraden 80 % erhålls tilläggsbeloppen 14,1 respektive 15,3 miljarder kronor.

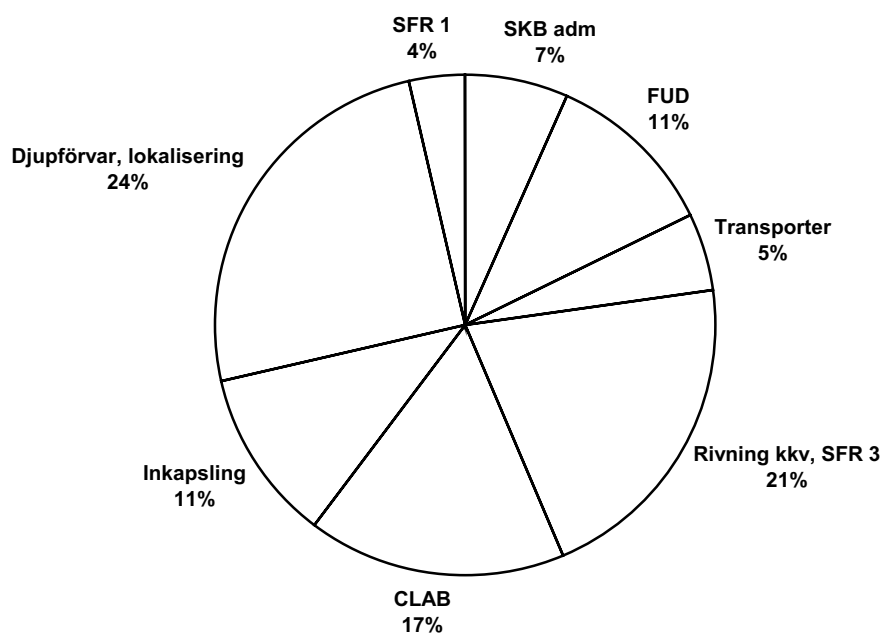
## 6.3 Tidigare nedlagda kostnader

Tabell 6-2 redovisar nedlagda kostnader till och med år 2005 i löpande prisnivå samt prognos för år 2006.

Den totala kostnadens fördelning på olika delar av systemet framgår av figur 6-4. Den totala kostnaden består av nedlagda kostnader samt beräknade framtida kostnader. Fördelningen är baserad på prisnivå januari 2006 varvid nedlagda kostnader räknats upp med index.

**Tabell 6-2. Nedlagda kostnader till och med 2005 samt prognos för 2006, löpande prisnivå, (exklusive kostnader för uppärbetning).**

|                                                                          | Nedlagt<br>t o m 2005<br>MSEK | Prognos <sup>9</sup><br>för år 2006<br>MSEK | Summa<br>t o m 2006<br>MSEK |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------|
| SKB administration                                                       | 1 366                         | 209                                         | 1 575                       |
| FUD                                                                      | 4 385                         | 331                                         | 4 716                       |
| Transport                                                                | 848                           | 26                                          | 874                         |
| Clab                                                                     | 4 814                         | 123                                         | 4 937                       |
| Inkapslingsanläggning                                                    | 260                           | 25                                          | 285                         |
| Slutförvar (lokalisering<br>platsvalsundersökningar<br>och projektering) | 1 766                         | 415                                         | 2 181                       |
| SFR 1                                                                    | 1 434                         | 72                                          | 1 506                       |
| Totalt                                                                   | 14 873                        | 1 201                                       | 16 074                      |



**Figur 6-4.** *Fördelning av den totala kostnaden (nedlagda och framtida) för alternativet drift av reaktorerna i 40 år, (exklusive kostnader för uppärbetning).*

<sup>9</sup> Prognos efter kvartal 1.

## Referenser

- Ref 1 SKB Fud-program 2004  
Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall inklusive samhällsforskning  
September 2004
- Ref 2 SKB FUD-program 2001  
Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall  
September 2001
- Ref 3 SKIs utvärdering av SKB:s FUD-program 2001  
SKI Rapport 02:09  
Gransknings-PM Mars 2002
- Ref 4 SKB FUD-program 98  
Kärnkraftavfallets behandling och slutförvaring  
Program för forskning samt utveckling av demonstration av inkapsling och geologisk djupförvaring  
September 1998
- Ref 5 Samlad redovisning av metod, platsval och program inför platsundersöknings-skedet. Komplettering till SKB FUD-program 98  
December 2000
- Ref 6 SKIs utvärdering av SKB:s FUD-program 98  
SKI Rapport 99:16  
Gransknings-PM April 1999
- Ref 7 Djupförvar för använt bränsle  
SR 97 – Säkerheten efter förslutning  
November 1999
- Ref 8 SKI:s och SSI:s gemensamma granskning av SKB:s Säkerhetsrapport SR 97  
SKI rapport 00:38  
November 2000
- Ref 9 Teknik och kostnader för rivning av svenska kärnkraftverk  
SKB Rapport R-04-44  
Svensk Kärnbränslehantering AB  
Juni 2004
- Ref 10 Steen Lichtenberg  
Proactive Management of Uncertainty using the Successive Principle  
Polyteknisk Press, Danmark 2000

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

Värden inom parentes avser dimensionerande mängder för *underlag för avgifter*, dvs drift till och med år 2007 eller minst till och med 25 års drift.

| Avfallskategori                                                               | Enhet            | Dimension<br>m  | Antal enheter   | Volym i slutlager<br>m <sup>3</sup> | Slutförvar     |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|----------------|
| Använt BWR-bränsle                                                            | element          | 0,14/0,14/4,383 | 38 740 (28 250) | 18 800 (13 500)                     | Slutf. bränsle |
| Använt PWR-bränsle                                                            | element          | 0,21/0,21/4,103 | 5 000 (3 360)   |                                     |                |
| Övrigt använt bränsle<br>(MOX, Ågesta,<br>Studsvik)                           | diverse          |                 | 640 (640)       |                                     |                |
| Reaktoreernas<br>interna delar samt<br>härskomponenter                        | kokill           | 1,2/1,2/4,8     | 1 400 (1 400)   | 9 700 (9 700)                       | Slutf. långl.  |
| Driftavfall från CLAB<br>och inkapslings-<br>anläggningen till silo           | kokill           | 1,2/1,2/1,2     | 3 200 (2 240)   | 5 500 (3 850)                       | SFR 1          |
| Driftavfall från CLAB<br>till bergsal                                         | kokill           | 1,2/1,2/1,2     | 300 (210)       | 520 (360)                           | SFR 1          |
| Avfall från Studsvik<br>till silo                                             | fat              | 0,6/0,9         | 350 (350)       | 130 (130)                           | SFR 1          |
|                                                                               | kokill           | 1,2/1,2/1,2     | 60 (60)         | 110 (110)                           | SFR 1          |
| Avfall från Studsvik<br>till bergsal                                          | fat              | 0,6/0,9         | 8 350 (8 350)   | 3 010 (3 010)                       | SFR 1          |
|                                                                               | kokill           | 1,2/1,2/1,2     | 60 (60)         | 110 (110)                           | SFR 1          |
|                                                                               | ISO-cont.        |                 | 120 (120)       | 2 300 (2 300)                       | SFR 1          |
| Avfall från Studsvik<br>till bergsal                                          | fat              | 0,6/0,9         | 4 320 (4 320)   | 1 500 (1 500)                       | Slutf. långl.  |
|                                                                               | kokill           | 1,2/1,2/1,2     | 180 (180)       | 300 (300)                           | Slutf. långl.  |
| Driftavfall från<br>kärnkraftverken<br>till silo                              | fat              | 0,6/0,9         | 4 330 (3 030)   | 1 560 (1 090)                       | SFR 1          |
|                                                                               | kokill           | 1,2/1,2/1,2     | 4 690 (3 280)   | 8 120 (5 680)                       | SFR 1          |
| Driftavfall från<br>kärnkraftverken<br>till bergsal                           | fat              | 0,6/0,9         | 5 950 (4 170)   | 2 140 (1 500)                       | SFR 1          |
|                                                                               | kokill           | 1,2/1,2/1,2     | 5 770 (4 040)   | 9 970 (6 980)                       | SFR 1          |
|                                                                               | ISO-cont.        |                 | 590 (410)       | 11 270 (7 890)                      | SFR 1          |
|                                                                               | container        | 3,3/1,3/2,3     | 990 (690)       | 9 860 (6 900)                       | SFR 1          |
| Rivningsavfall från<br>kärnkraftverken<br>till berggrum                       | ISO-cont.<br>m m |                 | 10 000 (10 000) | 150 000 (150 000)                   | SFR 3          |
| Rivningsavfall från<br>Studsvik till berggrum                                 | ISO-cont.        |                 | 1 400 (1 400)   | 20 000 (20 000)                     | SFR 3          |
| Rivningsavfall<br>från CLAB och<br>inkapslingsanlägg-<br>ningen till berggrum | container        | 2,4/2,4/2,4     | 630 (630)       | 8 700 (8 700)                       | Slutf. långl.  |
| Summa ca                                                                      |                  |                 | 97 000 (77 000) | 264 000 (244 000)                   |                |