

## **Plan 2008**

### **Kostnader från och med år 2010 för kärnkraftens radioaktiva restprodukter**

**Underlag för avgifter och säkerheter åren 2010 och 2011**

Svensk Kärnbränslehantering AB

December 2008

**Svensk Kärnbränslehantering AB**

Swedish Nuclear Fuel  
and Waste Management Co  
Box 250, SE-101 24 Stockholm  
Tel +46 8 459 84 00



## **Plan 2008**

### **Kostnader från och med år 2010 för kärnkraftens radioaktiva restprodukter**

**Underlag för avgifter och säkerheter åren 2010 och 2011**

Svensk Kärnbränslehantering AB

December 2008

# Förord

Enligt gällande regelverk åligger det de företag som har tillstånd att inneha kärnkraftsreaktorer att upprätta en beräkning av kostnaderna för samtliga åtgärder som behövs för att omhänderta det kärnbränsle som använts i reaktorerna och övriga radioaktiva restprodukter samt avveckla och riva reaktorläggningarna. Regelverket omfattar lagen (2006:647) och förordningen (2008:715) om finansiella åtgärder för hantering av restprodukter från kärnteknisk verksamhet. Kostnadsberäkningen ska periodvis inlämnas till regeringen eller den myndighet som regeringen bestämmer. SKB:s ägare har uppdragit åt SKB att upprätta en sådan kostnadsberäkning gemensamt för tillståndshavarna av de svenska kärnkraftverken.

Föreliggande rapport, som är den tjugosjunde planredovisningen sedan starten med Plan 82, ger en uppdaterad sammanställning av dessa kostnader. I likhet med tidigare rapporteringar redovisas kostnaderna dels för systemet i sin helhet inklusive omhändertagande av radioaktivt driftavfall samt visst avfall som härrör från andra än delägarnas anläggningar, dels för systemet med de begränsningar som följer av regelverket. De förra har baserats på ett scenario rörande reaktordriften som bygger på kraftverksägarnas aktuella planering, de senare på den drifttid av reaktorerna som stipuleras i regelverket.

Rapporten är disponerad i tre delar:

**Kapitel 1** som ger bakgrundsinformation rörande finansieringslagen och SKB:s kalkylmodell.

**Kapitel 2** som informerar om den underliggande baskalkylen som bygger på aktuella planer för reaktordriften och SKB:s verksamhet.

**Kapitel 3** som avser den kostnadsredovisning som faller under finansieringslagen och som utgör det primära syftet med rapporten.

Stockholm i december 2008

**Svensk Kärnbränslehantering AB**



Claes Thegerström

# Sammanfattning

Ett företag som har tillstånd att inneha ett kärnkraftverk är ansvarigt för att vidta de åtgärder som behövs för att på ett säkert sätt hantera och slutförvara använt kärnbränsle och radioaktivt avfall från detta samt att efter avslutad drift avveckla och riva reaktorläggningarna. De viktigaste åtgärderna är att planera, bygga och driva de anläggningar och system som behövs för detta, samt att bedriva därtill kopplad forskning och utveckling. Finansieringen av dessa åtgärder bygger på att medel fonderas genom avgifter från tillståndshavarens sida, främst under tiden reaktorerna är i drift men även senare om så skulle behövas.

Hur finansieringen ska gå till regleras i finansieringslagen (2006:647) med tillhörande förordning (2008:715)<sup>1</sup>. Detta regelverk gör skillnad mellan tillståndshavare för en eller flera reaktorer där minst en är i drift respektive tillståndshavare där samtliga reaktorer permanent tagits ur drift efter den 31 december 1995. En tillståndshavare i den förra kategorin benämns reaktorinnehavare och betalar avgifter baserade på producerad el. Reaktorinnehavare är i dag Forsmark Kraftgrupp AB, OKG Aktiebolag och Ringhals AB. En tillståndshavare av den senare kategorin, i dag Barsebäck Kraft AB, betalar avgiften med ett belopp årsvis om ytterligare medel enligt regeringsbeslut ska betalas in till fonden.

SKB har uppdraget att beräkna och sammanställa de framtida kostnaderna för de fyra ovan nämnda tillståndshavarna. Enligt regelverket ska en sådan kostnadsredovisning inlämnas till myndigheten med vissa intervall. På sikt ska detta göras vart tredje år men under en övergångsperiod vartannat år. Plan 2008, som avser underlag för avgifter och säkerheter för åren 2010–2011, kommer således att följas av Plan 2010 (2012–2014) och därefter Plan 2013 (2015–2017).

De framtida kostnaderna baseras på SKB:s aktuella planering rörande systemets utformning och tidsplanen för dess genomförande. Den aktuella utformningen benämns referensutformningen och planeringen i övrigt runt denna referensscenariot. Denna rapport baseras på den föreslagna inriktningen av verksamheten som presenterats i SKB:s Fud-program 2007 och senaste verksamhetsplan. Mängden använt kärnbränsle att omhänderta i detta scenario är baserat på en drifttid av 50 år för var och en av Forsmarks och Ringhals reaktorer och 60 år för Oskarshamns, avrundat till bränsle motsvarande 6 000 kopparkapslar.

Inom SKB förbereds för närvarande val av plats för slutförvaret för kärnbränsle. Målet är att en av de två platser där de nu i de närmaste avslutade platsundersökningarna genomförts ska kunna utses. Underlaget till kostnadsberäkningarna har i referensscenariot Forsmark som lokaliseringsort. Valet har gjorts utifrån vad som bäst belyser olika kostnadsaspekter och får inte ses som ett ställningstagande från SKB:s sida i övrigt (exempelvis inkluderas och analyseras på detta sätt kostnader för sjötransport av inkapslat kärnbränsle).

I rapporten redovisas för information referenskalkylen och underlaget för denna. Något krav från finansieringslagen på denna redovisning finns inte men eftersom den ligger till grund för de övriga kalkylerna har SKB funnit det av värde att denna redovisning inkluderas. Detta sker i kapitel 2. Kostnadsredovisningen enligt finansieringslagen görs i kapitel 3.

Referensscenariot omfattar följande anläggningar och system i drift:

- Transportsystem för radioaktiva restprodukter.
- Centralt mellanlager för använt kärnbränsle, Clab.
- Slutförvar för kortlivat låg- och medelaktivt driftavfall, SFR.
- Laboratorier för utveckling av inkapslings- och slutförvarsteknik.

<sup>1</sup> Lag (2006:647) om finansiella åtgärder för hantering av restprodukter från kärnteknisk verksamhet samt förordning (2008:715) om finansiella åtgärder för hantering av restprodukter från kärnteknisk verksamhet.

Referensscenariot omfattar även följande tillkommande anläggningar:

- kapselfabrik och inkapslingsanläggning för använt kärnbränsle,
- slutförvar för använt kärnbränsle, SFK,
- mellanlager för hårdkomponenter, BFA,
- slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall, SFL, och
- slutförvar för rivningsavfall (utbyggnad av SFR).

Kostnaderna enligt referensscenariot omfattar även kostnader för forskning, utveckling och demonstration (Fud), samt för SKB centralt. Det senare omfattar allmänna funktioner såsom företagsledning, verksamhetsstöd, MKB, övergripande säkerhetsfrågor etc. Dessutom innefattas kostnader för avveckling och rivning av dels reaktorläggningarna, dels de anläggningar som finns på kraftverksområdena för mellanlagring eller slutförvaring av låg- och medelaktivt avfall.

Finansieringslagen tillsammans med förordningen stipulerar ett antal villkor som får effekt för referensscenariots omfattning liksom för den beräkningsmodell som SKB använder. Framförallt gäller detta den drifttid för reaktorerna som ska utgöra grund för bedömningen av mängden restprodukter som ska beaktas samt att hänsyn ska tas till osäkerheter avseende den framtida utvecklingen inom olika områden. Till detta kommer att beräkningen enbart ska omfatta restprodukter vilket, enligt finansieringslagens definition av restprodukter, utesluter omhändertagandet av driftavfall. Bland annat exkluderas den nuvarande anläggningen vid SFR i beräkningarna.

Den mängd använt kärnbränsle och radioaktivt avfall som ska omhändertas är kopplad till drifttiden för reaktorerna och denna så kallade avgiftsgrundande drifttid anges i regelverket. Avgiftsberäkningen bygger sedan på den elproduktion som förväntas under samma tid. Den avgiftsgrundande drifttiden ska vara 40 år för de reaktorer som för närvarande är i drift. En minimigräns är stipulerad innebärande att en återstående drifttid om minst sex år ska tillämpas om det inte finns skäl att anta att driften kan komma att upphöra dessförinnan.

Vid sidan av inbetalning av avgifter ska en reaktorinnehavare ställa två typer av säkerheter. En säkerhet ska täcka de avgifter som ännu ej är inbetalda och som avser återstående avgiftsgrundande drifttid. Säkerheten avtar successivt i takt med att reaktorns drifttid närmar sig 34 år men kommer därefter att plana ut vid den minimitid om sex år som beskrevs ovan. Underlaget för denna säkerhet benämns finansieringsbeloppet. Beräkningen sker i princip som för avgiftsunderlaget men kostnaderna begränsas till omhändertagande av de restprodukter som föreligger då kalkylen tar vid (31 december 2009).

Den andra säkerheten avser det fallet att medel i Kärnavfallsfonden kan antas ej komma att räcka till som en följd av oplanerade händelser samtidigt som möjligheten att öka avgiftsinbetalningarna och skriva upp den tidigare nämnda säkerheten av någon anledning bortfaller. Underlaget för denna säkerhet benämns kompletteringsbeloppet.

För en tillståndshavare av reaktorer som samtliga är permanent avställda, i vårt fall Barsebäck Kraft AB, är enbart den första typen av säkerhet aktuell när det gäller det kostnadsunderlag som ska inlämnas till myndigheten.

Resultatet av kalkylen framgår nedan. Beloppen avser framtida kostnader från och med 2010 och är angivna i prisnivå januari 2008.

Den återstående grundkostnaden <sup>2</sup>	75,6 miljarder kronor
Underlag för finansieringsbelopp	68,9 miljarder kronor
Kompletteringsbelopp <sup>3</sup>	
– vid 80 % konfidensgrad <sup>4</sup>	12,4 miljarder kronor

<sup>2</sup> Den återstående grundkostnaden och underlaget för finansieringsbelopp är beräknade som medianvärdet av de utfall som erhållits i riskanalysen.

<sup>3</sup> Avser Forsmark, Oskarshamn och Ringhals. Barsebäck omfattas ej av skyldighet att redovisa kompletteringsbelopp.

<sup>4</sup> Konfidensgraden anger sannolikheten för att beloppet ej ska komma att överskridas.

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Finansieringslagen och SKB:s kalkylmodell</b>	9
1.1	Finansieringslagen	9
1.2	Belopp att redovisa under finansieringslagen	10
1.3	SKB:s kalkylmodell	11
<b>2</b>	<b>Kostnader enligt referensscenariot</b>	15
2.1	Översiktlig systembeskrivning	15
2.2	Särskilda förutsättningar som underlag för plankalkylen	18
2.2.1	Driftscenarier för kärnkraftverken samt avfallsmängder	18
2.2.2	Den övergripande tidsplanen för genomförandet	20
2.2.3	Lokalisering av framtida anläggningar	20
2.2.4	Rivning av kärnkraftverk	21
2.3	Beskrivning av anläggningar inom Kärnbränsleprogrammet	22
2.3.1	Forskning, utveckling och demonstration – Fud	22
2.3.2	Clab – Centralt mellanlager för använt kärnbränsle	24
2.3.3	Inkapsling av använt kärnbränsle	25
2.3.4	Slutförvar för använt kärnbränsle	28
2.4	Beskrivning av anläggningar inom programmet för låg- och medelaktivt avfall (Loma)	32
2.4.1	Slutförvar i SFR för kortlivat radioaktivt driftavfall	32
2.4.2	Slutförvar i SFR för kortlivat radioaktivt avfall från rivningen	33
2.4.3	Anläggningar vid kärnkraftverken för mellanlagring eller deponering av låg- och medelaktivt avfall	34
2.4.4	Slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall, SFL	35
2.5	Beskrivning av transportsystemet	35
2.6	Beräkningsmetodik	37
2.7	Kostnadsredovisning	37
2.7.1	Framtida kostnader	37
2.7.2	Nedlagda och budgeterade kostnader	39
<b>3</b>	<b>Kostnader enligt finansieringslagen</b>	41
3.1	Driftscenarier för reaktorerna samt energiproduktion och avfallsmängder	41
3.2	Förändringar i systemet jämfört med referensscenariot	41
3.3	Beräkningsmetodik	43
3.3.1	Den successiva principen – en sannolikhetsbaserad kalkylmetod	43
3.3.2	Översiktlig beskrivning av den tillämpade metodiken	44
3.4	Variationer och osäkerheter beaktade i kalkylen	45
3.4.1	Allmänt	45
3.4.2	Variationer och osäkerheter inom gruppen ”samhälle”	47
3.4.3	Variationer och osäkerheter inom gruppen ”ekonomi”	48
3.4.4	Variationer och osäkerheter inom gruppen ”genomförande”	48
3.4.5	Variationer och osäkerheter inom gruppen ”organisation”	49
3.4.6	Variationer och osäkerheter inom gruppen ”teknik”	50
3.4.7	Variationer och osäkerheter inom gruppen ”kalkylering”	51
3.5	Kostnadsredovisning	51
3.5.1	Allmänt	51
3.5.2	Återstående grundkostnad	52
3.5.3	Underlag för finansieringsbelopp	54
3.5.4	Kompletteringsbelopp	54
<b>Referenser</b>		55
<b>Bilaga 1</b>	Förteckning över använt kärnbränsle och radioaktivt avfall att omhänderta enligt dels referensscenariot med drift av reaktorerna i 50 respektive 60 år, dels scenariot enligt regelverket (40 år)	56

# Förklaringar

BFA	Bergum för avfall.
BWR	Kokvattenreaktor.
Clab	Centralt mellanlager för använt kärnbränsle.
Fud	Forskning, utveckling och demonstration.
kkv	Kärnkraftverk.
PWR	Tryckvattenreaktor.
SFK	Slutförvar för använt kärnbränsle.
SFL	Slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall.
SFR	Slutförvar för kortlivat radioaktivt drift- och rivningsavfall.
SSM	Strålsäkerhetsmyndigheten.
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 kärnbränsle vilken definieras som vikten av uran som finns i bränsleelementen när de sätts in i reaktorn (före bestrålning).
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 (faktorn ligger normalt mellan 75 % och 90 %).
Utbränningsgrad	Ett värde som här anger den energimängd som erhållits ur bränslet när det tas ur reaktorn för vidare transport till Clab, uttrycks vanligen i MWd per kg uran (MWd/kgU).
Restprodukter	"Kärnämne som inte skall användas på nytt och kärnavfall som inte utgör driftavfall" (enligt lag (2006:647) om finansiella åtgärder för hanteringen av restprodukter från kärnteknisk verksamhet). Kärnämne i det här fallet är använt kärnbränsle. Driftavfall är sådant radioaktivt avfall som omhändertas och slutförvaras under pågående drift eller strax efter i anslutning till att reaktorn permanent ställs av.

# 1 Finansieringslagen och SKB:s kalkylmodell

## 1.1 Finansieringslagen

Ett företag som har tillstånd att inneha ett kärnkraftverk är ansvarigt för att vidta de åtgärder som behövs för att på ett säkert sätt hantera och slutförvara använt kärnbränsle och radioaktivt avfall från kärnreaktorerna samt att efter avslutad drift avveckla och riva dessa. De viktigaste åtgärderna är att planera, bygga och driva de anläggningar och system som behövs för detta, samt att bedriva därtill kopplad forskning och utveckling. Finansieringen av dessa åtgärder bygger på att medel fonderas genom avgifter från tillståndshavarens sida, främst under tiden reaktorerna är i drift men även senare om så skulle behövas.

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. Tillståndshavaren äger rätt att ur fonden få ersättning för utgifter för dennes åligganden enligt ovan.

Hur finansieringen ska gå till regleras i finansieringslagen (2006:647) med tillhörande förordning (2008:715)<sup>5</sup>, här benämnt regelverket. Detta regelverk gör skillnad mellan tillståndshavare för en eller flera reaktorer där minst en är i drift respektive tillståndshavare vars samtliga reaktorer permanent tagits ur drift efter den 31 december 1995. En tillståndshavare i den förra kategorin utgör enligt definitionen i finansieringslagen reaktorinnehavare och betalar avgifter baserade på producerad el. Reaktorinnehavare är i dag Forsmark Kraftgrupp AB, OKG Aktiebolag och Ringhals AB. En tillståndshavare av den senare kategorin, i dag Barsebäck Kraft AB, betalar avgiften med ett belopp årsvis om ytterligare medel enligt regeringsbeslut ska betalas in till fonden. Den samlande benämning som kommer att användas i rapporten för dessa fyra kärnkraftsföretag är tillståndshavarna.

Förutom tillstånd att driva reaktorläggningarna har reaktorinnehavarna separata tillstånd, eller planerar för sådana i framtiden, för mindre anläggningar som geografiskt är knutna till respektive kraftverksområde. Det rör sig om mellanlager för avfallskollin eller deponier för mycket lågaktivt driftavfall. Med något undantag nyttjas dessa anläggningar enbart av den tillståndshavare på vars kraftverksområde anläggningen är placerad. Kostnaderna för byggande och drift av dessa anläggningar faller inte under finansieringslagen eftersom det rör sig om driftkostnader vilka betalas direkt av respektive tillståndshavare. Rivningen av dessa anläggningar, där så blir aktuellt, sker samtidigt med reaktorläggningarna och kostnaderna för detta redovisas i föreliggande rapport ingående i kostnaden för rivning av kärnkraftverken.

En tillståndshavare ska i samråd med övriga tillståndshavare beräkna kostnaderna för omhändertagandet av det använda kärnbränslet och radioaktiva avfallet samt för avveckling och rivning av reaktorläggningarna. Regeringen har beslutat att beräkningarna ska lämnas in till Strålsäkerhetsmyndigheten som upprättar förslag till avgifter och säkerheter baserat på de inlämnade beräkningarna. Regeringen beslutar på basis av de inlämnade kostnadsuppgifterna dels de avgifter som ska tas ut på producerad el alternativt årsvis, dels de säkerheter som tillståndshavaren dessutom ska ställa för framtida kostnader som ej täcks av redan inbetalda medel. Avgifter ska vid behov tas ut och säkerheter ställas såväl under tiden som reaktorerna är i drift som efter permanent avställning fram till dess att reaktorläggningarna är rivna och samtliga restprodukter omhändertagna.

<sup>5</sup> Lag (2006:647) om finansiella åtgärder för hantering av restprodukter från kärnteknisk verksamhet samt förordning (2008:715) om finansiella åtgärder för hantering av restprodukter från kärnteknisk verksamhet.



Den mängd använt kärnbränsle och radioaktivt avfall som ska omhändertas är kopplad till drifttiden för reaktorerna och denna så kallade avgiftsgrundande drifttid anges i regelverket. Storleken på avgifterna bestäms på basis av den elproduktion som förväntas under samma tid. *Den avgiftsgrundande drifttiden* ska vara 40 år för de reaktorer som för närvarande är i drift. En minimigräns är stipulerad innebärande att en återstående drifttid om minst sex år ska tillämpas om det inte finns skäl att anta att driften kan komma att upphöra dessförinnan. För den nu föreliggande redovisningen innebär detta att samtliga reaktorer är i drift minst till och med 2015. Tre reaktorer är berörda av denna minimigräns<sup>6</sup>.

Vid sidan av inbetalning av avgifter ska en reaktorinnehavare ställa två typer av säkerheter. En säkerhet ska täcka de avgifter som bortfaller och där medel måste betalas in till fonden på annat sätt om reaktorn ställs av före den avgiftsgrundande drifttidens utgång, det vill säga innan reaktorn uppnår 40 års drifttid. Säkerheten avtar successivt i takt med att reaktorns drifttid närmar sig 34 år men kommer därefter att plana ut vid den minimitid om sex år som beskrevs ovan. Den andra säkerheten avser det fallet att medel i Kärnavfallsfonden ej kommer att räcka till som en följd av oplanerade händelser samtidigt som möjligheten att öka avgiftsinbetalningarna och skriva upp den tidigare nämnda säkerheten av någon anledning bortfaller.

För en tillståndshavare av reaktorer som samtliga är permanent avställda, i vårt fall Barsebäck Kraft AB, är enbart den första typen av säkerhet aktuell när det gäller det kostnadsunderlag som ska inlämnas till myndigheten.

SKB har uppdraget att beräkna och sammanställa de framtida kostnaderna för de fyra ovan nämnda tillståndshavarna. Enligt regelverket ska en sådan kostnadsredovisning inlämnas till myndigheten med vissa intervall. På sikt ska detta göras vart tredje år men under en övergångsperiod vartannat år. Plan 2008, som avser underlag för avgifter och säkerheter för åren 2010–2011, kommer således att följas av Plan 2010 (2012–2014) och därefter Plan 2013 (2015–2017).

## 1.2 Belopp att redovisa under finansieringslagen

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

- den återstående grundkostnaden (avser underlag för avgifter),
- underlag för finansieringsbelopp (avser underlag för att bestämma beloppet för den säkerhet som avser avgiftsinbetalningar under återstående avgiftsgrundande drifttid),
- kompletteringsbelopp (avser underlag för att bestämma beloppet för den säkerhet som avser oplanerade händelser och som faller ut om avgiftsinbetalningar uteblir och säkerheten enligt den andra punktsatsen ej är tillfyllest).

Den återstående grundkostnaden ska bland annat innefatta samtliga framtida kostnader för att ta hand om de restprodukter som beräknas uppkomma under den avgiftsgrundande drifttiden 40 år (eller minst sex återstående driftår). För Plan 2008 avser detta kostnader från och med 2010. Beloppet ska även omfatta kostnader för att avveckla och riva reaktorerna och för att genomföra erforderlig forskning och utveckling. I den återstående grundkostnaden ingår tillägg för oförutsett och risk till en viss nivå. Dessa tillägg erhålls genom den sannolikhetsbaserade kalkylmetod som SKB tillämpar och som redovisas i kapitel 3. Det totala underlaget för avgifter erhålls slutligen genom att ett tillägg görs för vissa kostnader för myndighetens tillsyn med mera, benämnda merkostnader. Detta tillägg görs av myndigheten själv i samband med beräkning av avgifter och redovisas således inte i föreliggande rapport.

---

<sup>6</sup> Oskarshamn 1 har 37 års total drifttid och får därmed lägga ytterligare tre år till den avgiftsgrundande drifttiden som då blir 43 år. Oskarshamn 2 har 35 års total drifttid och får lägga ytterligare ett år till den avgiftsgrundande drifttiden. Ringhals 2 har just passerat gränsen och får ett tillägg på ett par månader.

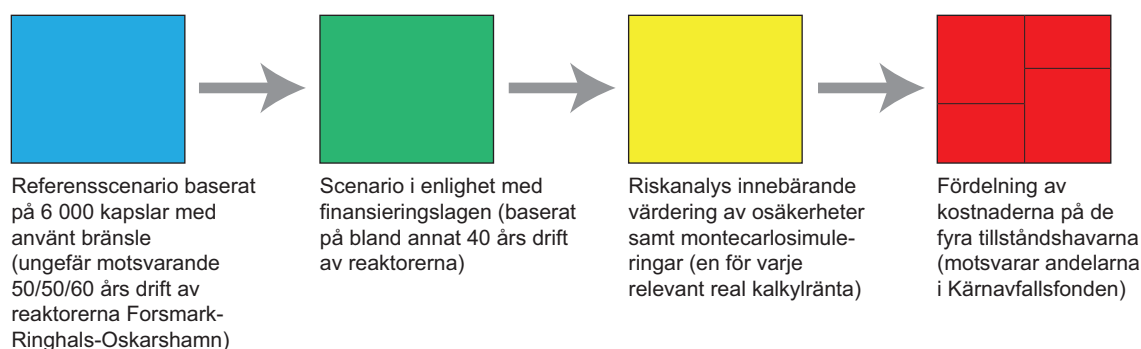
Underlag för finansieringsbelopp ska innefatta kostnader som beräknas på samma sätt som den återstående grundkostnaden men med den begränsningen att mängden använt kärnbränsle och radioaktivt avfall avser de mängder som beräknas finnas vid den tiden då kalkylen tar vid. Det vill säga vid ingången av det första avgiftsåret som beräkningarna avser. För Plan 2008 är denna tidpunkt den 31 december 2009. Det totala finansieringsbeloppet erhålls därefter på samma sätt som avgiftsunderlaget genom att vissa tillägg görs från myndighetens sida. Differensen mellan finansieringsbeloppet och det aktuella innehållet i Kärnavfallsfonden, plus förväntad avkastning, ger underlag för att bedöma omfattningen av den säkerhet som ska ställas för ännu ej inbetalda avgifter under återstående avgiftsgrundande drifttid. Denna bedömning görs av myndigheten.

Kompletteringsbeloppet utgör skillnaden mellan kostnader som inkluderas i den återstående grundkostnaden och den övre gräns för kostnader som reaktorinnehavaren i dagsläget ska ställa säkerhet för. Denna övre gräns ska enligt förordningen baseras på ”en skäligen uppskattning av kostnader ..... som kan uppkomma till följd av oplanerade händelser.” Denna övre beloppsgräns täcker i SKB:s beräkningsmodell osäkerheter med lägre grad av sannolikhet för inträffande och med mer omfattande konsekvenser än vad som ingår i grundkostnaden. I övrigt tillämpas samma sannolikhetsbaserade beräkningsmetod. Kompletteringsbeloppet utgör grunden för bedömning av storleken av den säkerhet som avser oplanerade händelser.

Beträffande SKB:s tolkning av skälighetsbegreppet så hänvisas till avsnitt 3.5.4.

### 1.3 SKB:s kalkylmodell

Kostnadsberäkningarna genomförs av SKB i fyra väl åtskilda steg, schematiskt åskådliggjorda i figur 1-1.



*Figur 1-1. De fyra stegen i SKB:s kalkylmodell.*

#### Steg 1 (blå ruta)

De framtida kostnaderna baseras på SKB:s aktuella planering rörande systemets utformning inklusive tidsplanen för dess genomförande. Den aktuella utformningen benämns referensutformningen och planeringen i övrigt runt denna referensscenariot. Referensscenariot baseras på den föreslagna inriktningen av verksamheten som presenterats i SKB:s Fud-program 2007 och senaste verksamhetsplan. Mängden använt kärnbränsle och radioaktivt avfall att omhänderta är baserat på en drifttid av 50 år för var och en av Forsmarks och Ringhals reaktorer och 60 år för Oskarshamns. Mängden kärnbränsle är avrundat till att motsvara 6 000 kopparkapslar.

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 ska kunna erhållas. Denna formulering ska dock inte uppfattas som ett slutligt ställningstagande från SKB:s sida i olika frågor. Exempel på sådana förutsättningar, specifika för plankalkylen, ges under avsnitt 2.2.

Utformningen och kostnaderna för referensscenariot redovisas i kapitel 2 i denna rapport.

### **Steg 2 (grön ruta)**

Finansieringslagen med förordningen stipulerar ett antal villkor som har den effekten att referensscenariot påverkas till sin omfattning liksom den beräkningsmodell som SKB använder. Framförallt gäller detta den drifttid för reaktorerna som ska utgöra grund för bedömningen av mängden restprodukter som ska beaktas. Till detta kommer att beräkningen enbart ska omfatta restprodukter vilket, enligt definitionen av restprodukter i finansieringslagen, utesluter omhändertagandet av driftavfall. Bland annat exkluderas den nuvarande anläggningen vid SFR i beräkningarna.

Beträffande drifttiden för reaktorerna gäller regelverkets bestämmelser rörande den avgiftsgrundande drifttiden, det vill säga 40 års drift med en minimigräns av sex återstående driftår.

Dessa avvikelser från det referensscenario som beräknades under steg 1 liksom kostnaderna för det system som på detta sätt erhålls och som ska rymmas inom ramen för finansieringslagen redovisas i kapitel 3 i denna rapport.

### **Steg 3 (gul ruta)**

Regelverket föreskriver även att kostnadsredovisningen i flertalet fall ska avse förväntade kostnader vilket innebär att utfallet ska inkludera hänsynstagande till de osäkerheter avseende den framtida utvecklingen som finns inom olika områden. SKB gör detta genom en sannolikhetsbaserad beräkningsmetod (riskanalys). Kravet på att inkomma med en bedömning av kompletteringsbeloppet, det vill säga den kostnadsmässiga effekten av oplanerade händelser, understryker ytterligare behovet av en sådan analys.

Den metod för riskanalys som tillämpas går under benämningen ”Den successiva principen” eller kort ”successiv kalkyl”. Metoden och de osäkerheter som har beaktats redovisas utförligt i kapitel 3.

### **Steg 4 (röd ruta)**

Fonderingen av medel i kärnavfallsfonden sker under fyra huvudrubriker, en för varje tillståndshavare.<sup>7</sup> De framtida kostnaderna måste därför delas upp på dessa. Proceduren för detta liksom resultatet av uppdelningen redovisas inte i denna rapport utan tillställs myndigheten genom ett separat tabellverk.

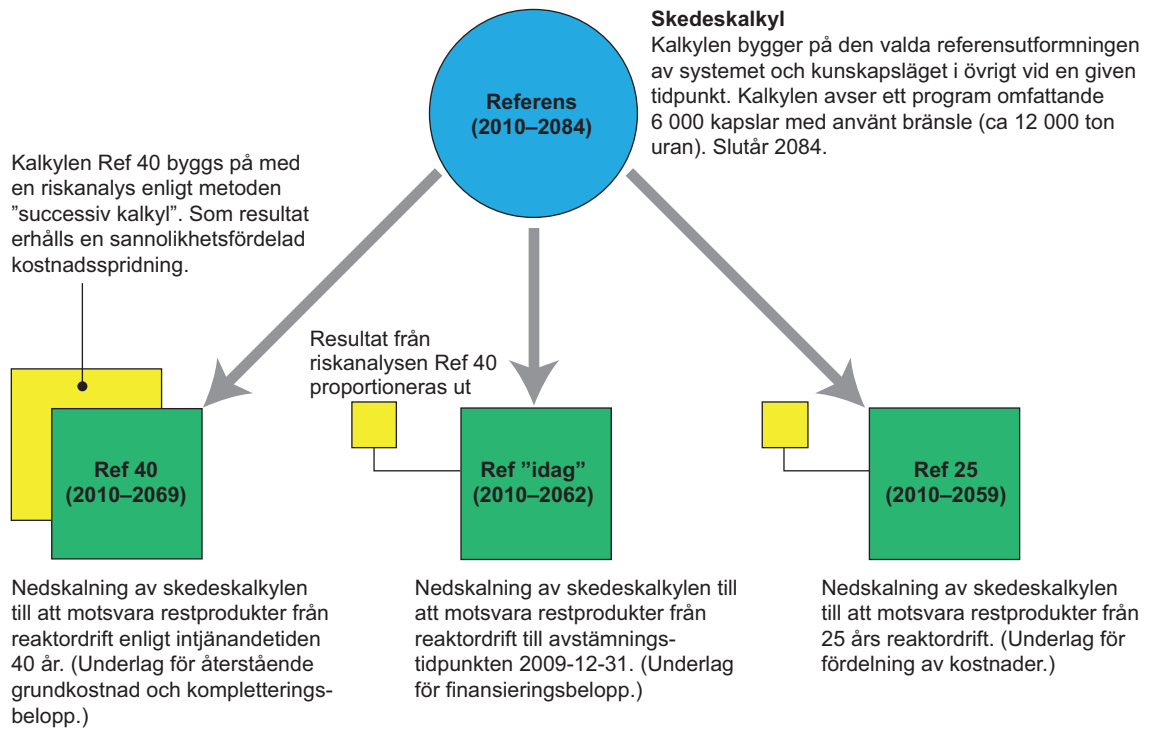
## ***Sambandet mellan olika kalkyler – en sammanfattning***

Under processens gång produceras ett antal kalkyler med varierande omfattning och med delvis olika förutsättningar. Vissa av dem avser att ge de belopp som efterfrågas enligt finansieringslagen andra tas fram för att utgöra underlag för SKB:s utvecklings- och planeringsarbete eller för den ekonomiska redovisningen i SKB:s delägarföretag. De kalkyler som har relevans för rapporteringen enligt finansieringslagen framgår av figur 1-2.

Baskalkylen (blå enligt figur 1-2) behandlas utförligt i kapitel 2. Kalkylen ”Ref 40” (grön) liksom riskanalysen (gul) behandlas i kapitel 3. De två övriga behandlas inte vidare i denna rapport annat än att utfallet underlag för finansieringsbelopp redovisas. Detta belopp utgör resultatet från kalkylen ”Ref i dag”. Påslaget för oförutsett och risk hämtas ur riskanalysen avseende ”Ref 40” (proportioneras).

---

<sup>7</sup> En femte huvudrubrik rör avgifter enligt den så kallade Studsvikslagen men kostnader under denna behandlas inte i föreliggande rapport.



*Figur 1-2. Sambandet mellan de kalkyler som upprättas.*

## 2 Kostnader enligt referensscenariot

### 2.1 Översiktlig systembeskrivning

Som grund för de kostnader som redovisas i planrapporten ligger en kostnadsberäkning som bygger på det aktuella planeringsläget inom SKB. I första hand gäller detta den utformning av systemet som i dag utgör huvudinriktningen i SKB:s utvecklingsarbete och som benämns referensutformningen men här ingår även antaganden rörande framtida händelser där beslut ännu ej fattats. Dessa antaganden, som redovisas närmare under nästa avsnitt, är nödvändiga för att ett fullständigt underlag för kostnadsberäkning ska kunna sammanställas.

Sammantaget utgör referensutformningen tillsammans med dessa antaganden det vi kallar referensscenariot. Detta utgör i sin tur underlaget för referenskostnaden.

De anläggningar som SKB driver respektive planerar för i framtiden är avsedda för omhändertagande av restprodukter och driftavfall från de svenska kärnkraftverken. Samtidigt är det utsagt att dessa anläggningar, mot ersättning, även ska ta emot mindre mängder av radioaktivt avfall från industriella anläggningar, forskningsanläggningar och andra institutioner. Utrymmen för att hantera dessa mängder, i den omfattning vi känner i dag, är inkluderat i referensscenariot. Däremot ingår de inte i kostnaderna enligt finansieringslagen (kapitel 3) eftersom de finansieras av andra medel än ur tillståndshavarnas fondandelar.

Begreppet restprodukter definieras numera på följande sätt i finansieringslagen: ”Med restprodukter avses i denna lag kärnämne som inte skall användas på nytt och kärnavfall som inte utgör driftavfall”. Med denna definition kan de produkter som ska omhändertas indelas på det sätt som framgår av tabell 2-1.

Den totala bilden över det svenska systemet för omhändertagande av kärnkraftens restprodukter och annat radioaktivt avfall framgår av figur 2-1. Bilden illustrerar flödet av restprodukter och radioaktivt avfall från kärnkraftverken eller andra institutioner via mellanlager och behandlingsanläggningar till olika typer av slutförvar. Med undantag av de mellanlager eller markdeponier för avfall som finns hos de operatörer där avfallet uppkommer så planeras, byggs, drivs och avvecklas alla hanteringsanläggningar inom SKB:s regi.

SKB svarar även för transporter av restprodukterna och avfallet mellan anläggningarna. I Sverige ligger alla befintliga anläggningar vid kusten dit även de framtida anläggningarna avses bli förlagda. Transportsystemet bygger därför på sjötransporter med ett för detta ändamål specialbyggt fartyg som den centrala enheten (m/s Sigyn).

En grov uppdelning av de olika delsystem som ingår i systemet för omhändertagande av kärnkraftens restprodukter och annat radioaktivt avfall görs numera av SKB i de två program som drivs, Kärnbränsleprogrammet och Lomaprogrammet. Till detta kommer ett antal hjälpsystem enligt förteckningen nedan.

#### **Kärnbränsleprogrammet**

Mellanlagring, inkapsling och slutförvaring av använt kärnbränsle. Hit hör anläggningarna Clab, inkapslingsanläggningen (med kapselabrik) och slutförvaret för använt kärnbränsle (SFK).

#### **Lomaprogrammet**

Mellanlagring, behandling och slutförvaring av låg- och medelaktivt radioaktivt avfall. Här ingår flera anläggningar, en del avsedda för kortlivat avfall andra för långlivat.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Med kortlivat kärnavfall avses material med signifikant innehåll av radionuklider med halveringstid mindre än 30 år. Övrigt betecknas långlivat kärnavfall.

Till anläggningar för kortlivat drift- och rivningsavfall räknas lokala mellanlager och SFR. Anläggningarna för långlivat avfall är mellanlagret BFA, bergrum för avfall, samt slutförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall (SFL).

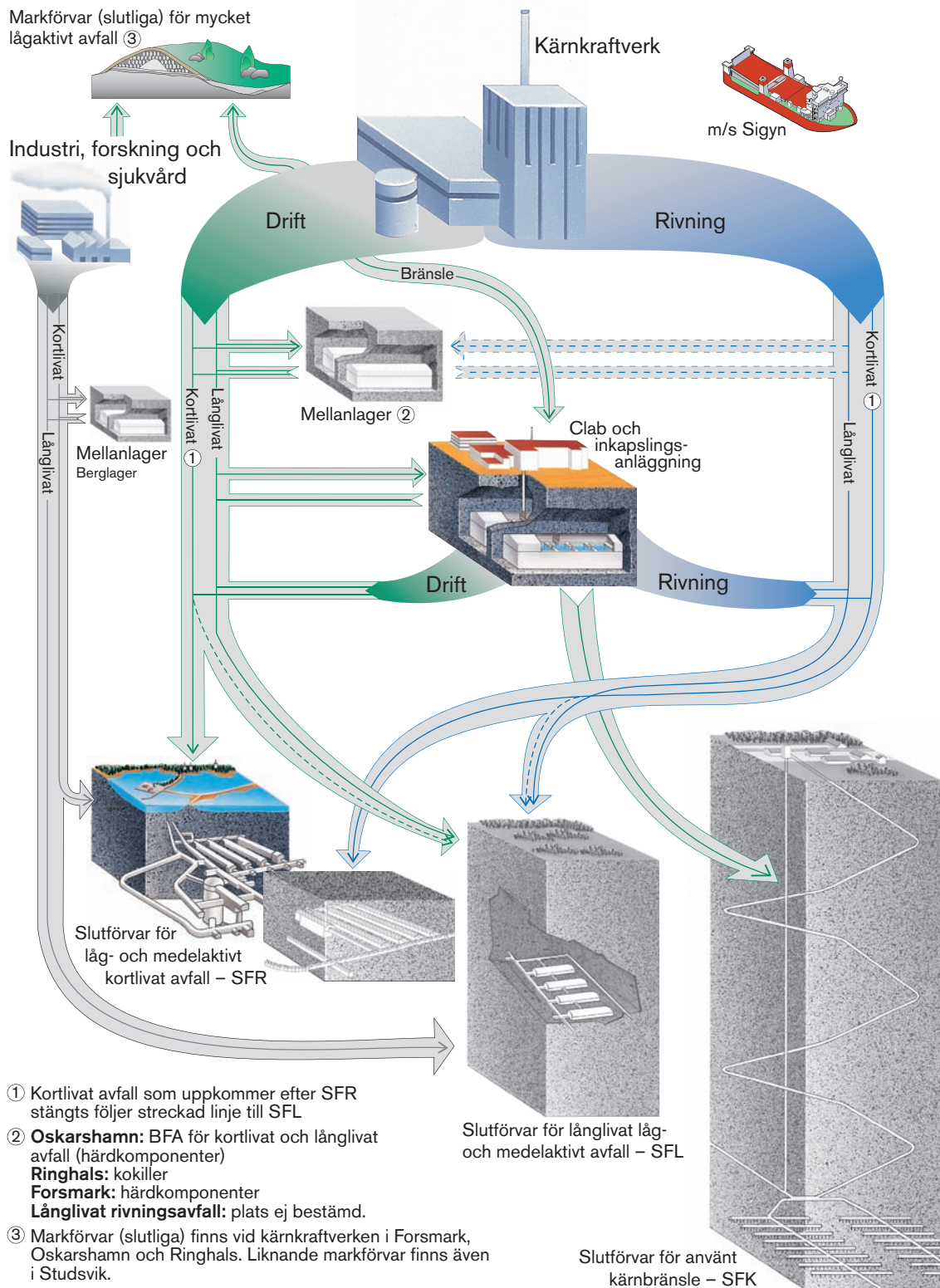
## Hjälpssystem

- Transportsystemet baserat på det för ändamålet specialbyggda fartyget m/s Sigyn samt terminalfordon för lastning och lossning av lasten.
- Anläggningar för forskning och utveckling samt demonstration av tekniklösningar. Hit hör framförallt det underjordiska laboratoriet på Äspö invid Oskarshamnsverket samt kapsel-laboratoriet i Oskarshamn.
- SKB centralt med ledning och verksamhetsstöd samt särskilda enheter för miljö- och säkerhetsfrågor.

**Tabell 2-1. Typer av restprodukter och annat radioaktivt avfall att omhänderta.**

<b>Finansiering</b>	<b>Finansiering direkt av tillståndshavarna (driftavfall) eller av annan intressent som köper utrymme i SKB:s anläggningar.</b>	<b>Finansiering inom finansieringslagens ram (endast så kallade restprodukter enligt definition i finansieringslagen).</b>
<b>Typ av avfall</b>	Kostnaderna ingår i de kostnader som redovisas i kapitel 2 i denna rapport.	Finansieringen sker via Kärnavfallsfonden. Kostnaderna behandlas i kapitel 3 i denna rapport.
<b>Kortlivat mycket lågaktivt avfall</b>	Driftavfall, komprimerat eller i behållare av betong eller stål. Slutförvaras antingen i markdeponier på kraftverksområdet eller i SFR.	Drift- och rivningsavfall från de mellanlager och behandlingsanläggningar som faller under finansieringslagen (Clab, inkapslingsanläggning) samt rivningsavfall från rivning av reaktor-anläggningarna. Slutförvaras i SFR så länge detta är i drift och senare i slutförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall (SFL) som i referensfallet antas ligga vid SFR på stort djup i berget (definitivt platsval ej gjort).
<b>Kortlivat låg- och medelaktivt avfall</b>	Driftavfall från kraftverken eller andra institutioner, i behållare av betong eller stål. Slutförvaras i SFR. Mellanlagras där avfallet produceras (lokal mellanlagring).	Drift- och rivningsavfall från de mellanlager och behandlingsanläggningar som faller under finansieringslagen (Clab, inkapslingsanläggning) samt rivningsavfall från rivning av reaktor-anläggningarna. Mellanlagras lokalt. Slutförvaras i SFR så länge detta är i drift och senare i slutförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall (SFL).
<b>Långlivat låg- och medelaktivt avfall</b>	Kostnader för lokal mellanlagring av driftavfall från reaktor-anläggningarna. Driftavfall från andra intressenter, främst Studsvik. Slutförvaring i förvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall (SFL).	Drift- och rivningsavfall från reaktor-anläggningarna. Bland annat utbytta reaktordelar. Driftavfall mellanlagras i Clab eller i BFA (Oskarshamn). Mellanlager för rivningsavfall ej bestämt. Slutförvaras i förvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall (SFL).
<b>Långlivade högaktiva restprodukter</b>	Använt bränsle och annat högaktivt avfall, främst från Ågesta och Studsvik. Antas i referensscenariot bli inkapslat i samma kopparkapslar som övrigt bränsle samt placerat i slutförvaret för använt bränsle (SFK).	Använt bränsle som inkapslas i kopparkapslar. Placeras i slutförvaret för använt bränsle (SFK) som i referensscenariot antas ligga vid Forsmark (definitivt platsval ej gjort).





**Figur 2-1.** Översikt av det svenska systemet för omhändertagande av kärnkraftens restprodukter och annat radioaktivt avfall.

Flera av anläggningarna är i drift, vilket ger ett gott underlag för kostnadsberäkningarna. De framtida anläggningar befinner sig i olika utvecklings- och projekteringsskedet och för dessa anläggningar har kostnadsberäkningarna baserats på de ritningar, specifikationer, personalplaner och annat som upprättats samt på erfarenheter från tillverkning och utnyttjande av framtagna prototypstrukturer. Anläggningarna beskrivs var för sig under avsnitt 2.3.

Förutom kostnader för delsystemen ovan ingår i den totala kalkylen som redovisas här även kostnaderna för rivning av kärnkraftverken. Denna aktivitet utgör inte en del av SKB:s åtagande utan är en fråga för respektive kärnkraftföretag. SKB svarar enbart för omhändertagande av det radioaktiva avfallet från rivningen (del av Lomaprogrammet) samt i dagsläget för utredningsarbeten och uppskattningar av de framtida kostnaderna för rivningen. De särskilda förutsättningar som gäller för rivningen av kärnkraftverken redovisas under nästa avsnitt.

## 2.2 Särskilda förutsättningar som underlag för plankalkylen

### 2.2.1 Driftscenarier för kärnkraftverken samt avfallsmängder

Referensscenariot bygger på kraftverksägarnas nuvarande planer för den framtida driften av reaktorerna. Detta innebär att reaktorerna vid Forsmark och Ringhals ska drivas i 50 år från driftstart och reaktorerna vid Oskarshamn 60 år.

Det är högst sannolikt att produktionsdata för de enskilda reaktorerna under den långa tid som är kvar kommer att förändras. Det kan röra sig dels om effektökningar genom ny teknik eller annat, dels om ändrade bränsletyper eller utbränningsgrader. I referensscenariot tas emellertid ingen hänsyn till detta utan underlaget är baserat på historiska data och på dagens situation. Den senare antas gälla även framöver. Framtida förändringar kommer att arbetas in när beslut om sådana är fattade och tillstånd erhållits.

Tabell 2-2 visar historiska data rörande den totala energiproduktionen och den genomsnittliga utnyttjningsfaktorn till och med 2008 (de sista månaderna för 2008 är baserade på en prognos).

Tabell 2-3 ger en sammanställning av reaktorernas driftdata med angivande av uppskattad framtida elproduktion och mängd använt kärnbränsle. Mängden bränsle anges som ton uran. Bränslets verkliga vikt i form av kompletta bränsleelement är betydligt större.<sup>9</sup>

**Tabell 2-2. Energiproduktion och genomsnittliga utnyttjningsfaktorer för de senaste tio åren.**

År	Energiproduktion TWh	Utnyttjningsfaktor %	Anmärkning
1999	70,2	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	69,2	83	
2002	65,6	84	Oskarshamn 1, som var avställd för renovering, är exkluderad ur beräkningen av utnyttjningsfaktorn.
2003	65,5	78	
2004	75,0	92	
2005	69,8	87	Barsebäck 2 ställdes av 2005-05-31.
2006	65,0	83	
2007	64,3	82	
2008	64,9	82	

<sup>9</sup> Ett BWR-element väger cirka 300 kg varav cirka 180 kilo utgörs av uran. Efter utbränning har uranvikten minskat något. För ett PWR-element är motsvarande vikter cirka 560 kg respektive cirka 460 kg.



**Tabell 2-3. Driftdata samt elproduktion och bränslemängder vid kärnkraftverken.**

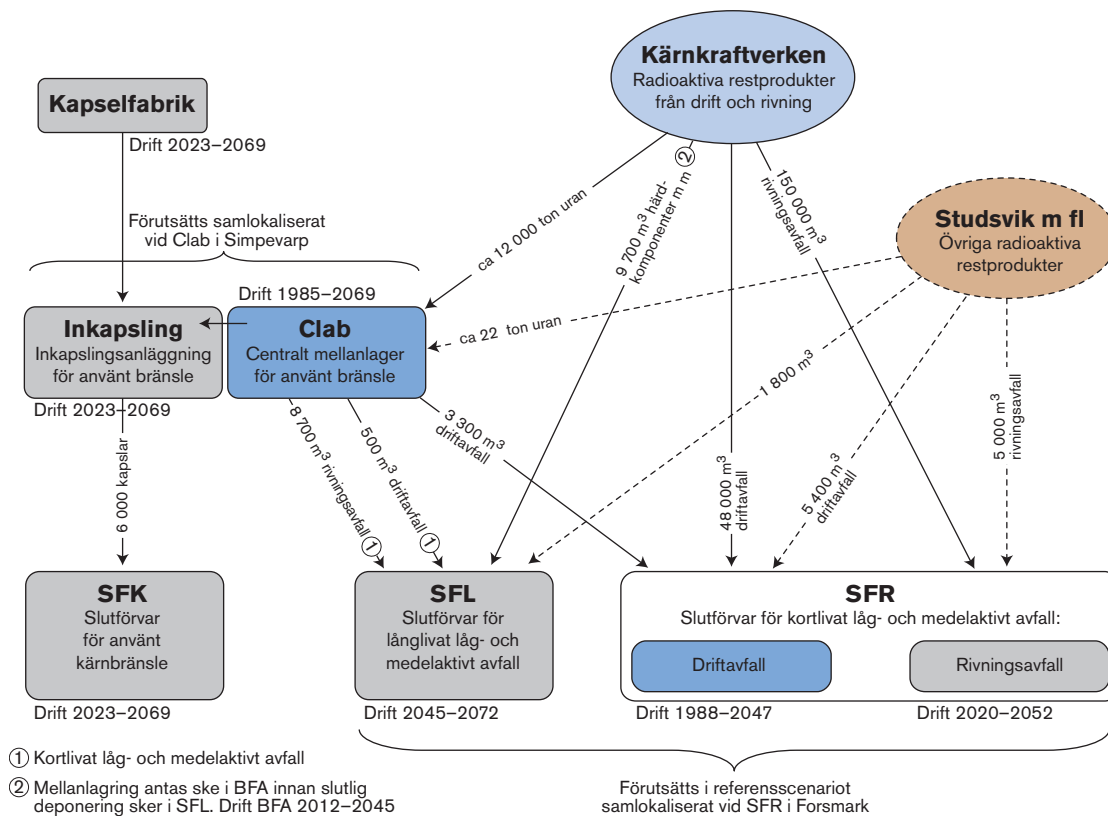
Start kommersiell drift	Termisk effekt/ nettoeffekt	Energiproduktion			Bränsle till och med 2008	Totalt för referensscenariot		
		till och med 2008	medelvärde från och med 2009	TWh/år		Drift till och med	Energi produktion	Använt bränsle
	MW	TWh	TWh/år	ton uran		TWh	ton uran	
F1 (BWR) 1980-12-10	2 928 / 978	193	8,8	720	2030-12-09	385	1 224	
F2 (BWR) 1981-07-07	2 928 / 990	190	8,3	702	2031-07-06	376	1 251	
F3 (BWR) 1985-08-22	3 300 / 1 170	202	10,6	697	2035-08-21	486	1 402	
O1 (BWR) 02-06-1972	1 375 / 473	90	3,5	437	2032-02-05	170	667	
O2 (BWR) 1974-12-15	1 800 / 590	135	6,2	535	2034-12-14	296	930	
O3 (BWR) 1985-08-15	3 300 / 1 152	196	11,2	675	2045-08-14	607	1 773	
R1 (BWR) 1976-01-01	2 540 / 855	159	6,7	630	2025-12-31	273	929	
R2 (PWR) 1975-05-01	2 652 / 866	174	7,0	562	2025-04-30	289	890	
R3 (PWR) 1981-09-09	2 992 / 985	167	9,2	535	2031-09-08	376	1 043	
R4 (PWR) 1983-11-21	2 775 / 935	163	9,0	515	2033-11-20	386	1 016	
B1 (BWR) 1975-07-01	1 800 / 600	93		425	1999-11-30	93	425	
B2 (BWR) 1977-07-01	1 800 / 600	108		455	2005-05-31	108	455	
BWR totalt	21 771 / 7 408	1 367	55	5 277		2 796	9 055	
PWR totalt	8 419 / 2 786	504	25	1 612		1 051	2 949	
Samtliga totalt	30 190 / 10 194	1 871	80	6 889		3 847	12 004	

Övriga avfallsmängder, exklusive de som läggs i deponier på kraftverksområdena, framgår av tabellen i bilaga 1. Utifrån den ger tabell 2-4 en sammanställning av de volymer som måste beredas plats för i de olika slutförvar. Volymerna avser inkapslat kärnbränsle och de behållare med radioaktivt avfall som är färdiga för slutförvaring. Vanligast är att dessa behållare utgörs av betongkuber (kokiller) med sidan 1,2 meter men även 200-liters plåtfat och större containrar förekommer.

Blockschemat i figur 2-2 ger slutligen en sammanställning av mängderna samt en översikt av hur det använda kärnbränslet och radioaktiva avfallet passerar genom lagrings- och behandlingsanläggningar för att slutligen bli deponerade i respektive slutförvar.

**Tabell 2-4. Inkapslat kärnbränsle och radioaktivt avfall att deponera.**

Produkt	Huvudsakligt ursprung	Volym i slutlager m <sup>3</sup>
Använt bränsle (6 000 kapslar)		25 100
Alfa-kontaminerat avfall	Låg-och medelaktivt avfall från Studsvik	1 800
Hårdkomponenter	Reaktordelar	9 700
Låg- och medelaktivt driftavfall	Driftavfall från kärnkraftverk och behandlingsanläggningar samt Studsvik	57 400
Låg- och medelaktivt rivningsavfall	Från rivning av kärnkraftverk, behandlingsanläggningar och Studsvik	163 700
Total mängd cirka		258 000



**Figur 2-2.** Blockschema som visar transportflöden avseende hanteringen av kärnkraftens restprodukter och annat radioaktivt avfall som underlag för referensscenariot.

## 2.2.2 Den övergripande tidsplanen för genomförandet

I Fud-program 2007 med handlingsplan presenterades program och planer för Kärnbränsleprogrammet respektive Lomaprogrammet. Detta underlag har senare kompletterats med uppgifter i SKB:s senaste verksamhetsplan. Baserat på detta har översiktliga tidsplaner upprättats för samtliga framtida anläggningar. Dessa tidsplaner ger bland annat att inkapslingsanläggning och slutförvar ska byggas så att deponering av inkapslat kärnbränsle kan börja under år 2023. Inledningsvis över en period med ett mindre antal kapslar per år för att sedan successivt öka och nå den reguljära kapaciteten 150 kapslar per år efter fem år. Mot slutet av driften minskar deponeringstakten till 100 kapslar per år. Minskningen är motiverad av att på längre sikt bör deponeringstakten anpassas till det årliga tillflödet av använt kärnbränsle.

För Lomaprogrammets del gäller bland annat att slutförvaret för det kortlivade rivningsavfallet ska påbörja sin drift år 2020. Deponering pågår till den sista reaktorn är avvecklad. Anläggningen för det långlivade låg- och medelaktiva avfallet (SFL) planeras ta emot avfall med början 2045 och vara öppna tills allt kortlivat rivningsavfall från Clab och inkapslingsanläggningen har deponerats.

Under avsnitt 2.7, i samband med kostnadsredovisningen, visas en översiktlig tidsplan över betalningsflödet och de enskilda anläggningarna.

## 2.2.3 Lokalisering av framtida anläggningar

SKB har lämnat in en ansökan om att få uppföra inkapslingsanläggningen sammanbyggd med Clab. För övriga framtida anläggningar finns i dagsläget inget definitivt ställningstagande från SKB sida i frågan om lokalisering. För att kunna genomföra kostnadsberäkningen måste dock vissa antaganden göras. Osäkerheten i dessa antaganden omhändertas senare i den riskanalys som görs för att komma fram till beloppen enligt finansieringslagen.

Följande antaganden om lokalisering har gjorts som underlag till plankalkylen:

#### **Slutförvar för använt kärnbränsle**

Slutförvaret för använt kärnbränsle antas förlagt till Forsmark. Detta främst för att man i kalkylen ska kunna inkludera kostnaderna för sjötransport av kapslar med använt kärnbränsle.

#### **Slutförvar för kortlivat låg- och medelaktivt avfall från rivningen**

Slutförvaret för kortlivat låg- och medelaktivt avfall från rivningen av kärnkraftverken antas bli förlagt till Forsmark och utgöra en tillbyggnad till det befintliga SFR. Detta bygger vidare på en planeringsförutsättning som gällde redan vid den tiden då SFR anlades.

#### **Slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall från drift eller från rivning**

Långlivat låg- och medelaktivt avfall får inte deponeras tillsammans med kortlivat låg- och medelaktivt avfall i SFR. Förvaret måste förläggas på ett större djup och klara längre tid av isolering. Förvaret kommer att byggas relativt långt in i framtiden och några definitiva planer på dess förläggning finns inte. Den förutsättning som gäller för plankalkylen är att förvaret lokaliseras till Forsmark och att man med utgångspunkt från de bygg- och transporttunnlar som finns i SFR spränger sig ytterligare ett par hundra meter ner i berget.

#### **Kapselabrik**

Kapselabriken utgör ingen kärnteknisk anläggning och kommer att betraktas som en normal industrilokalisering där olika alternativ värderas avseende ekonomi, säkerhet och miljöpåverkan. I plankalkylen antas fabriken bli förlagd i närområdet kring inkapslingsanläggningen.

### **2.2.4 Rivning av kärnkraftverk**

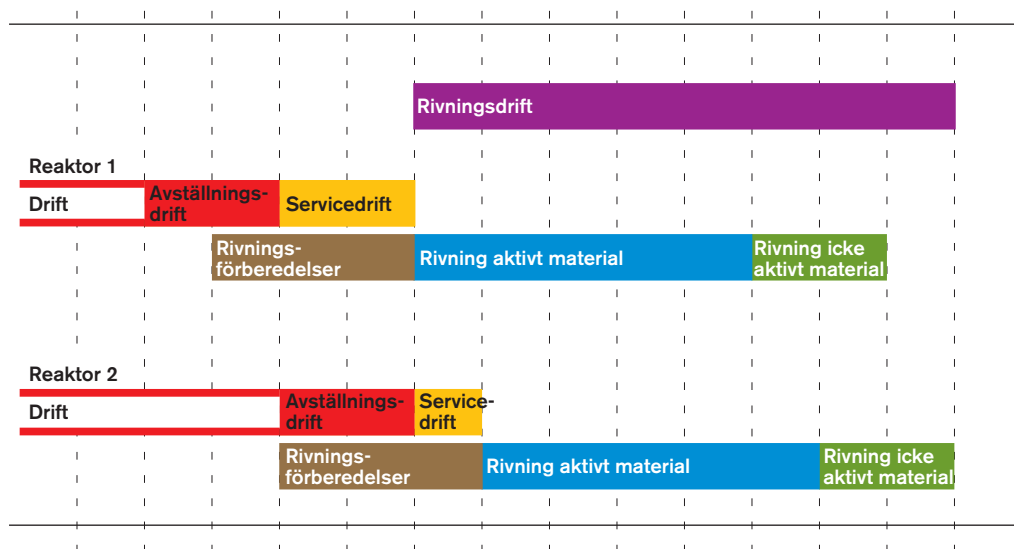
Till åtgärderna för att ta hand om kärnkraftens radioaktiva restprodukter hör även att riva anläggningarna när de har tagits ur drift.

Tidsplanen för när reaktoranläggningarna ska rivras påverkas av en rad olika faktorer. Rivningen kan genomföras på ett säkert sätt kort tid efter avställning, men det kan i vissa fall finnas fördelar med en senare rivning. Den tidigaste tidpunkten för rivning, efter det att de olika reaktorerna ställts av och det använda kärnbränslet transporterats till Clab, kopplas till iordningställandet av anläggningar för hantering av rivningsavfallet och handläggningen av tillståndsfrågor. Rivningen inleds med Barsebäck 1 och 2 som förväntas kunna påbörja sin rivning i samband med att slutförvaret för kortlivat rivningsavfall (en utbyggnad av nuvarande SFR) tas i drift år 2020.

Med hänsyn till resursutnyttjandet och mottagningskapaciteten i mellanlager och slutförvar är det lämpligt att starta rivningen av olika reaktoranläggningar med vissa förskjutningar. I referensscenariot antas minimum ett års förskjutning mellan start av rivning av reaktorer på samma plats. För två sammanbyggda reaktorblock gäller att rivning kan påbörjas först efter det att båda ställts av och allt kärnbränsle blivit borttransporterat.

Under perioden från det att reaktorn tas ur drift till dess att rivningen påbörjas sker borttransport av kärnbränsle, dekontaminering<sup>10</sup> samt förberedelser för rivning. Denna period benämns avställningsdrift under tiden kärnbränsle är kvar på anläggningen och servicedrift därefter. Under perioden med servicedrift, som varierar i längd beroende på tidsplanen för rivningen, kommer personalstyrkan att minska till en mycket låg nivå. Själva rivningsarbetet beräknas sedan ta sju år per reaktoranläggning och sysselsätta i genomsnitt ett par hundra man. Principen framgår av figur 2-3.

<sup>10</sup> Tvättning eller rengöring på annat sätt för att avlägsna ytlig radioaktiv förorening.



**Figur 2-3.** Principer visande avvecklings- och rivningskedet för ett par sammankopplade reaktor-anläggningar.

Det radioaktiva avfallet från rivningen är genomgående låg- och medelaktivt. Aktivitetsnivån varierar dock avsevärt mellan olika delar. Avfallet med högst aktivitet, reaktortankens interna delar, antas bli mellanlagrat innan det slutdeponeras i slutförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall (se avsnitt 2.4.4). En viss mängd avfall med mycket låg aktivitet kommer att deponeras på plats. Övrigt kortlivat rivningsavfall kommer att transporteras direkt till slutförvaret för rivningsavfall, vid SFR, och deponeras där (se avsnitt 2.4.2). En stor mängd av rivningsavfallet kan friklassas, antingen direkt eller efter dekontaminering och därmed hanteras enligt de regler som gäller för rivningsavfall inom industrin i allmänhet.

Hur långt rivningen ska drivas för anläggningsdelar som är radiologiskt friklassade och undantagna från kärntekniklagens krav varierar mellan kraftverken beroende på hur man ser på den fortsatta användningen av kraftverksområdet.

## 2.3 Beskrivning av anläggningar inom Kärnbränsleprogrammet

### 2.3.1 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. Det senaste programmet, Fud-program 2007, med bilagd handlingsplan lämnades till regeringen i september 2007.

Fud, som egen kostnadsbärare, har huvudsakligen varit inriktat mot hanteringen av använt kärnbränsle och kommer att vara så även i framtiden. En allt större del tas emellertid numera upp av Lomaprogrammet, framförallt rörande det långlivade avfallet, samt för metodstudier och uppföljning av erfarenheter avseende rivning av reaktor-anläggningar. Eftersom den dominerande delen av verksamheten ligger inom Kärnbränsleprogrammet beskrivs Fud här.

Den långsiktiga säkerheten hos ett slutförvar för använt kärnbränsle utvärderas med säkerhetsanalyser. Säkerhetsanalysen använder vetenskaplig metodik och hämtar kunskap om långsiktiga förändringar från forskningen. De viktigaste säkerhetsanalysprojekten under perioden fram till 2006 respektive 2010 är säkerhetsanalyser till ansökningarna för att få uppföra en inkapslingsanläggning respektive ett slutförvar. En viktig milstolpe var redovisningen 2006 av en säkerhetsanalys SR-Can som visar den metodik som kommer att användas.

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.

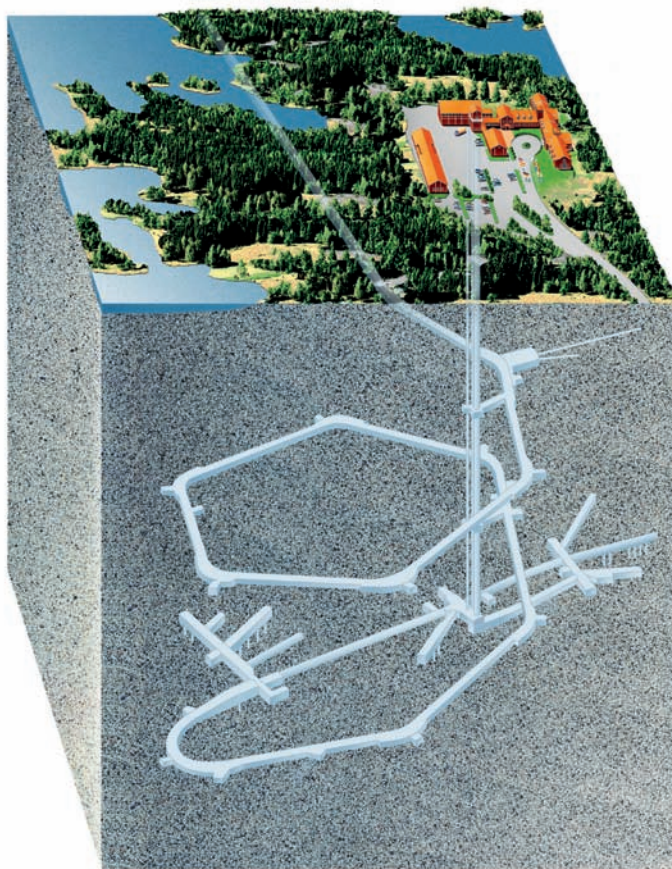
Fud-arbetet inriktats mot de insatser som behövs för att genomföra byggandet av en inkapslingsanläggning för använt kärnbränsle och ett slutförvar för inkapslat kärnbränsle.

En viktig komponent i Fud-verksamheten är Äspölaboratoriet. Detta används för att pröva, verifiera och demonstrera de undersökningsmetoder som använts vid platsundersökningarna och som senare ska användas för detaljerade undersökningar av valt slutförvar, samt för att studera och verifiera funktionen för olika komponenter i slutförvarssystemet. Det används även för att utveckla och testa teknik för deponering av buffert och kapslar. En illustration över laboratoriet visas i figur 2-4.

De olika tester av teknik och metoder som pågår i Äspölaboratoriet omfattar utprovning av deponeringsmaskinen i prototyputförande, utveckling av alternativet med horisontell deponering, testning av metod för nedsättande av bentonitbuffert och kapslar i de borrhålen samt återfyllning och pluggning av deponeringstunnlar. Ett prototypförvar i full skala har utförts och ett försök med återtagning av kapsel från ett deponeringshål har genomförts.

Figur 2-5 visar den senaste utformningen av deponeringsmaskinen för hantering av kapslar i slutförvaret.

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 i full skala även olika hanteringsutrustningar för kapslar. Laboratoriet ska i framtiden även kunna användas för utbildning och träning av operatörer till inkapslingsanläggningen.



**Figur 2-4.** Äspölaboratoriet.





*Figur 2-5. Nyutvecklad deponeringsmaskin för hantering av kapslar i slutförvaret.*

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 rutinmässiga 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 det vill säga platsundersökningar, projektering och detaljundersökningar redovisas i kostnadssammanställningen under rubriken slutförvar.

### **2.3.2 Clab – Centralt mellanlager för använt kärnbränsle**

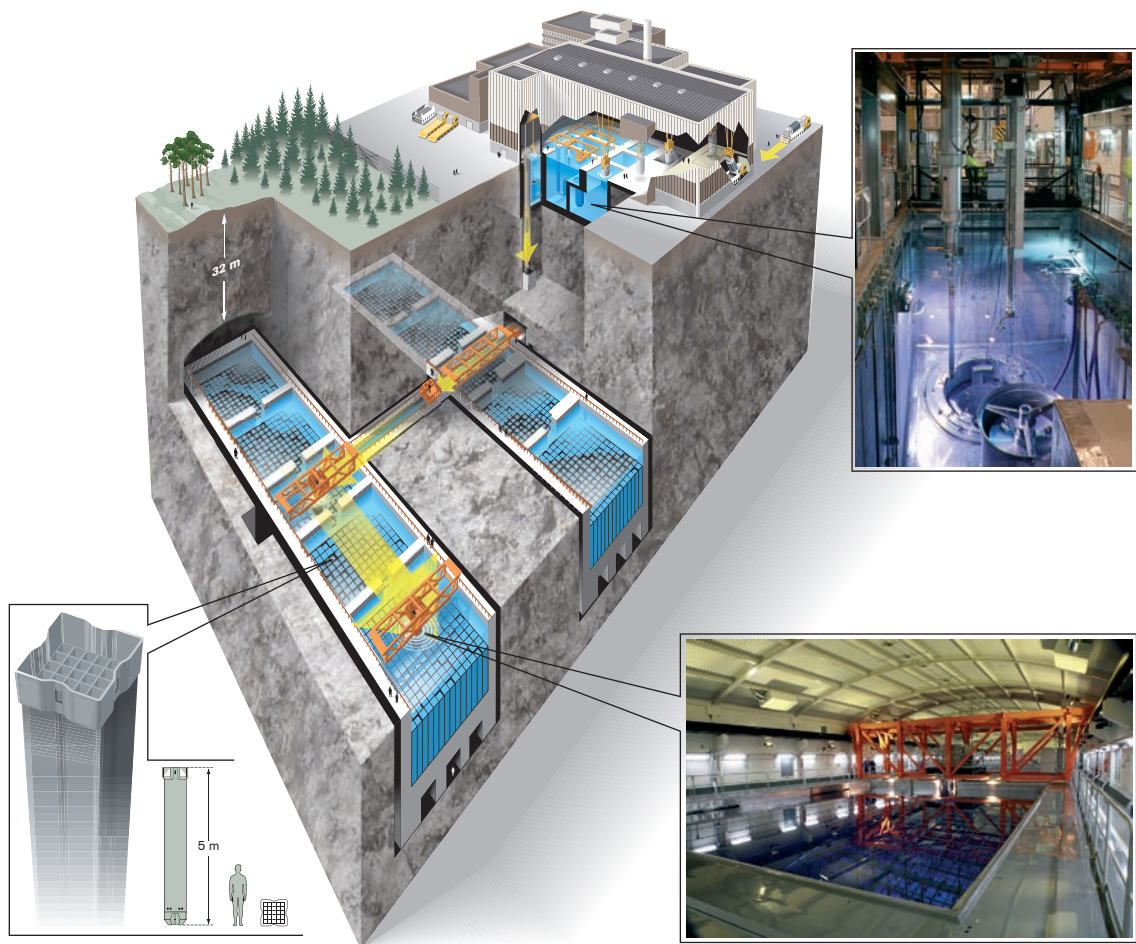
Clab är placerat intill Oskarshamnsverket. Lagret som togs i drift 1985 dimensionerades ursprungligen för att lagra cirka 3 000 ton bränsle (uranvikt) i fyra bassänger. Genom att införa nya lagringskassetter har kapaciteten i dessa bassänger ökat till cirka 5 000 ton. Ett nytt bergum med lagringsbassänger har nyligen tagits i drift och lagringskapaciteten har därmed ökat till 8 000 ton.

Vid årsskiftet 2008/2009 förväntas bränsle motsvarande 4 900 ton uran utbränd vikt (cirka 5 130 ton uran initialvikt) finnas i anläggningen. I anläggningen förvaras även hårdkomponenter och interna delar, som ska deponeras i slutförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall.

Clab består av en ovanmarksdel för mottagning av bränsle och en undermarksdel med förvaringsbassängerna. I ovanmarksdelen inryms även utrustning för ventilation, vattenrening och kylning, avfallshantering, elsystem med mera jämte utrymmen för administration och driftpersonal. Mottagning av bränsle och all hantering sker under vatten i bassänger.

Förvaringsbassängerna är placerade i bergum och utförda i betong med rostfri plåtinklädnad. Bassängerna är dimensionerade för att motstå jordbävning.

Den fasta personalstyrkan under drift är för närvarande cirka 80 personer. SKB driver anläggningen med egen personal.



**Figur 2-6.** Clab.

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

Kostnaderna för Clab baseras på hittillsvarande erfarenheter och förnyade genomgångar av anläggningens framtida behov av underhåll och reinvesteringar.

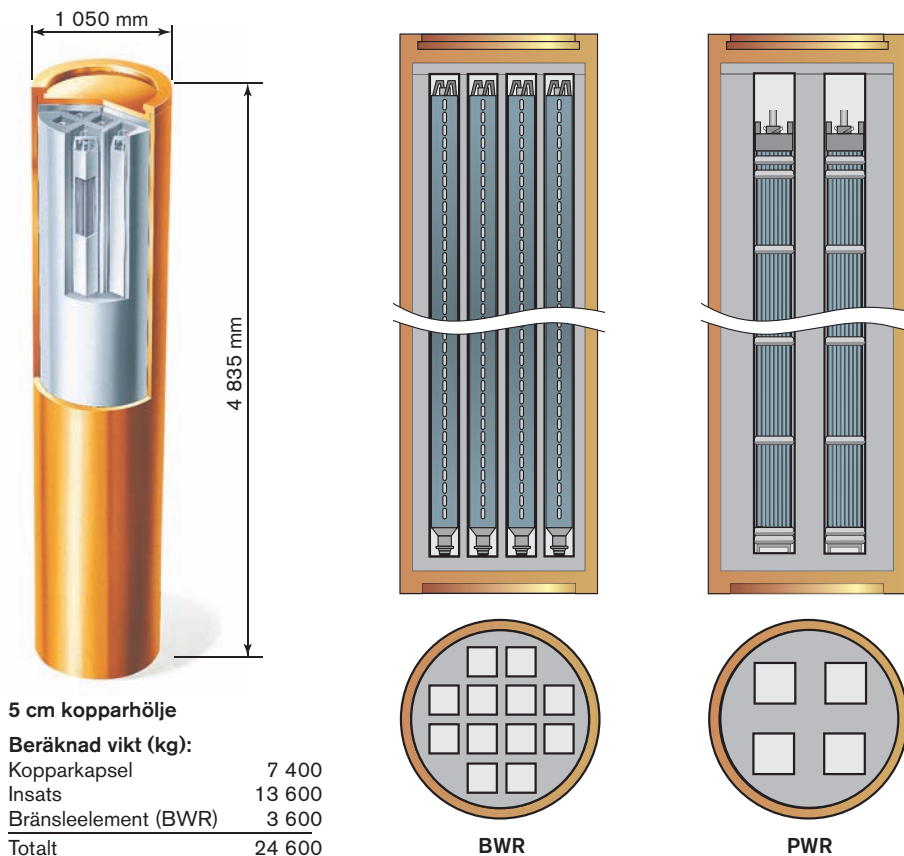
### 2.3.3 Inkapsling av använt kärnbränsle

#### **Kapselabrik**

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

Kapselkonstruktionen i referensutförningen består av en yttre 5 cm tjock korrosionsbarriär av koppar i form av ett rör med lock och botten, se figur 2-7. Den kopparkvalitet som specificeras är en 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. Referensutförningen baseras i dag på extrudering av rör.



**Figur 2-7.** Kopparkapsel med insats av segjärn.

Inuti kopparröret finns den gjutna insatsen med kanaler för bränsleelementen. Insatsen tjänstgör också som den tryckbärande komponenten i konstruktionen. Materialet i insatsen är segjärn. I dag har insatserna gjutits och grovbearbetats på flera gjuterier såväl i Sverige som i andra länder. Locket till insatsen tillverkas ur valsad stålplåt. Ämnen till insatslock skärs fram ur den valsade stålplåten och färdigbearbetas.

Till kapselfabriken levereras komponenter såsom rör, lock och botten av koppar samt insatser av segjärn med stållock där de 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 och tillsammans med tillhörande stållock och kopparlock levereras detta paket till inkapslingsanläggningen. Ett detaljerat leveranscertifikat medföljer kapseln med dokumentation av material och tillverkning.

Kapselfabriken planeras bli en byggnad på cirka 7 000 m<sup>2</sup> med lokaler för underhållsverkstad, kontor och kontrollaboratorium. Personalbehovet uppskattas till cirka 20 personer.

### **Inkapslingsanläggning**

Innan det använda kärnbränslet placeras i slutförvar ska det kapslas in i den kapsel som beskrevs ovan. Kapseln rymmer upp till 12 BWR-element med ytterhöljen, så kallade boxar, eller 4 PWR-element. Inkapslingen planeras ske i en ny anläggning sammanbyggd med Clab, se figur 2-8. Inkapslingsanläggningen och Clab kommer att drivas som en gemensam anläggning under namnet Clink.



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 färdiga kapslar. Transport från anläggningen till slutförvaret sker i strålskärmande transportbehållare.
- Hjälpssystem med bland annat 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 den takt med vilken bränsle kan tillföras med hänsyn till den minsta lagringstid i Clab som behövs för att bränslet ska avklinga till en lämplig nivå. I referensscenariot med en total omfattning av 6 000 kapslar kommer produktionstakten under större delen av driftperioden att ligga kring 150 kapslar per år för att mot slutet gå ner till 100.

Inkapslingen kommer huvudsakligen att ske på dagtid. I uppskattningen av personalbehovet har hänsyn tagits till de samordningsfördelar avseende organisation och bemanning som fås då inkapslingsanläggningen byggs samman med Clab.

Inkapsling av använt kärnbränsle påbörjas 2023 med en provdrift som omfattar cirka 20 kapslar. Rutinmässig drift tar sedan vid året därpå.

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



**Figur 2-8.** Inkapslingsanläggning för använt kärnbränsle sammanbyggd med Clab.

## 2.3.4 Slutförvar för använt kärnbränsle

### Lokalisering och platsundersökningar

Arbetet med lokalisering av slutförvaret inleddes 1992 och har i stort följt den plan som redovisades i Fud-program 92. Arbetet har bedrivits stegvis med förstudier följt av platsundersökningar och nu pågår det avslutande arbetet med val av lokalisering.

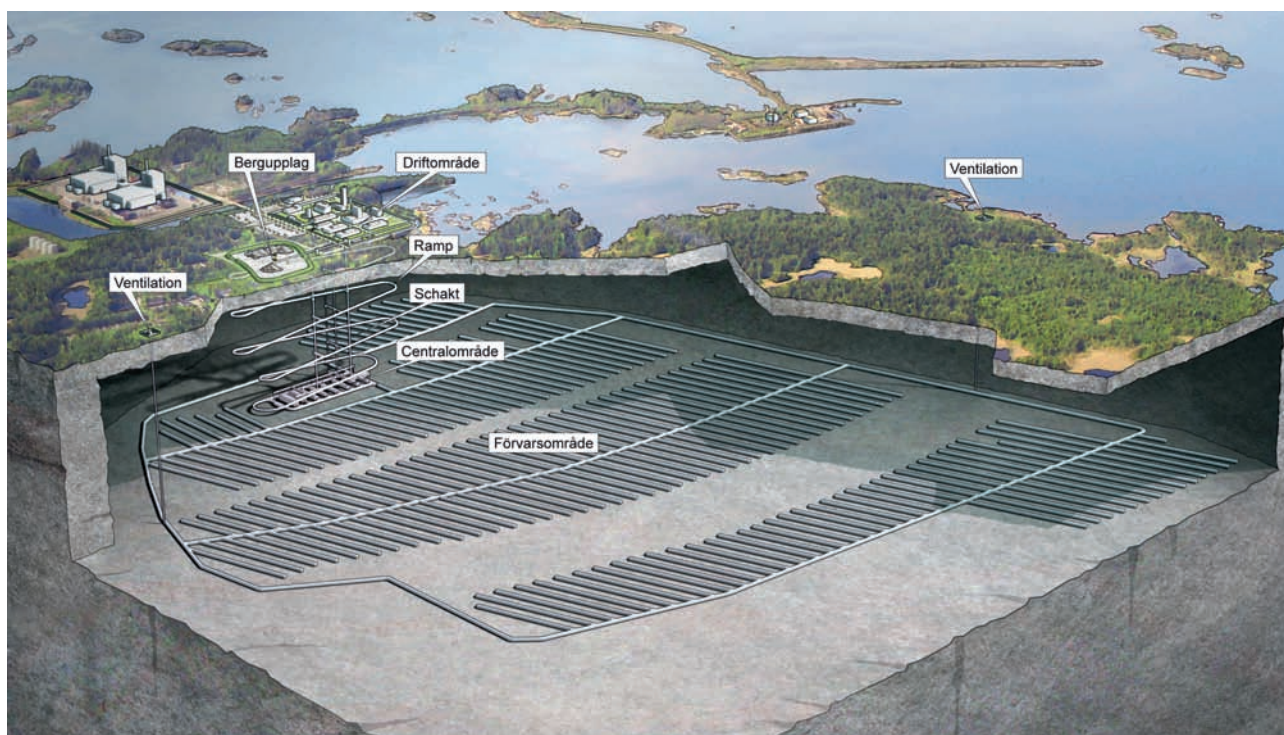
Efter att åtta förstudier genomförts beslutade regeringen den 1 november 2001, med utgångspunkt från SKB:s komplettering till Fud 98 (Fud-K), att ge SKB klartecken för att inleda platsundersökningar. I och med att kommunfullmäktige i Oskarshamn respektive Östhammar beslutade att med vissa villkor låta SKB genomföra platsundersökningarna kunde dessa inledas under 2002.

Platsundersökningarna har syftat till att få fram detaljerat underlag avseende berget för de säkerhetsanalyser och konstruktionsstudier som kommer att utgöra underlag till ansökan för tillståndsprövningen av slutförvaret. En sådan ansökan om uppförande av slutförvaret beräknas kunna inlämnas sommaren 2010. Under tillståndsprövningen fortsätter viss övervakning på den valda platsen, bland annat av grundvattennivåer, medan undersökningsverksamheten på den ej valda platsen avvecklas.

Avveckling av platsundersökningar pågår i dag. I kostnadsberäkningarna, som omfattar tiden från och med 2010, återfinns kostnader enbart för det första året. Dessa kostnader redovisas i tabell 2-5 som en egen kostnadspost.

### Anläggningsutformning

Lokaliseringen av slutförvaret för använt kärnbränsle antas i referensscenariot vara en plats sydost om Forsmarks kärnkraftverk, figur 2-9. Anläggningen består av en ovanmarksdel och en undermarksdel.



Figur 2-9. Huvuddelarna av slutförvarsanläggningen för använt kärnbränsle i Forsmark.

## **Undermarksdel**

Undermarksdelen består av ett centralområde och ett förvarsområde samt förbindelser till ovanmarksdelen i form av schakt för hissar och ventilation och en ramp för fordonstransporter. Enligt KBS-3-metoden ska slutförvaret ligga på ett djup i intervallet 400–700 meter under markytan. För att undvika vattenförande strukturer och begränsa bergspänningarna har förvarsnivån i Forsmark valts till 475 meter.

Figur 2-9 visar förvarsområdets utbredning baserad på resultaten från platsundersökningarna. Avståndet mellan kapslarna och mellan deponeringstunnlarna bestäms av temperaturutvecklingen kring kapseln och då främst temperaturen i den omgivande bentoniten. Bentonit är en lera som sväller vid vattenupptagning och har till uppgift att skydda kapseln samt fördröja utsläpp om kapselns ytskikt skulle penetreras. Avståndet mellan kapslarna bestäms på detta sätt 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 meter och ett tunnelavstånd på 40 meter. Den visade utbredningen innefattar dessutom 13 % reservkapacitet för bortfall av deponeringshål. Förvarsområdet är beläget i en så kallad tektonisk lins med fördelaktiga bergegenskaper.

Referensutformningen bygger på alternativet med ett sammanhållet driftområde ovan mark och spiralformad ramp för tunga och skrymmande transporter. Därtill ett antal schakt för transporter, mediaförsörjning och ventilation. För att förkorta byggtiden drivs ett hissachakt för bergmassor, så kallat skipschakt, i form av ett sänkschakt<sup>11</sup> parallellt med utsprängningen av rampen. Under driftperioden kommer skipschaktet att utnyttjas för transport av berg- och återfyllnadsmassor och rampen huvudsakligen för transport av transportbehållare med kapsel.

Centralområdet innehåller utrymmen med funktioner för driften av undermarksdelen och är placerat rakt under driftområdet på markytan. Det består av en rad parallella hallar som har olika funktioner för driften under mark. Hallarna binds samman med dels de tunnlar som utgör de genomgående transportvägarna i centralområdet, dels lokala tunnlar för kommunikation och service.

## **Ovanmarksdel**

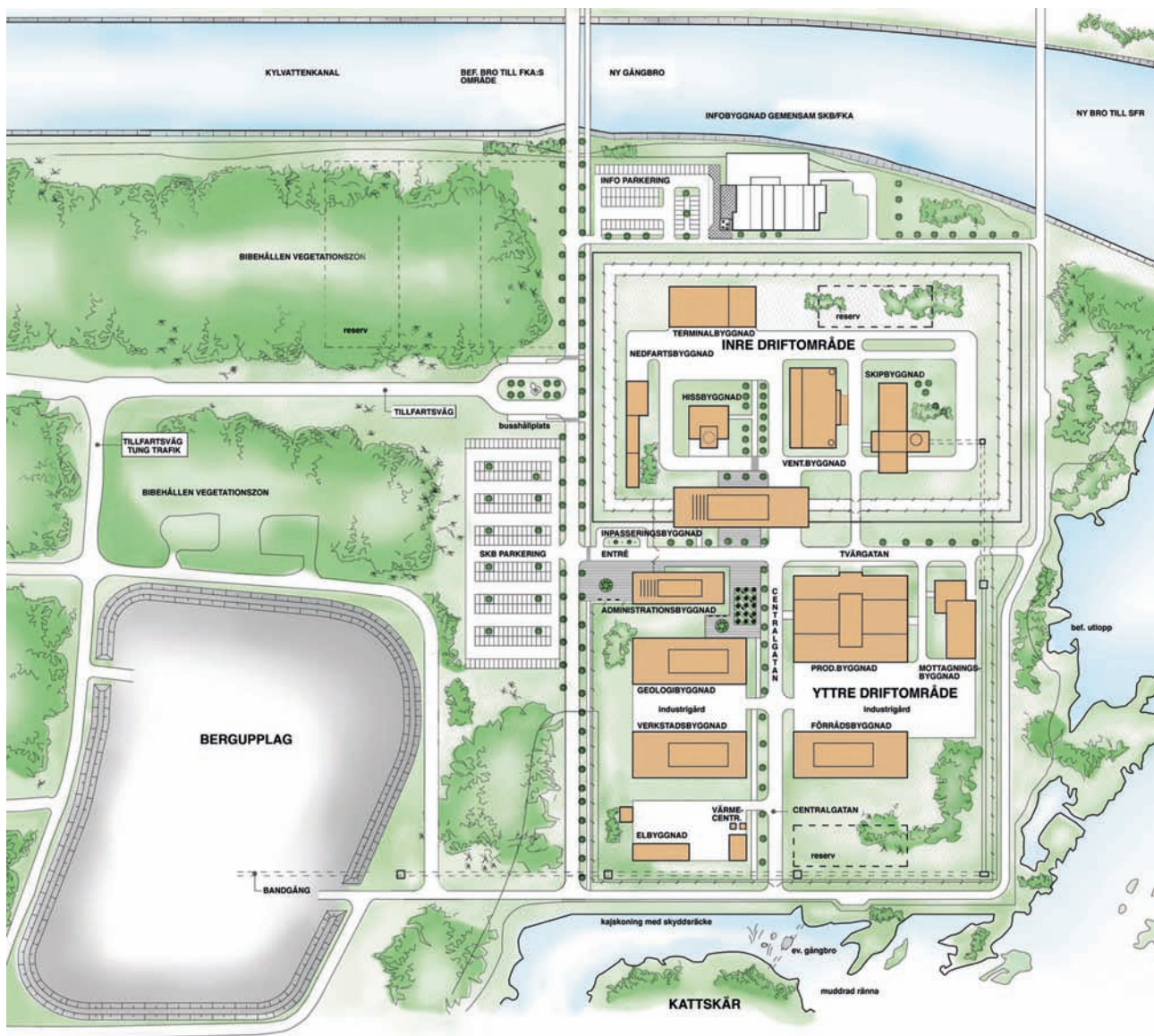
Ovanmarksdelen omfattar driftområde, bergupplag, ventilationsstationer och förråd, se figur 2-10. Huvuddelen av anläggningsdelarna är samlade i ett driftområde som är uppdelat i ett yttre och ett inre driftområde. I det inre driftområdet bedrivs den kärntekniska delen av verksamheten ovan mark. Det yttre driftområdet innehåller produktionsanläggningen för buffert och återfyllning och ett antal byggnader avsedda för driftfunktioner, service och underhåll samt personal.

Det inre driftområdet innehåller de byggnader som har tillträdesvägar till anläggningens undermarksdel och det utgör därför ett bevakat område med en särskild inpasseringsbyggnad för att tillgodose krav på in- och utpasseringskontroll. På det inre driftområdet finns även en terminalbyggnad som utgör mottagnings- och omlastningsplats för kapslar med använt kärnbränsle som anländer i kapseltransportbehållare (KTB). I referensscenariot transporteras dessa behållare från inkapslingsanläggningen med m/s Sigyn till hamnen i Forsmark vid SFR. SKB:s terminalfordon transporterar dem vidare till slutförvarsanläggningens terminalbyggnad. I terminalbyggnaden sker mellanlagring av transportbehållarna innan de transporteras ned till undermarksdelen för tömning.

---

<sup>11</sup> Sänkschakt är ett schakt som drivs från markytan och ner till avsett djup. Detta till skillnad från så kallad stigortsdrivning som sker nerifrån och upp antingen genom borrhning och sprängning eller genom att en borkrona dras upp genom ett hål med liten diameter som förborrats. Den senare metoden är billigare och används för övriga schakt i anläggningen.





Figur 2-10. Slutförvarsanläggningen för använt kärnbränsle i Forsmark – ovanmarksdel.

Bergupplaget är ett mellanlager för utsprängda bergmassor i väntan på att dessa kan avyttras. Upplaget har sin placering i närheten av driftområdet och bergmassorna transporteras till upplaget med bandgång från skipbyggnaden i det inre driftområdet.

Av översiktsbilden i figur 2-9 framgår även tänkta lägen för två ventilationsstationer för förvarsområdets frånluft.

Förutom nämnda ovanmarksdelar finns ett förråd för bentonit och återfyllningsmaterial som är beläget vid mottagningshamnen i Hargshamn, cirka 30 kilometer söder om Forsmark. Där sker omlastning och lagring av material för produktion av buffert och återfyllning före transporten till produktionsanläggningen som ligger på det yttre driftområdet.

### Verksamheter och funktioner

När anläggningen uppförts och villkor för drifttagande uppfyllts och godkänts av myndigheterna startar den kärntekniska verksamheten med skede provdrift. De huvudsakliga driftverksamheterna är bergarbeten, deponeringsarbeten och produktion/transport av buffert och återfyllnad. Verksamheterna innebär att kapslar deponeras samtidigt som nya deponeringstunnlar sprängs ut och buffert och återfyllnad produceras.

Både deponeringsarbeten och bergarbeten kan påbörjas direkt när provdriften startar i och med att det under anläggningens uppförande har iordningställts ett antal deponeringstunnlar med tillhörande transport- och stamtunnlar. Stamtunnlar betecknar de transport- och hanterings-tunnlar som ligger i omedelbar anslutning till deponeringstunnlarna och sammanbinder dessa. Deponeringstakten ökas successivt efter provdriftsskedet för att närma sig den takt som ska gälla under rutinmässig drift. Parallellt med att provdriften pågår utvärderas erfarenheterna från denna för att ligga till grund för tillstånd för rutinmässig drift.

Totalt kommer cirka 225 personer att vara sysselsatta vid slutförvarsanläggningen.

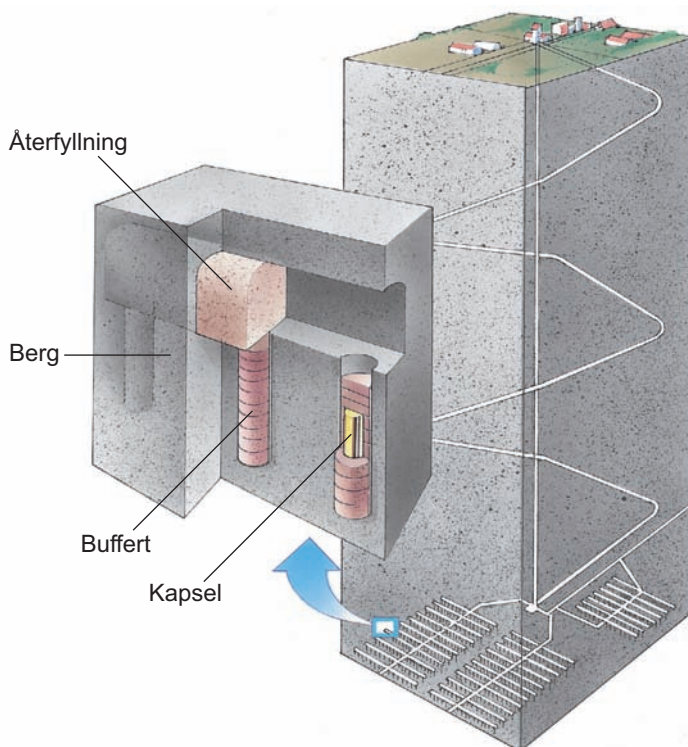
### **Bergarbeten**

Med bergarbeten avses alla aktiviteter som krävs för att spränga ut tunnlar och borra deponeringshål, inklusive förberedelser och detaljundersökningar. Det ingår även att förse tunnlar med tillfälliga installationer för ventilation, el, belysning och länshållning. Bergarbeten kommer att utföras enligt metoden borring och sprängning med i huvudsak standardiserad utrustning. En för ändamålet särskilt utvecklad utrustning används för borring av deponeringshål. Bergarbetena i en deponeringstunnel anses avslutade då tunneln är klar för deponeringsarbeten.

Bergmassor transporteras med dumper från sprängningsplatsen i förvarsområdet till berglaststationens tömningsficka i centralområdet. Bergmassorna passerar genom berglaststationens kross och silo för att sedan med skippen transporteras upp till driftområdet och vidare till bergupplaget.

### **Deponeringsarbeten**

Deponeringsarbeten omfattar förberedelser för deponering, placering av buffert av bentonit i deponeringshålet, deponering av kapsel, samt återfyllning och förslutning av deponeringstunneln, se figur 2-11.



**Figur 2-11.** KBS-3 med vertikal deponering.

Återfyllning av deponeringstunneln påbörjas när den sista kapseln i tunneln har deponerats. Förenklat innebär återfyllningsarbetena att tunneln fylls med block av svällande lera. Utrymmet närmast bergytan fylls med pellets av samma material som blocken. När deponeringstunneln har återfyllts i sin helhet, försluts den genom att en betongplugg gjuts i deponeringstunnelns mynning. Betongpluggar har ingen långsiktig funktion efter det att hela slutförvaret återfyllts.

### **Buffert och bentonit**

Bufferten omger den deponerade kapseln och är en av barriärerna i slutförvaret. Bufferten består av pressad bentonit. Under och ovanpå kapseln består bufferten av block och längs kapselns mantelyta består den av ringar. Därutöver finns pelletar eller granuler (korn) av bentonit för att fylla spalter mellan blocken/ringarna och berget i deponeringshålet.

Återfyllningen ersätter det utsprängda berget i deponeringstunnlarna. Den består av pressade block av lera som staplas i tunnarna och pelletar av samma material för utfyllnad i spalten mellan block och tunnelvägg.

Bentonit och återfyllningsmaterial tas in med fartyg till hamnen i Hargshamn där lagring i lös vikt sker i förråd. Därifrån transporteras materialet till produktionsbyggnaden på det yttre driftområdet där tillverkning av buffert sker genom pressning av bentoniten till block, ringar och pelletar med hög densitet.

De färdiga blocken för buffert och återfyllning transporteras in till inre driftområdet via inpasseringsbyggnaden till skipbyggnaden. Transporten ner till centralområdet sker med skip och därefter med fordon ut till användningsstället i deponeringstunnlarna.

## **2.4 Beskrivning av anläggningar inom programmet för låg- och medelaktivt avfall (Loma)**

### **2.4.1 Slutförvar i SFR för kortlivat radioaktivt driftavfall**

Vid Forsmarks kärnkraftverk drivs sedan 1988 ett slutförvar för driftavfall från kärnkraftverken benämnt SFR. Anläggningen är placerad under Östersjön med cirka 60 meter bergtäckning. Från hamnen i Forsmark leder två stycken en kilometer långa tillfartstunnlar ut till förvarsområdet. I SFR slutlagras även radioaktivt avfall från Clab och likartat radioaktivt avfall från icke elproducerande verksamhet, bland annat Studsvik.

SFR består i dag av fyra stycken 160 meter långa bergsalar samt ett 70 meter högt cylindriskt bergtrum som innehåller en betongsilo. I silon placeras det avfall, som innehåller huvuddelen av de radioaktiva ämnena. Figur 2-12 visar en skiss av SFR och bilder från olika förvarsutrymmen.

För referensscenariot med 50 års drift av reaktorerna i Forsmark och Ringhals och 60 år för Oskarshamn, uppskattas att SFR kommer att ta emot totalt cirka 50 000 m<sup>3</sup> driftavfall. Kapaciteten i nuvarande SFR är för närvarande cirka 63 000 m<sup>3</sup>. Behovet av en utbyggnad för vissa typer av lagringsutrymme i SFR för denna typ av avfall utreds för närvarande men en sådan är inte inkluderad i den föreliggande kalkylen. Detta berör särskilt förvarsdelarna BLA och BMA.

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

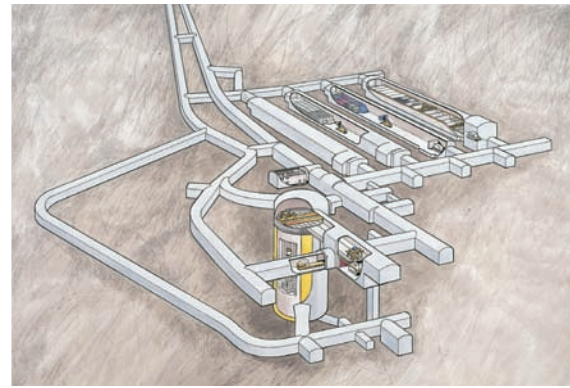
Vissa avfallskategorier kringgjuts efter att de har deponerats i de olika bergsalarna. Det finns även möjlighet att kringgjuta avfallet ytterligare när anläggningen försluts.

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





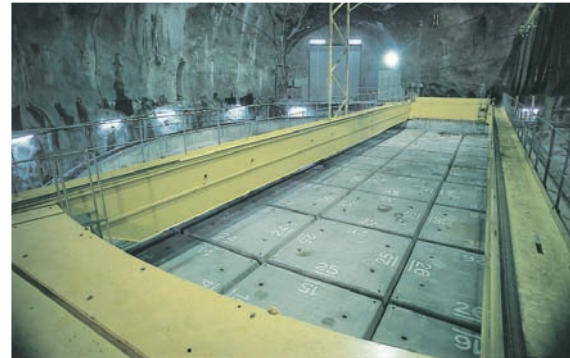
Vy över ovanjordsdelen



SFR under jord



Lager för medelaktivt avfall



Vy över silotopp

**Figur 2-12. SFR.**

För drift och underhåll finns en driftgrupp bestående av sju personer från Forsmarksverket. Härtill kommer stödtjänster från Forsmarksverkets ordinarie basorganisation. Man anlitar även externa entreprenörer för delar av underhållsverksamheten. Totalt åtgår cirka 15 manår per år för drift och underhåll av SFR. SKB planerar att ta över driften i egen regi under 2009.

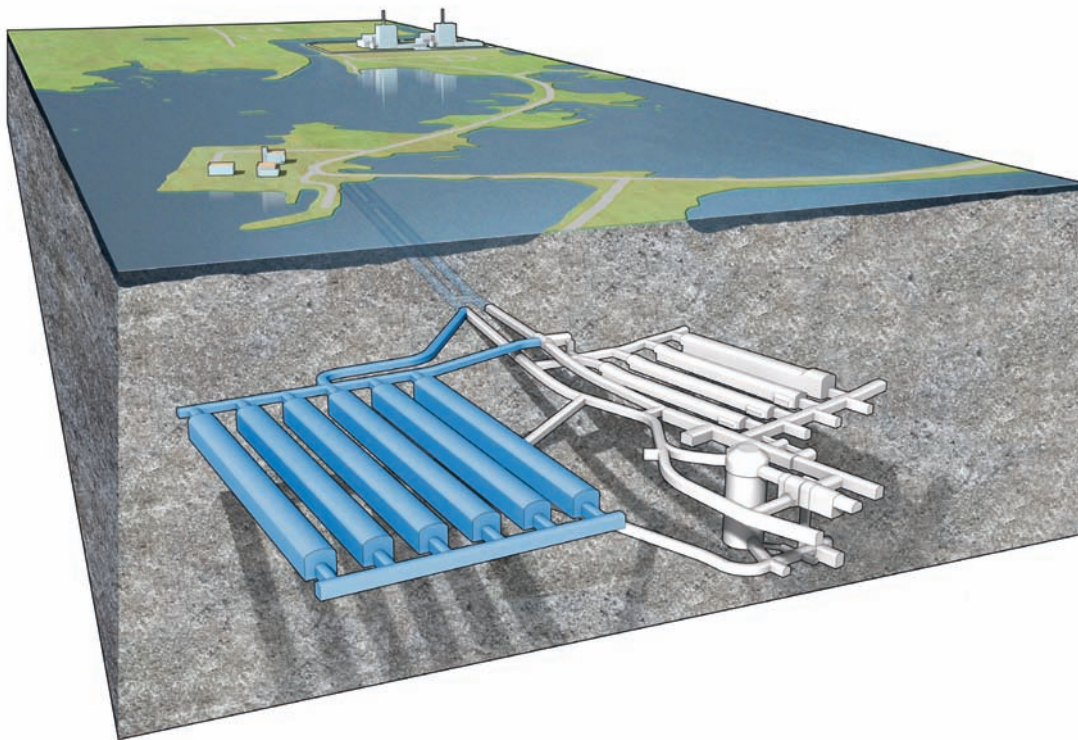
I referensscenariot antas att slutförvaret för rivningsavfall och slutförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall kommer att byggas vid SFR. Behovet av personal på platsen antas oavsett detta kunna hållas på samma nivå som i dag varför det i framtiden mera blir en fråga om att fördela en i det närmaste konstant driftkostnad mellan de olika förvaren. Betydelsen av detta ligger i att kostnader för omhändertagande av driftavfall i SFR, till skillnad från rivningsavfall eller långlivat avfall, ej inkluderas i grundkostnaden (se kapitel 3) och således finansieras utanför Kärnavfallsfonden.

Den nuvarande anläggningen tillsammans med utbyggnaden som beskrivs i nästa avsnitt, antas utifrån planeringsförutsättningarna i referensscenariot komma att förslutas och avvecklas gemensamt med slutförvaret för det långlivade låg- och medelaktiva avfallet.

Vid årsskiftet 2008/2009 förväntas cirka 32 900 m<sup>3</sup> avfall ha deponerats i SFR.

#### **2.4.2 Slutförvar i SFR för kortlivat radioaktivt avfall från rivningen**

Det kortlivade rivningsavfallet från kärnkraftverken och från Studsvik och Ågesta planeras att bli deponerat i SFR efter att SFR byggts ut för detta ändamål. Utbyggnaden kommer att bestå av bergsalar av liknande typ som i nuvarande SFR. Huvuddelen av rivningsavfallet kan transporteras i standardcontainrar vilka, utan att tömmas, placeras i dessa bergsalar. Totalt kommer cirka 155 000 m<sup>3</sup> rivningsavfall att lagras. Enligt planerna kommer SFR efter utbyggnaden att utnyttjas optimalt med avseende på avfallskategorierna innebärande att samma bergtrum ska kunna utnyttjas för deponering av såväl driftavfall som rivningsavfall.



*Figur 2-13. SFR med den tänkta utbyggnaden.*

Härdkomponenter och reaktordelar från rivning av kärnkraftverken planeras bli deponerade i slutförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall, se avsnitt 2.4.4.

Beträffande personalstyrka under drift gäller vad som sades om det befintliga SFR under föregående avsnitt.

Tidpunkten för inlastning av rivningsavfall bestäms av tidsplanen för rivning av reaktor-anläggningarna.

### **2.4.3 Anläggningar vid kärnkraftverken för mellanlagring eller deponering av låg- och medelaktivt avfall**

De anläggningar som i dag finns inom kraftverksområdena vid våra kärnkraftverk för hantering av låg- och medelaktivt avfall är dels sådana som omfattas av tillståndet att inneha reaktor-anläggningen, dels sådana där särskilt tillstånd är utfärdat. De förra behandlas inte i denna rapport.

De som drivs med särskilt tillstånd är för närvarande:

- Ett markförvar (slutligt) för mycket lågaktivt driftavfall vid Forsmark.
- Ett markförvar (slutligt) för mycket lågaktivt driftavfall vid Oskarshamn.
- Ett bergförlagt torrt mellanlager vid Oskarshamn för kortlivat driftavfall från OKG och för långlivat avfall (härdkomponenter) från samtliga kärnkraftverk. Mellanlagret går under beteckningen BFA.
- Ett markförvar (slutligt) för mycket lågaktivt driftavfall vid Ringhals.
- Ett mellanlager för driftavfall vid Ringhals. Mellanlagret går under benämningen kokill-förrådet.

Den del av BFA som utnyttjas gemensamt av de olika kraftverken inkluderas i kostnadskalkylen under objektet BFA. Drifttillståndet för BFA innehas av OKG Aktiebolag. SKB har en avtalad



nyttjanderätt i BFA omfattande 38 % av den totala lagringskapaciteten. Tidigast i början av år 2012 räknar SKB med att kunna börja ta emot hårdkomponenter i BFA från samtliga kärnkraftverk i Sverige (åtminstone till dess att den planerade utbyggnaden av SFR har genomförts). Med hänsyn till tidsplanen för driftstart av mellanlagring i BFA samt Forsmarks Kraftgrupp AB:s planer för utbyte av interna delar kommer Forsmark Kraftgrupp AB att bygga ett eget mellanlager för långlivat avfall (hårdkomponenter) vilket de kommer använda till dess att avfallet kan transporteras till BFA. Tills vidare ingår inte förvaring av styrtavar och utrustning som innehåller klyvbart material i dessa planer utan detta kommer även fortsättningsvis att lagras i Clab.

Övriga anläggningar, de som betjänar enbart kraftverket på platsen, redovisas inte som ingående i referenskostnaden annat än att avvecklingen av anläggningarna ingår i den totala kostnaden för rivning av respektive kärnkraftverk.

BFA består av ett tunnelsystem som ligger nedsprängt i berget med cirka 20 meters bergtäckning. Utrymmet knyts ihop av en cirka 160 meter lång huvudtunnel med utsprängda förvaringsutrymmen på vardera sidan. På den ena sidan finns totalt sex stycken tunnlar utsprängda, cirka 45 meter långa, med ett centrumavstånd av cirka 25 meter. Två av dessa har inretts för förvaring av skrot och annat övrigt avfall samt betongtankar. På den andra sidan parallellt med huvudtunneln finns kokillförrådet förbundet med huvudtunneln genom två korta transporttunnlar.

#### **2.4.4 Slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall, SFL**

Slutförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall, benämnt SFL, avses rymma i huvudsak hårdkomponenter och reaktordelar samt långlivat låg- och medelaktivt avfall från Studsvik<sup>12</sup>. I referensscenariot deponeras även det kortlivade rivningsavfallet från Clab och inkapslingsanläggningen i detta förvar eftersom det antas att SFR vid tiden för rivning av dessa anläggningar är stängt.

SFL kan komma att samlokaliseras med något av de övriga slutförvaren. I referensscenariot antas härvid som en kalkylförutsättning att en samlokalisering sker med SFR, se avsnitt 2.2.3. SKB planerar att förlägga förvaret på djupet 300 meter med anslutning till befintliga ramper.

För nuvarande preliminära utformning gäller att 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 meter 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 meter.

Beträffande personalstyrka under drift se avsnitt 2.4.1.

## **2.5 Beskrivning av transportsystemet**

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

<sup>12</sup> Det långlivade avfallet från kärnkraftverken antas bli mellanlagrat i behållare varvid avklingningen kommer att underlätta den senare fortsatta hanteringen. Mellanlagringen kan arrangeras på olika sätt men i referensscenariot antas detta ske genom iordningställande av bergrum i anslutning till kärnkraftverket i Oskarshamn (BFA).

Transportsystemet, begränsat till sjötransporterna, utgörs av huvudkomponenterna fartyget m/s Sigyn, transportbehållare och terminalfordon. Systemet är utformat för att kunna användas för använt kärnbränsle och alla typer av kärnavfall.

M/s Sigyn har en lastkapacitet av 1 400 ton och är byggt för ro-ro-hantering. Lastning och lossning med kran är även möjlig. Driften och underhållet av fartyget sköts på entreprenad av rederiföretaget Destination Gotland.

Till årsskiftet 2008/2009 förväntas totalt cirka 4 900 ton bränsle utbränd vikt (cirka 5 130 ton bränsle initialvikt) ha transporterats från kärnkraftverken till Clab och cirka 32 900 m<sup>3</sup> låg- och medelaktivt avfall till SFR.

Vid transporter av använt kärnbränsle och hårdkomponenter till Clab används behållare som konstruerats för att uppfylla krav på strålskärning och tåla stora yttre påkänningar. En sådan transportbehållare rymmer cirka 3 ton bränsle. För transport av medelaktivt avfall till SFR används strålskärmande stålbehållare. De rymmer cirka 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 tio transportbehållare för använt bränsle, två för hårdkomponenter och 27 strålskärmande behållare för medelaktivt avfall.

Vid lastning och lossning transporteras behållarna kortare sträckor mellan lager och fartyg med hjälp av speciella terminalfordon, se figur 2-14. För närvarande används fem fordon.

Transporten av kapslar med använt kärnbränsle från inkapslingsanläggningen vid Clab till slutförvaret antas i referensscenariot ske med sjötransport till hamnen i Forsmark (beträffande lokalisering av slutförvaret se avsnitt 2.2.3). Slutförvaret antas vara lokaliserat nära hamnen och transporten till driftområdet vid slutförvaret kan ske direkt med terminalfordonen.

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.



*Figur 2-14. Terminalfordon med transportbehållare.*

Kostnaderna för transportsystemet baseras på hittillsvarande erfarenheter. I de framtida kostnaderna har hänsyn tagits till återkommande behov av nyanskaffning av såväl fartyg som fordon och transportbehållare.

## 2.6 Beräkningsmetodik

Kalkylen för referenskostnaden görs på traditionellt sätt enligt en så kallad deterministisk metod. Därmed menas en metod där förutsättningar är givna och låsta. Vanligtvis görs i en sådan kalkyl ett procentuellt påslag för oförutsett dock ej i SKB:s fall. I stället behandlas alla typer av osäkerheter separat inom riskanalysen som beskrivs i kapitel 3.

Som grund för kalkylen 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, till exempel för betonggjutning, bergsprängning och driftpersonal. Vid bedömningen av såväl mängder som enhetspriser har erfarenheter bland annat hämtats från tidigare utbyggnader av kärntekniska anläggningar, till exempel kärnkraftverken, Clab och SFR.

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 liknande. Dessa kostnader är likaså relativt väl kända och har beräknats utgående ifrån det bedömda servicebehovet under anläggningskedet.

Ett påslag görs slutligen för att beakta framtida reala prisförändringar inom olika sektorer av programmet. Dessa är huvudsakligen beroende av faktorer som återfinns i samhället i stort och över vilka SKB som projektansvarig har ingen eller begränsad kontroll. De benämns externa ekonomiska faktorer (EEF) och avser kostnadsutvecklingen på lönesidan (inklusive produktivitetutveckling), kostnaden för olika insatsmaterial och maskiner samt växelkurser. Med ”reala” prisförändringar menas prisförändringar utöver den allmänna inflationen i samhället uttryckt genom konsumentprisindex, KPI.

## 2.7 Kostnadsredovisning

### 2.7.1 Framtida kostnader

Kostnaderna för olika anläggningar redovisas i tabell 2-5 under posterna *investering, drift och underhåll* samt *rivning och återfyllning* (återfyllning av bergrum). Till *investering* hänförs normalt endast de kostnader som uppkommer innan en anläggning eller en anläggningsdel tas i drift eller större reinvesteringar när en anläggning nått en betydande ålder (till exempel för Clab). I slutförvaret för använt kärnbränsle, där utbyggnaden av deponeringstunnlarna kommer att ske fortlöpande under deponeringsskedet (driftsskedet), ingår emellertid även kostnaderna för detta arbete i *investeringen*.

**Tabell 2-5. Sammanställning av framtida kostnader för referensscenariot från och med 2010, prisnivå januari 2008.**

		<b>Kostnad per kostnadslag MSEK</b>	<b>Kostnad per anläggning MSEK</b>
<b>SKB centralt och Fud</b>			9 180
<b>Transporter</b>	investering	1 510	3 560
	drift och underhåll	2 050	
<b>Clab</b>	investering	1 410	7 040
	drift och underhåll	5 010	
	rivning	620	
<b>Inkapslingsanläggning</b>	investering	2 550	13 190
	drift och underhåll	10 450	
	rivning	190	
<b>Slutförvar för använt kärnbränsle, SFK</b>			
– Yttre anläggningar	investering och drift		560
– Platsundersökningar			100
– Driftområden ovan mark	investering	3 250	8 760
	drift och underhåll	5 370	
	rivning	140	
– Anläggningar under mark	investering	8 290	14 550
	drift och underhåll	1 970	
	rivning och återfyllning	4 290	
<b>Slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall, SFL</b>	investering	490	1 500
	drift och underhåll	660	
	rivning och återfyllning	350	
<b>Markdeponier vid kraftverken för mycket lågaktivt avfall</b>	drift och underhåll	50	50
<b>Slutförvar för låg- och medelaktivt driftavfall, SFR</b>	investering	140	910
	drift och underhåll	770	
	rivning och återfyllning		
<b>Mellanlager för låg- och medelaktivt drift- och rivningsavfall – BFA med flera</b>	investering	50	130
	drift och rivning	80	
<b>Slutförvar för kortlivat låg- och medelaktivt rivningsavfall, SFR</b>	investering	1 030	2 750
	drift och underhåll	1 490	
	rivning och återfyllning	230	
<b>Rivning av reaktorläggningar</b>	drift vid avställda kärnkraftblock	2 480	15 860
	rivning	13 380	
<b>Totalt referenskostnad (exklusive EEF och påslag för oförutsett och risk)</b>			<b>78 140</b>

Kostnaderna i tabell 2-5 avser en bästa kostnadsuppskattning baserad på gällande underlag för referensscenariot. Inga justeringar har gjorts för reala prisförändringar enligt externa ekonomiska faktorer EEF. Vidare ingår inget påslag för oförutsett och risk. Påslag för EEF och oförutsett och risk behandlas i kapitel 3 där endast scenariot baserat på 40 års drift av reaktorer redovisas.

Referenskostnaden uppgår till totalt 78,1 miljarder kronor. Av dessa faller 62,2 miljarder inom SKB:s verksamhetsområde och är därmed gemensamma för tillståndshavarna, så kallade samkostnader. Resterande utgör kostnader för verksamheter där varje tillståndshavare har ett eget kostnadsansvar, så kallade särkostnader.

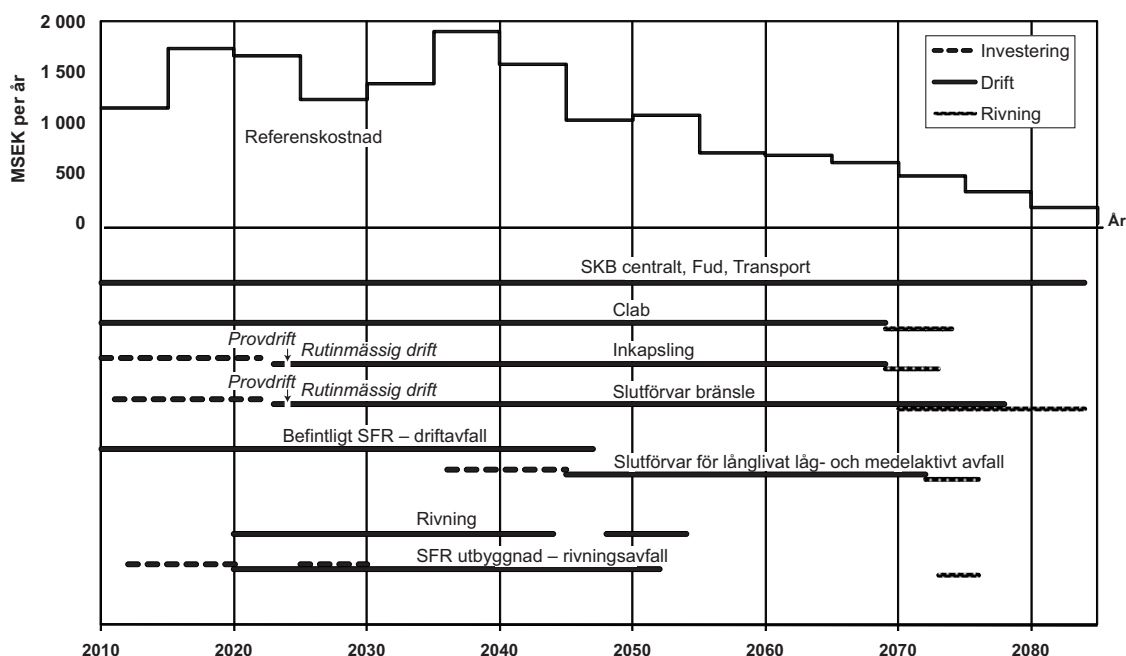
Figur 2-15 visar referenskostnaden fördelad i tiden. För information visas även en förenklad tidsplan för de olika anläggningarna för att ge en uppfattning om den påverkan dessa har på kostnadsflödet. Bland annat framgår det att de två kostnadstopparna i diagrammet härrör dels från investeringen i inkapslingsanläggning och slutförvar för använt kärnbränsle, dels från rivningen av kärnkraftverken.

## 2.7.2 Nedlagda och budgeterade kostnader

Tabell 2-6 redovisar i löpande prisnivå nedlagda kostnader till och med 2007 samt prognos för kostnadsutfallet 2008 respektive budgeterade kostnader för 2009. (Den i avsnitt 2.7.1 redovisade referenskostnaden innefattar kostnaderna från och med 2010.)

De kostnader för upparbetning som förekom i ett tidigt skede är ej medtagna.

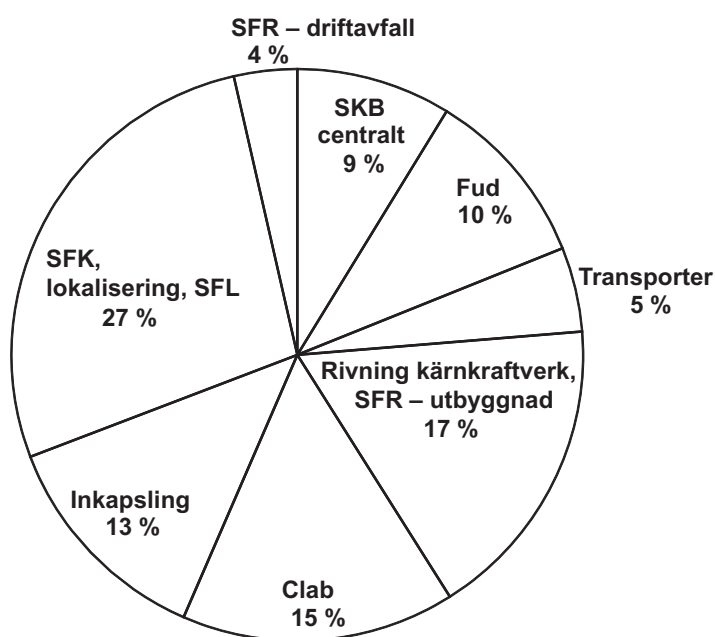
Hur den totala kostnaden, nedlagda och framtida, fördelar sig på olika anläggningar framgår av figur 2-16. Fördelningen är baserad på prisnivå januari 2008 varvid tidigare nedlagda kostnader har räknats upp med konsumentprisindex KPI.



Figur 2-15. Tidsfördelningen av de framtida kostnaderna för referensscenariot samt översiktliga tidsplaner för anläggningarna.

**Tabell 2-6. Nedlagda kostnader till och med 2007 samt prognos för utfallet 2008 och budgeterat för 2009, löpande prisnivå.**

	Nedlagt till och med 2007 MSEK	Utfall 2008 (prognos) MSEK	Budget år 2009 MSEK	Summa till och med 2009 MSEK
SKB centralt	1 810	262	282	2 354
Fud	5 041	327	370	5 738
Transport				
– investering/reinvestering	213	6	7	226
– drift	688	35	34	757
Clab				
– investering/reinvestering	3 479	73	119	3 671
– drift	1 616	110	136	1 862
Inkapslingsanläggning				
– investering	289	21	30	340
Slutförvar för använt kärnbränsle (lokalisering, platsundersökningar och projektering)	2 519	307	256	3 082
SFR och övrigt inom Loma				
– investering/reinvestering	949	67	102	1 118
– drift	624	44	75	743
<b>Totalt</b>	<b>17 228</b>	<b>1 252</b>	<b>1 411</b>	<b>19 891</b>



**Figur 2-16.** Fördelningen av den totala kostnaden (nedlagda och framtida) för referensscenariot innebärande drift av reaktorer i Forsmark och Ringhals i 50 år och i Oskarshamn 60 år. Prisinivå januari 2008.



## **3 Kostnader enligt finansieringslagen**

### **3.1 Driftscenarier för reaktorerna samt energiproduktion och avfallsmängder**

Som framgick av översikten i kapitel 1 behöver ett antal kalkyler med olika omfattning och förutsättningar göras för få fram de belopp som krävs enligt finansieringslagen och förordningen. Alla dessa kalkyler utgår emellertid från referenskalkylen, det vill säga den som baseras på referensscenariot enligt kapitel 2. Utifrån den görs en nedskalning och omformning för att de olika kalkylerna ska stämma överens med de krav som regelverket ställer.

De viktigaste styrande parametrarna är reaktorernas drifttider och de bränsledata som följer av detta. I referensscenariot följer man de aktuella planer som gäller för kraftföretagen men för kostnadsberäkningarna enligt finansieringslagen föreskriver regelverket vilka drifttider som ska gälla. Framförallt är det två driftscenarier som är av intresse och som kommer att redovisas här. Ett tredje, som inte redovisas, avser underlaget för fördelning av kostnaderna mellan tillståndshavarna.

Det ena driftscenariot avser underlaget för beräkning av avgiften. Där föreskrivs att de reaktorer som i dag är i drift ska antas drivas i 40 år. En minimitid om sex år ska dock beaktas om det inte finns konkret anledning att anta en tidigare avställning. Minimiregeln innebär för denna redovisning att alla reaktor ska drivas minst till och med 2015.

Det andra driftscenariot, som utgör underlag för finansieringsbeloppet, avser en avstämning vid ingången av det första avgiftsåret som kalkylen avser, i vårt fall således per den 31 december 2009. Med avstämning menas att man inventerar mängden använt bränsle som föreligger vid den angivna tidpunkten, inklusive det som befinner sig i reaktorhårdarna. Kostnaderna ska sedan beräknas med begränsning till denna mängd. Kostnader för rivning av kärnkraftverken ingår dessutom i alla kalkyler. Detta kalkylalternativ behandlas med i princip samma detaljeringsgrad som det föregående avseende bränslemängdens inverkan på kostnader och tidsplaner men mer schablonmässigt för det låg- och medelaktiva avfallet.

I tabell 3-1 redovisas driftdata och bränslemängder för båda scenarierna medan sammanställningen i tabell 3-2 enbart är upprättad för scenariot med 40 års drift. I tabell 3-2 visas även för jämförelse mängderna i referensscenariot.

Kostnadsredovisningen längre fram i kapitlet görs relativt detaljerad för 40-årsscenario (3.5.2). För avstämningen den 31 december 2009 ges enbart totalbeloppet (3.5.3).

### **3.2 Förändringar i systemet jämfört med referensscenariot**

Konsekvensen för systemet av de förändringar i bränsle- och avfallsmängder som redovisades i förgående avsnitt berör i första hand den totala drifttiden för anläggningarna inom Kärnbränsleprogrammet. Även deponeringstakten för kapslarna med använt bränsle påverkas. Det senare som en följd av att andelen ”gammalt” bränsle av den totala mängden ökar vilket underlättar möjligheten att möta den begränsning av temperaturen på kapselytan som gäller.

Andra förändringar, dock av kostnadmässigt mindre betydelse, hänger samman med att anläggningar för hantering av driftavfall eller utrymmen avsedda för avfall från annan part ska undantas vid beräkningen av kostnader enligt finansieringslagen.

**Tabell 3-1. Driftdata samt elproduktion och bränslemängder vid kärnkraftverken.**

Start kommersiell drift	Termisk effekt/ nettoeffekt		Energiproduktion		Bränsle till och med 2008	Totalt för grundkostnaden		Använt bränsle
			till och med 2008	medelvärde från och med 2009		Drift till och med	Energi produktion	
	MW		TWh	TWh/år	ton uran		TWh	ton uran
F1 (BWR) 1980-12-10	2 928 / 978		193	8,8	685	2020-12-09	296	995
F2 (BWR) 1981-07-07	2 928 / 990		190	8,3	677	2021-07-06	301	1 011
F3 (BWR) 1985-08-22	3 300 / 1 170		202	10,6	643	2025-08-21	378	1 137
O1 (BWR) 1972-02-06	1 375 / 473		90	3,5	412	2015-12-31	114	497
O2 (BWR) 1974-12-15	1 800 / 590		135	6,2	501	2015-12-31	174	625
O3 (BWR) 1985-08-15	3 300 / 1 152		196	11,2	622	2025-08-14	383	1 175
R1 (BWR) 1976-01-01	2 540 / 855		159	6,7	583	2015-12-31	206	742
R2 (PWR) 1975-05-01	2 652 / 866		174	7,0	532	2015-12-31	221	703
R3 (PWR) 1981-09-09	2 992 / 985		167	9,2	475	2021-09-08	279	819
R4 (PWR) 1983-11-21	2 775 / 935		163	9,0	479	2023-11-20	294	814
B1 (BWR) 1975-07-01	1 800 / 600		93	0,0	425	1999-11-30	93	425
B2 (BWR) 1977-07-01	1 800 / 600		108	0,0	455	2005-05-31	108	455
BWR totalt	21 771 / 7 408		1 367	55	5 004		2 054	7 061
PWR totalt	8 419 / 2 786		504	25	1 486		793	2 336
Samtliga totalt	30 190 / 10 194		1 871	80	6 490		2 847	9 397

**Tabell 3-2. Inkapslat kärnbränsle och radioaktivt avfall att deponera.**

Produkt	Huvudsakligt ursprung	Volym i slutförvar m <sup>3</sup>	
Använt bränsle (4 522 kapslar)		18 900	(25 100) <sup>1)</sup>
Alfa-kontaminerat avfall	Låg- och medelaktivt avfall från Studsvik	1 800	(1 800)
Härdkomponenter	Reaktordelar	9 700	(9 700)
Låg- och medelaktivt avfall	Driftavfall från kärnkraftverk och behandlingsanläggningar samt Studsvik	47 300	(57 400)
Rivningsavfall	Från rivning av kärnkraftverk, behandlingsanläggningar och Studsvik	163 700	(163 700)
Total mängd cirka		241 000	<b>(258 000)</b>

<sup>1)</sup> Jämför referensscenariot i kapitel 2.

De viktigaste förändringarna i sammandrag är:

- Antalet kapslar med använt kärnbränsle minskar från de 6 000 som ingår i referensscenariot. För scenariot bakom den återstående grundkostnaden är antalet kapslar 4 522 och för finansieringsbeloppet 3 367. Den totala drifttiden minskar med 15 respektive 23 år. Förkortningen av tidsplanen påverkar även andra anläggningar, främst slutförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall, SFL.
- Sådant driftavfall som omhändertas under pågående drift av reaktorerna ska kostnadsmässigt inte ingå i kalkylen (faller ej under begreppet restprodukter). Framförallt är det anläggningen SFR i sin nuvarande omfattning som exkluderas men detta får även följder för transport-systemet där kostnaderna för transporterna till SFR också utgår liksom en proportionell andel av kostnaderna för SKB:s centrala funktioner.



- Utrymmen i SKB:s anläggningar som upptas av radioaktivt avfall från andra än tillståndshavarna (Studsvik med flera) ska kostnadsmissigt utgå. Detta avfall finansieras på annat sätt än via tillståndshavarnas fondandelar.

### 3.3 Beräkningsmetodik

#### 3.3.1 Den successiva principen – en sannolikhetsbaserad kalkylmetod

För beräkningen av de belopp som ska redovisas enligt finansieringslagen (se kapitel 1) tillämpas en så kallad probabilistisk beräkningsmetod (sannolikhetsbaserad) 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. Kort benämns den även ”successiv kalkyl”.

Kostnaden för varje kostnadspost eller variation/osäkerhet betraktas som en variabel som med varierande grad av sannolikhet kan anta olika värden (stokastisk variabel). För varje kostnadspost och variation/osäkerhet väljs en lämplig funktion som definierar denna sannolikhetsfördelning (sannolikhetsfunktion).

Centralt i tillämpningen av ”den successiva principen” är metodiken för att strukturera kalkylen och ställa upp sannolikhetsfördelningar för de variationer/osäkerheter som man väljer att inkludera i analysen. Detta sker genom bedömningar i en för detta syfte särskilt sammansatt grupp. SKB har valt att kalla denna grupp för ”analysgruppen”. Just förekomsten och sammansättningen av analysgruppen och hur den arbetar är en av de saker som särskiljer ”den successiva principen” från andra sannolikhetsbaserade riskanalyser.

Enligt metodikens upphovsman, professor Steen Lichtenberg, ska 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 gruppen kommer fram till. Antal deltagare kan variera med hänsyn till projektets karaktär. SKB har funnit att 16 deltagare är optimalt för planarbetet.

Den totala kostnaden erhålls därefter genom addering av samtliga kostnadsposter enligt de regler som gäller för addering av stokastiska variabler. Resultatet som erhålls är även det en stokastisk variabel innebärande att varje belopp som kan utläsas ur detta är kopplad till en viss sannolikhet. I vårt fall uttrycks denna koppling som ”sannolikheten för att ett visst belopp ej ska överskridas”. Detta benämns i modellen ”konfidensgraden för ett belopp”. För ett belopp betyder exempelvis konfidensgraden 50 % att sannolikheten för att det valda beloppet ska kunna innehållas är 50 %.

Vilken konfidensgrad som ska gälla för de olika belopp som ska tas fram enligt finansieringslagen är en fråga för myndigheten att besluta om. Hittills, från det att den sannolikhetsbaserade beräkningsmetoden infördes i mitten av 90-talet, har avgifterna beräknats utifrån ett belopp med konfidensgraden 50 %. (Sannolikheterna för ett överskridande respektive underskridande är lika stora.) Denna konfidensgrad utgör också basen för de belopp som redovisas nedan.

Den säkerhet som ska ställas för oplanerade händelser bestäms utifrån en väsentligt högre konfidensgrad. I denna redovisning förordas 80 %, se avsnitt 3.5.4.

Metoden ger även som resultat indikationer på var de större osäkerheterna finns. Dessa kan sedan brytas ner och analyseras 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.

### 3.3.2 Översiktlig beskrivning av den tillämpade metodiken

Vissa egenskaper hos detta relativt unika projekt som kalkylen omfattar motiverar att man frångår de normalt använda teoretiska formlerna vid addering av stokastiska variabler. I stället används en iterativ metod benämnd montecarlosimulering. Metoden ger en hög grad av flexibilitet som passar väl in vid de särskilda problem som måste beaktas.

- Kalkylen löper över mycket lång tid. Effekten av olika händelser vid nuvärdesberäkning får olika vikt beroende på vald kalkylränta och händelsens förläggning i tiden.
- Det finns beroenden mellan vissa av de stokastiska variabler som ställs upp av analysgruppen.
- Kalkylen är mycket stor och omfattar ett stort antal variationer och osäkerheter. Montecarlosimuleringen ger oss möjlighet att följa och registrera beräkningsproceduren i detalj vilket är önskvärt för kontroll och förståelse för hur olika händelser kan påverka utfallet.
- Vissa händelser (speciellt oplanerade) är av så omfattande karaktär att kalkylunderlaget ändras på en principiell nivå. Sådana händelser måste hanteras i en tvåstegsprocess: sannolikheten för att händelsen inträffar och därefter vilka möjliga utfall finns om händelsen inträffar.

Montecarlosimulering innebär att beräkningen genomlöps ett antal gånger benämnda cykler eller iterationer. Vid varje cykel bestäms utfallet för varje variabel utifrån den valda sannolikhetsfördelningen genom att ett slumpstal, specifikt för variabeln, avgör konfidensgraden. Uppsättning slumpstal förnyas för varje cykel. En cykel kan således i modellen sägas representera ett ”genomförande” av projektet. Det slutliga resultatet utgörs av den sannolikhetsfördelning som ges av samtliga beräkningscykler sammantagna. I plankalkylen omfattar simuleringen 2 000 cykler vilket har bedömts ge tillräckligt noggrannhet i resultatet.

Metodens tillämpning är schematiskt illustrerad i figur 3-2. Beskrivningen som följer ansluter till beteckningarna i figuren.

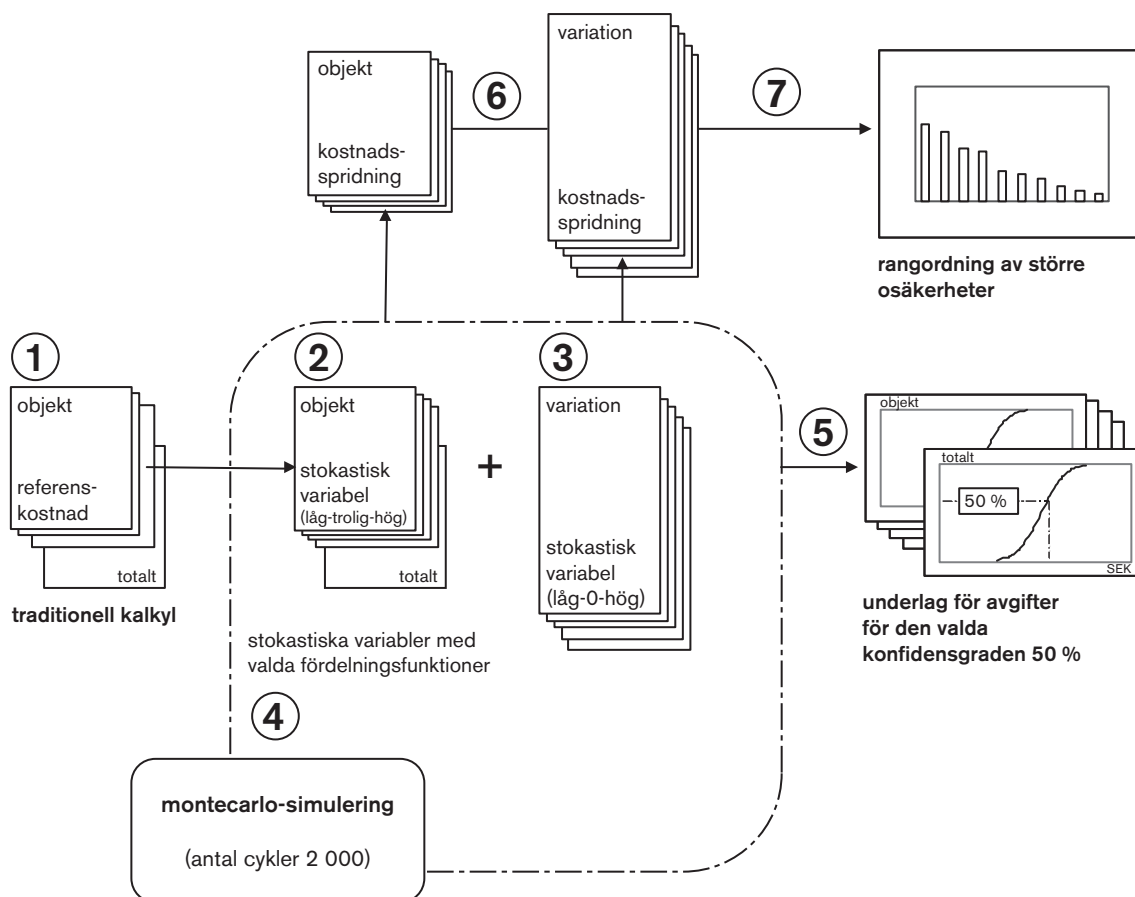
Systemet bryts ner i ett antal så kallade kalkylobjekt. I stort motsvarar dessa de olika kostnadslagen, det vill säga investering, drift, rivning och återfyllning för olika anläggningar.

Ingångsvärden i kalkylen utgörs av den ”troliga” kostnaden för varje kalkylobjekt och för totalbeloppet **(1)**. De troliga kostnaderna hämtas vanligtvis från ”Ref 40”, se figur 1-2, vilket inte innefattar påslag för oförutsett och risk.

Nästa steg är att bestämma vilka variationer och osäkerheter som ska ingå i kostnadsberäkningen. Dessa kan vara av den karaktären att de påverkar olika kalkylobjekt i flera delar av systemet **(3)**, till exempel ändrad tidsplan eller ändrat antal kapslar. Alternativt kan de påverka enbart enskilda kalkylobjekt **(2)**, till exempel osäkerhet i personalstyrka eller kapselkostnad. Varje variation definieras till sin omfattning (låg- och högalternativ) och en bedömning görs av vilka kalkylobjekt som påverkas av variationen. Låg- och högalternativen anges tillsammans med sina respektive konfidensgrader.

Därefter värderas kostnadspåverkan på olika kalkylobjekt av de variationer man valt att inkludera. Genom att såväl kalkylobjekten som variationerna definierats inte bara med sina respektive troliga kostnader utan även med ett intervall (låg respektive hög kostnad relaterade till konfidensgrader) kan de ingående kostnadsposterna beskrivas som stokastiska variabler med tillhörande fördelningsfunktioner. Funktionerna väljs så att sannolikhetsfördelningen så väl som möjligt ansluter till variationens karaktär. Speciella egenskaper hos variationen såsom en markant snedfördelning av utfallet eller ett antingen-eller-värde (diskret fördelning) kan utgöra sådana egenskaper som ska påverka valet av sannolikhetsfunktion.

Slutligen beräknas utfallet och summeras i montecarlosimuleringen.



**Figur 3-2.** Schematisk beskrivning av kalkylstegen (siffror hänvisar till beskrivningen i texten).

Resultatet ger för varje objekt liksom för systemet i sin helhet en fördelningsfunktion (5) ur vilken kostnaden kan erhållas för vald 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 tidsplanpåverkan varierar slutresultatet med olika diskonteringsräntor.<sup>13</sup> Beräkningarna genomförs därför för varje kalkylränta av intresse.

Underlaget för kompletteringsbeloppet beräknas på samma sätt som underlaget för den återstående grundkostnaden men inkluderar variationer med större system- eller tidsplanemässig påverkan.

## 3.4 Variationer och osäkerheter beaktade i kalkylen

### 3.4.1 Allmänt

Som beskrevs i föregående avsnitt hanteras variationer och osäkerheter enligt den successiva principen genom att de först lyfts ut och behandlas separat. Detta sker genom en definition av så kallade generella villkor vilka fastlägger kalkylförutsättningarna i "normalfallet".

I ett andra steg definieras och kostnadsberäknas variationer kring dessa generella villkor.

<sup>13</sup> Exempelvis kan ett osäkerhetspåslag som vid 50 % konfidensgrad är 20 % utan diskontering vara 15 % efter diskontering med en viss kalkylränta. Detta beroende på att stora osäkerheter som ligger långt fram i tiden förlorar i betydelse vid diskontering.

Detta sker genom den så kallade trepunktskattningen (lågvärde / troligt värde / högvärde). Båda dessa steg genomförs i den särskilt sammansatta analysgruppen. Slutligen görs en statistisk summering av osäkerheterna genom montecarlosimulering.

Trepunktskattningen i den tillämpning som SKB använder görs genom att ett lågvärde och ett högvärde kring det troliga värdet anges. Såväl lågvärdet som högvärdet är kopplat till en viss sannolikhet. Om det inte finns särskilda skäl att välja någon annan så används sannolikheten 1:10.<sup>14</sup> Det ska betonas att låg- och högvärdena inte utgör gränsvärden. Gränsvärdena, det vill säga extremvärdena minsta och högsta (min och max), följer av den sannolikhetsfunktion som ställs upp utifrån trepunktskattningen och kan skilja sig betydligt från låg- och högvärdena.

I beskrivningen nedan anges sannolikheten för låg- eller högvärdet endast om den avviker från den normala 1:10.

I detta sammanhang ska det påpekas att för variationer som påverkar tidsplanen går det normalt inte att entydigt ange ett låg- respektive högalternativ. Den kostnadsmässiga effekten av variationen påverkas 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 emellertid att ge underlag för bedömning av avgiftsbehovet och i den analysen har diskonteringen en viktig roll. Vid positiv realränta kan då förskjutningen av aktiviteter, trots reala merkostnader, ge en sänkning av avgiftsunderlaget och ge ett lågalternativ. Eftersom det i beräkningsmodellen föreligger ett behov av att beteckningarna ”låg” och ”hög” konsekvent relaterar till en viss händelseutveckling snarare än till vissa relativa belopp så används här en konvention innebärande att förhållandet efter diskontering av de framtida kostnaderna får styra benämningen.

Vissa kalkylförutsättningar är av den karaktären att de är låsta och således inte ska ifrågasättas eller värderas inom analysgruppen. Sådana låsningar beslutas av SKB:s ledning, oftast i samförstånd med myndigheten. I den successiva kalkylen benämns dessa ”fasta förutsättningar”. Exempel på sådana fasta förutsättningar kan vara:

- Samhällssystemet och dess institutioner ska bestå under hela kalkylperioden.
- Kärnbränsleprogrammet ska inte innefatta upparbetning som ett alternativ.
- Endast KBS-3-metoden (i olika utföranden) ska beaktas.
- Bränslemängder ska vara låsta till den reaktordrift som stipuleras i finansieringslagen.
- Kalkylen upprättas för real prisutveckling och i dagens prisnivå.

I plankalkylen har två uppsättningar generella villkor med tillhörande variationer identifierats. Sammantaget är listan mycket omfattande, i det närmaste heltäckande.

Den första uppsättningen (kategori 1) avser sådana variationer som är normala eller till och med vanliga i anläggningsverksamhet. Denna typ av variationer inkluderas i den kalkyl ur vilken den återstående grundkostnaden och underlaget för finansieringsbelopp hämtas.

Den andra uppsättningen (kategori 2) består av mer extrema variationer med låg sannolikhet för inträffande. Denna typ av variationer inkluderas tillsammans med variationerna i kategori 1 i den kalkyl ur vilken kompletteringsbeloppet hämtas.

För överskådlighetens skull, såväl i denna rapport som för analysgruppens arbete, har osäkerheterna delats in i ett antal grupper:

- **Samhälle.** Denna grupp omfattar osäkerheter som SKB har mycket lite eller inget inflytande över. Till exempel lagstiftning och myndighetsfrågor eller politiska frågor i stort. Hit hör också frågan om hur värderingsförskjutningar i samhället rörande kärnkraft kan påverka projektets genomförande och kostnader. Frågor av samhällsekonomisk karaktär behandlas däremot separat inom gruppen ”ekonomi”.

<sup>14</sup> Sannolikheten 1:10 innebär att det är 10 % sannolikhet att utfallet inte överstiger lågvärdet och 90 % sannolikhet att det inte överstiger högvärdet.

- **Ekonomi.** Denna grupp har samma karaktär som den första gruppen ”samhälle” dock med tyngdpunkten på ekonomiska förhållanden såsom real prisutveckling för löner och insatsvaror, konjunkturberoenden och valutarisker.
- **Genomförande.** Hit hör tidsplanestrategier, lokaliseringsfrågor, strategi för rivning av reaktor anläggnarna med mera.
- **Organisation.** Främst rör detta hur de framtida anläggnings- eller rivningsprojekten organisatoriskt ska genomföras och ledas.
- **Teknik.** Till denna grupp förs alla renodlade teknikfrågor. Största osäkerheterna finns av naturliga skäl i de framtida anläggningarna för såväl kärnbränsle som låg- och medelaktivt avfall. En mycket stor grupp inom området utgörs av flertalet objektspecifika variationer eller osäkerheter (se nedan).
- **Kalkylering.** Denna grupp beaktar riskerna för felaktiga bedömningar i själva kalkylarbetet. Dessa kan bestå i såväl överskattning av svårigheterna (pessimistisk bedömning) som underskattning (optimistisk).

**Objektspecifika variationer** utgörs av preciserade eller mera schablonmässigt framtagna variationer i den troliga kostnaden för varje objekt, totalt 64 stycken. Detta avser således variationer som återstår efter att samtliga variationer kring de generella villkoren beaktats. Typiska sådana variationer avser till exempel ändringar i byggnadsvolym eller driftorganisation för enstaka objekt, eller varierande krav på utförande (exempelvis vid deponeringen). För vissa objekt ansätts en schablonmässig variation utan att man kan peka på någon specifik kostnadsfaktor.

Objektspecifika variationer 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.

En objektspecifik osäkerhet av intresse avser investeringen i förvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall. Förvaret befinner sig i ett mycket tidigt utvecklingsskede innebärande att osäkerheten rörande den slutliga utformningen är stor. Variationen kring det troliga värdet har getts en relativt stor spannvidd, lågvärdet  $-30\%$  och högvärdet  $+100\%$ .

I följande avsnitt redogörs för variationerna och osäkerheterna för de olika grupperna ovan. Inom varje grupp beskrivs först de som tillhör kategori 1 och därefter de som tillkommer i kategori 2 och som ingår i underlaget för kompletteringsbeloppet.

### 3.4.2 Variationer och osäkerheter inom gruppen ”samhälle”

Förändrade **lagstiftnings- och myndighetskrav** antas kunna få stor påverkan på kostnaderna, framförallt är sannolikheten stor att dessa krav kommer att öka med motsvarande kostnadsökningar som följd. Vid värderingen av osäkerheten görs åtskillnad mellan sådana krav 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  $-5\%$  till  $+30\%$ .

#### ***Variationer och osäkerheter som tillkommer i underlaget för kompletteringsbeloppet***

**Värderingsförskjutningar** i samhället avseende inställningen till kärnkraft antas kunna ha en effekt på kostnaderna framförallt i fråga om lagstiftning och tillståndsprocesser men även i fråga om kravbild i stort. Påverkan på kostnaderna kan leda såväl mot ökade kostnader som minskande jämfört med det troliga värdet. Effekten simuleras i modellen som en årlig minskning eller ökning av driftkostnaden för systemet med  $-5$  respektive  $+30$  miljoner kronor per år.

**Drifttiden för reaktorerna** påverkar normalt inte systemet eftersom detta är en fast förutsättning som ges av regelverket. Det finns dock ett undantag och det är tidsplanen för rivning av kärnkraftverken. Referenstidsplanen (”Ref 40”) är baserad på den tidpunkt som ges av 50 respektive 60 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 detta (vid positiv realränta). Lågalternativet baseras på en genomsnittlig drifttid av 70 år. Högalternativet baseras på en drifttid av 30 år dock tidigast möjliga avställning 2016.

### 3.4.3 Variationer och osäkerheter inom gruppen ”ekonomi”

Kalkylen är baserad på antaganden om **den reala pris- och kostnadsutvecklingen** inom ett antal områden och osäkerheten kring dessa antagande ingår i riskanalysen. Den reala pris- och kostnadsutvecklingen definieras i kalkylen med trendlinjer som i största möjliga grad är framtagna baserade på historiska data. Analysgruppen värderar möjliga avvikelser i dessa trendlinjer. Följande områden beaktas:

- Pris- och produktivitetsutveckling för **lönekostnader i tjänstesektorn**.
- Pris- och produktivitetsutveckling för **lönekostnader i byggindustrin**.
- Prisutveckling för **maskiner**.
- Prisutveckling för **byggmaterial**.
- Prisutveckling för **förbrukningsmaterial**.
- Prisutveckling för **råmaterialet koppar**.
- Prisutveckling för **bentonit**.
- Prisutveckling för **energi**.
- **Växelkurs** i USD för varor och maskiner som direktimporteras.

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 specialmaskiner.

**Konjunktorens påverkan** på kostnaderna är en av osäkerheterna inom gruppen ”ekonomi”. På lång sikt kan det antas att konjunktursvängningarna utjämnas men under korta kostnadsintensiva perioder kan de få betydelse. Två sådana perioder har identifierats. Dels investeringsskedet för inkapslingsanläggning och slutförvar för använt kärnbränsle, 2015–2022, dels perioden då rivningen av flertalet kärnkraftverk pågår. Detta sker med början under 2030-talet och en bit in på 2040-talet. För anläggningarna inom Kärnbränsleprogrammet antas konjunktoren verka inom spannet –15 % till +25 %. Motsvarande för rivningen är –25 % till +20 %. Anledningen till att rivningskostnaderna påverkas i en mer gynnsam riktning är att det där antas vara möjligt att i högre grad anpassa tidsplanerna till konjunkturläget.

### 3.4.4 Variationer och osäkerheter inom gruppen ”genomförande”

**Förseningar beroende på en utsträckt tillståndsprocess** är satt till tre år. Förseningen innebär emellertid en längre avklingningstid för bränslet och med en måttlig ökning av deponeringstakten kan sluttidpunkten trots förseningen bibehållas.

**Lokaliseringen av slutförvaret för kärnbränsle** är för närvarande inte beslutad. Med det motiv som redovisas under avsnitt 2.2.3 har det ”troliga” värdet baserats på en lokalisering av slutförvaret för kärnbränsle till en av de två platser där SKB bedrivit platsundersökningar och nu håller på att avsluta dessa (vid Forsmark och Oskarshamn). Detta för att få ett konkret underlag för kalkylen. Något lokaliseringalternativ utöver dessa två platser studeras ej inom ramen för grundkostnaden.

Utifrån dagens kunskapsnivå går det inte att med bestämdhet uttala sig om hur platserna relaterar till låg- respektive högalternativ. Studier pågår och det är högst sannolikt att lokaliseringen

kommer att visa sig ha en kostnadsmässig betydelse. En schablonmässig kostnadsvariation läggs in i årets kalkyl dels med en tioprocentig påverkan på investeringar, dels med ett hänsynstagande till de olika transportförutsättningar som gäller för platserna.

**Driftstörningar genom åverkan och stöld etc.** Driftstörningarna antas inte vara av större omfattningen än att de går att ta igen genom övertid eller extra skift. En allmän kostnadsökning av 5 % på driften av inkapslingsanläggningen och slutförvaret för att täcka merkostnaderna antas.

### ***Variationer och osäkerheter som tillkommer i underlaget för kompletteringsbeloppet***

**Förseningar i uppstartningen** allmänt. Denna osäkerhet skiljer sig från förseningar i tillståndsprocessen som beskrevs ovan genom att orsaken här är mera allmän och framförallt kopplad till politiska beslut. En fördröjning av 17 år är antagen men i likhet med förseningen i tillståndsprocessen blir effekten på sluttidpunkten begränsad beroende på bränslets avklingning och möjlighet att öka deponeringstakten.

**Störningar i driften beroende på omfattande tekniska fel, olyckshändelser etc** antas påverka enbart driftförhållandena. Den materiella skadan inkluderas inte eftersom den ersätts genom försäkringar (premien ingår i driftkostnaden). Skadan eller skadorna sammantaget antas vara av den omfattningen att driftavbrott i sammantaget fem år blir följd. Skadan eller skadorna antas dessutom inträffa i ett relativt sent skede varför den förlorade tiden inte lätt kan tas igen. Under stilleståndet antas att full personalstyrka bibehålls hela tiden indikerande att man inte i förväg vet hur länge avbrottet ska vara.

**I lokaliseringen av slutförvaret** för använt kärnbränsle inkluderas en variation där inget av de utsedda områdena vid Forsmark och Oskarshamn blir 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 de valda ytterlighetsfallen 7 respektive 25 år. Sannolikheten för denna händelse är satt till 1:20.

**I lokaliseringen av inkapslingsanläggningen** inkluderas en variation där anläggningen lokaliseras till platsen för slutförvaret för använt kärnbränsle (Forsmark). (Vid lokalisering av slutförvaret i Oskarshamn, se ovan, blir inkapslingsanläggningen som i referensfallet lokaliserad vid Clab.) Alternativet innebär bland annat att externa kapseltransporter utgår och ersätts med bränsletransporter från Clab till inkapslingsanläggningen. Sannolikheten för denna händelse är satt till 1:20.

**I lokaliseringen av slutförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall** inkluderas en variation där förvaret förläggs 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. Sannolikheten för denna händelse är satt till 1:20.

### **3.4.5 Variationer och osäkerheter inom gruppen "organisation"**

Betydelsen av **projektorganisationens effektivitet och kompetens** bedöms ligga inom ett intervall av -10 % till +30 %. Variationen är begränsad till utbyggnaden av slutförvarets ovan- och undermarksdelar samt byggandet av inkapslingsanläggningen.

**Inlärningseffekten vid rivningen av de tolv reaktoranläggningarna** är en fråga som gäller själva proceduren kring rivning av kärnkraftverk (inlärningen när det gäller rivningsmetodiken och rivningsarbetet ligger under de ekonomiska faktorerna ovan där de innefattas i begreppet produktivitetsutveckling). Referenskalkylen är upprättad utan avseende på denna inlärningseffekt. Ett lågvärde är ansatt innebärande att effektiviteten i hanteringen av processen ökar med 20 % från att den första till att den sista reaktorn rivs.



### 3.4.6 Variationer och osäkerheter inom gruppen ”teknik”

Inom området teknik beaktas vid sidan av många av de objektspecifika variationerna och osäkerheterna främst layout- och genomförandeprinciper för slutförvaret för använt kärnbränsle. Det är framförallt fyra faktorer som innefattar osäkerheter av signifikant betydelse.

**Anpassning till lokala förhållanden.** Detta avser dels bergets sprickstruktur och övriga egenskaper, dels de geografiskt betingade förhållandena på markytan. Detta antas ge en påverkan på utformningen av anläggningsdelarna under mark dels genom att förvarets utbredning påverkas av blockstrukturen i berget, dels genom att tillfarterna, det vill säga ramp och schakt, påverkas av förläggingsdjup och anslutningar till anläggningarna ovan mark. Till detta kommer även osäkerheter avseende hanteringsutrustning med mera vilka påverkar dimensioner av bergrum och tunnlar. Exempel på lågvärde är en minskning av förvarets utbredning (samtliga tunnel-längder) med 10 % och en minskning av förläggingsdjupet till 400 meter (troligt 475 meter). På motsvarande sätt exempel på högvärde med en ökning av förvarets utbredning med 20 %, en ökning av förläggingsdjupet till 700 meter samt dubblerad ramp.

De **termiska förhållandena** utgör en annan faktor av betydelse för slutförvaret. Detta berör både bränslet, det vill säga dess resteffekt, och egenskaperna i bufferten och i det omgivande berget. Dessa förhållanden påverkar avstånden mellan kapslarna som anpassas för att inte temperaturbegränsningar ska överskridas. Risken för höga temperaturer kan mötas av andra åtgärder exempelvis genom att effekten i kapseln begränsas antingen genom en lägre fyllningsgrad (färre element i en kapsel) eller genom en mer utdragen deponeringsprocess. Just den senare metoden används som variabel i modellen med en variation av den totala drifttiden med tre år åt ena eller andra hållet.

Den tredje faktorn rör villkoren kring **återfyllningen av deponeringstunnlar** och andra bergrum. Låg- och högalternativen uttrycks inte i konkreta alternativ till den metod och de material som anges i det troliga fallet eftersom detta inte är möjligt utan omfattande utredningar. Osäkerheten uttrycks i stället i kostnadspåverkan där lågalternativet innebär en kostnadsminskning med 50 % medan högalternativet är en kostnadsökning med 60 %. För bergrum som inte är i direkt kontakt med deponeringsområdet antas kostnadsspannet vara – 60 % till + 50 %.

Den fjärde faktorn slutligen avser möjligheten till en **mer kostnadseffektiv metod för utplacering av kapslarna** med tillhörande buffert i slutförvaret. Referensutformningen bygger på att kapslarna deponeras en och en i hål borrade i tunnelgolvet. Ett alternativ avser tekniken att placera kapslarna horisontellt i långa borrade hål, varje hål rymmande ett större antal kapslar. På detta sätt kan de relativt kostnadskrävande deponeringstunnlarna uteslutas. Sannolikheten för detta alternativ har under de senaste åren bedömts allt högre i takt med det pågående utvecklingsarbetet som ger lovande resultat. I årets beräkning är sannolikheten satt till 40 %.

Av mindre betydelse men dock en variation som beaktas i analysen är **metoden för uttag av berg**. Referensscenariot är baserat på borrhning och sprängning med höga krav på frilagda ytor och begränsningar av de störningar i form av uppsprickning som fortplantar sig in i berget. En alternativ metod skulle kunna vara fullortsborrning med så kallad TBM-teknik. Sammantaget bedöms osäkerheten ge ett spann för kostnaderna för berguttag från –20 % till +20 % i förhållande till den troliga kostnaden.

#### **Variationer och osäkerheter som tillkommer i underlaget för kompletteringsbeloppet**

**Temperaturen på kapselytan** utgör i det nuvarande systemet en begränsning. Den får inte överstiga 100 °C men med den säkerhetsmarginal som man vill ha sätts den i beräkningarna till 90 °C. Skulle man kunna visa på att denna begränsning kan tas bort eller höjas så innebär det en möjlighet till att förkorta deponeringsperioden. En ökning av deponeringstakten från referensscenariots 150 kapslar per år är relativt okomplicerad genom att anläggningarna kommer att vara dimensionerade för en kapacitet av 200 kapslar per år. En ökning av maxtemperaturen

till 110 °C antas för denna variation vilket ger möjlighet att korta drifttiden för inkapsling och slutförvar med fyra år.

### 3.4.7 Variationer och osäkerheter inom gruppen ”kalkylering”

**Påslag för oredovisat** görs regelmässigt i kalkylarbetet för att täcka in kostnader för byggdelar eller annat som man erfarenhetsmässigt vet ska finnas med men som inte är redovisade på de ritningar eller i de specifikationer som ligger till grund för kalkylen. Detta ska inte förväxlas med påslag för oförutsett som vanligtvis förekommer i de deterministiska kalkylerna och som avser händelser som kan inträffa men även kan utebli. Påslaget för oredovisat görs procentuellt. Osäkerheten i bedömning är satt till cirka 50 % åt ena eller andra hållet vilket ger som resultat förändringar av kostnaderna för bygginvesteringar med 5 % och av bergarbeten med 10 %.

**Realism i kostnadsuppskattningar** avser det förhållandet att de individer som svarar 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). Osäkerheten är personorienterad och därför uppdelad på de ansvarsområden som de olika kalkylerarna har haft. Vanligtvis sammanfaller detta med olika teknikområden som kan avse bygg, bergarbeten, process, drift, rivning etc. Osäkerheten varierar mellan olika kalkylerare beroende på komplexiteten i det som de har haft bedöma men ligger för de flesta från -20 % till +35 %.

## 3.5 Kostnadsredovisning

### 3.5.1 Allmänt

Kostnadsredovisningen i detta kapitel avser de belopp som tillståndshavarna är skyldiga att redovisa till myndigheten enligt gällande regelverk. Vad som inkluderas har beskrivits i tidigare avsnitt men två saker ska åter lyftas fram för att understryka skillnaden mellan de belopp som anges här och de som redovisades i kapitel 2:

- Kostnaderna avser enbart tillståndshavarnas framtida kostnader (från och med 2010) för omhändertagande av använt kärnbränsle och eget sådant radioaktivt avfall som ej är driftavfall. Prisnivån är januari 2008. Inkluderar även justering för reala prisförändringar enligt de externa ekonomiska faktorerna EEF.
- Påslag för oförutsett och risk har adderats till beloppen på totalnivå. Detta påslag har beräknats med den metod som beskrivits i avsnitt 3.3. Påslaget har erhållits genom att en viss konfidensgrad valts och applicerats på den sannolikhetsfördelning som utgör resultatet av riskanalysen. Vilken konfidensgrad som använts beskrivs nedan i anslutning till respektive belopp.

Att påslaget för oförutsett och risk adderas enbart på totalbeloppet beror på att den beräkningsmetod som används värderar den totala osäkerheten i första hand. Detta överensstämmer också med hur Kärnavfallsfonden är uppdelad. Skulle man i beräkningarna analysera varje objekt för sig så skulle man förlora den ”statistiska” effekten av att sannolikheten för att negativa eller positiva händelser samtidigt ska inträffa för flertalet eller alla objekten blir mycket låg.

Ett påslag framräknat på detta sätt går ej heller att knyta till enstaka objekt annat än genom någon typ av schablonmässig fördelning (till exempel genom proportionering). Om det visar sig ändamålsenligt att göra detta för något syfte där fördelningen är viktigare än det korrekta beräkningsutfallet så överläts denna förhållandevis enkla operation på användaren av resultatet.

Beträffande den totala bilden av kostnader för omhändertagande av restprodukter och annat radioaktivt avfall, inklusive nedlagda kostnader och budgeterade kostnader för det innevarande året, hänvisas till föregående kapitel.

### 3.5.2 Återstående grundkostnad

Tabell 3-3 ger en sammanställning av de framtida kostnader som är att hänföra till återstående grundkostnad (underlag för beräkning av avgifter).

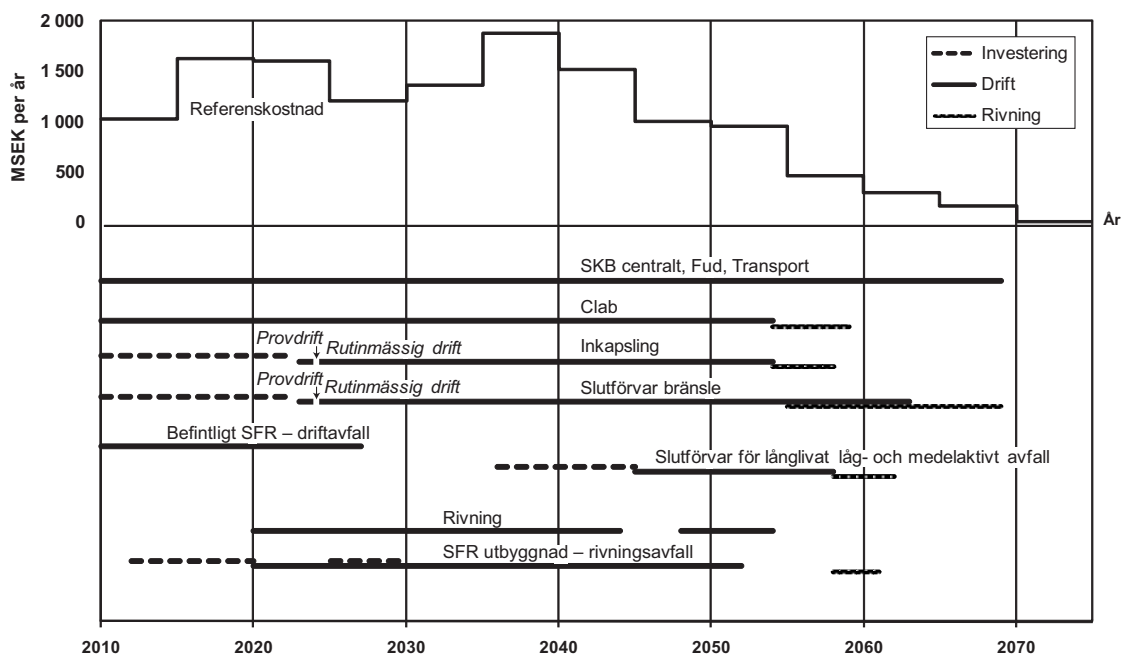
De kostnader som i tabellen redovisas på objektsnivå innefattar inga påslag för oförutsett och risk. Detta påslag redovisas på totalnivån nederst i tabellen.

Kostnaderna för olika anläggningar redovisas under posterna *investering, drift och underhåll* samt *rivning och återfyllning* (återfyllning av bergrum). Till *investering* hänförs normalt endast de kostnader som uppkommer innan en anläggning eller en anläggningsdel tas i drift eller större reinvesteringar när en anläggning nått en betydande ålder (till exempel för Clab). I slutförvaret för använt kärnbränsle, där utbyggnaden av deponeringstunnlarna kommer att ske fortlöpande under deponeringsskedet (driftskedet), ingår emellertid även kostnaderna för detta arbete i investeringen.

Den återstående grundkostnaden uppgår till totalt 75,6 miljarder kronor. Av detta utgör 65,8 miljarder resultatet av kalkylen på referenskostnadsnivå och 9,8 miljarder påslag för oförutsett och risk. Av beloppet faller cirka 75 % inom SKB:s verksamhetsområde och är därmed gemensamt för tillståndshavarna, så kallade samkostnader. Resterande, cirka 25 %, utgör kostnader för verksamheter där varje tillståndshavare har ett eget kostnadsansvar och ej delar kostnaderna med andra tillståndshavare, så kallade särkostnader.

Figur 3-3 visar kostnaderna enligt tabell 3-3 fördelade i tiden. Påslaget för oförutsett och risk ingår inte i diagrammet eftersom detta endast kan fördelas i tiden genom en approximativ metod (detta görs inte här). Den angivna tidsfördelningen är enbart kopplad till "Ref 40", se avsnitt 1.3.

Figur 3-3 visar även en förenklad tidsplan för de olika anläggningarna ("Ref 40") för att ge en uppfattning om den påverkan dessa har på kostnadsflödet. Bland annat kan man utläsa att de två kostnadstopparna i diagrammet härrör dels från investeringen i inkapslingsanläggning och slutförvar för använt kärnbränsle, dels från rivningen av kärnkraftverken. Tidsplaneförändringar (en typ av osäkerhet i riskanalysen) vilka statistiskt innefattas i påslaget går av naturliga skäl inte att illustrera i diagrammet.

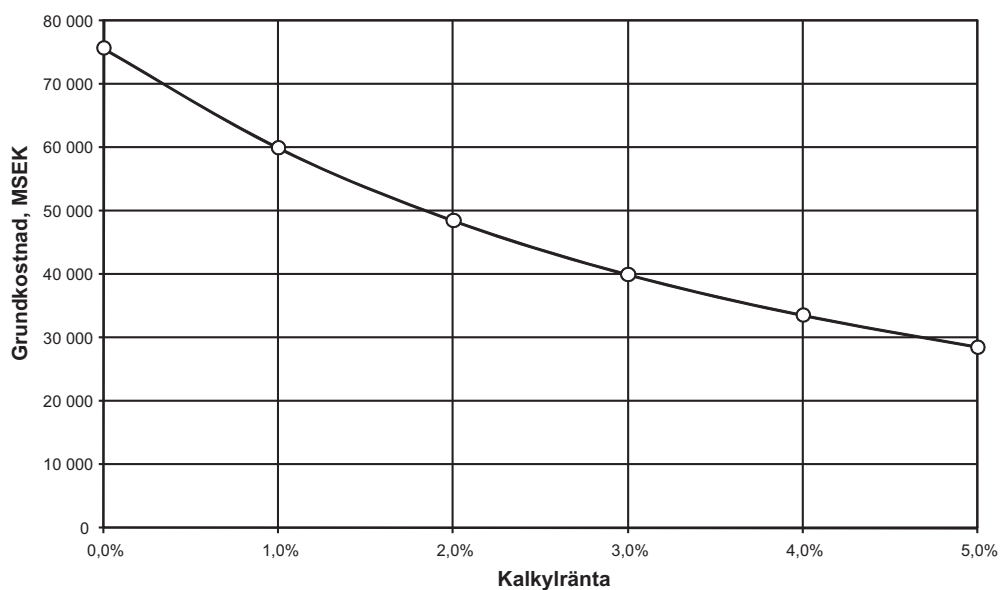


**Figur 3-3.** Återstående grundkostnad fördelad i tiden samt tillhörande tidsplan för anläggningarna, prisnivå januari 2008 (exklusive påslag för oförutsett och risk).

Tabell 3-3. Sammanställning av återstående grundkostnader från och med 2010, prisnivå januari 2008.

		Kostnad per kostnadslag MSEK	Kostnad per anläggning MSEK
<b>SKB centralt och Fud</b>			8 840
<b>Transporter</b>	investering	940	2 570
	drift och underhåll	1 630	
<b>Clab</b>	investering	940	5 540
	drift och underhåll	3 890	
	rivning	710	
<b>Inkapslingsanläggning</b>	investering	2 840	9 740
	drift och underhåll	6 700	
	rivning	200	
<b>Slutförvar för använt kärnbränsle, SFK</b>			
– Yttre anläggningar	investering och drift		420
– Platsundersökningar			100
– Driftområden ovan mark	investering	3 120	7 690
	drift och underhåll	4 430	
	rivning	140	
– Anläggningar under mark	investering	6 790	11 560
	drift och underhåll	1 280	
	rivning och återfyllning	3 490	
<b>Slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall, SFL</b>	investering	390	960
	drift och underhåll	210	
	rivning och återfyllning	360	
<b>Markdeponier vid kraftverken för mycket lågaktivt avfall</b>	drift och underhåll		0
<b>Slutförvar för låg- och medelaktivt driftavfall, SFR</b>	investering	0	0
	drift och underhåll	0	
	rivning och återfyllning		
<b>Mellanlager för låg- och medelaktivt drift- och rivningsavfall – BFA med flera</b>	investering	0	60
	drift och rivning	60	
<b>Slutförvar för kortlivat låg- och medelaktivt rivningsavfall, SFR</b>	investering	1 010	2 940
	drift och underhåll	1 700	
	rivning och återfyllning	230	
<b>Rivning av reaktor-anläggningar</b>	drift vid avställda kärnkraftblock	2 700	15 440
	rivning	12 740	
<b>Summa kostnad "Ref 40" (exklusive påslag för oförutsett och risk)</b>			65 860
<b>Påslag för oförutsett och risk</b>			9 780
<b>Totalt återstående grundkostnad</b>			75 640

Diagrammet i figur 3-4 visar nuvärdet av den återstående grundkostnaden för olika värden på diskonteringsräntan. Eftersom diagrammet avser totalbeloppet så ingår påslaget för oförutsett och risk. Detta möjliggörs genom att separata montecarlosimuleringar görs för varje ränta av intresse. Diagrammet är baserat på simuleringar för varje heltalsränta från 0 till 5 procent.



Figur 3-4. Nuvärdet av den återstående grundkostnaden som funktion av kalkylräntan, prisnivå januari 2008.

### 3.5.3 Underlag för finansieringsbelopp

Finansieringsbeloppet utgör underlag för en av de säkerheter som tillståndshavarna ska ställa vid sidan av avgiftsinbetalningar. Beloppet beräknas på samma sätt som den återstående grundkostnaden i föregående avsnitt men ska, när det gäller restprodukter, endast omfatta de som föreligger vid slutet av året före det första avgiftsåret som beräkningarna avser. I vårt fall innebär det de restprodukter som föreligger den 31 december 2009 (första avgiftsåret är 2010). Bland annat innebär det att kapselantalet minskar från 4 522 till 3 367.

Underlaget för finansieringsbeloppet uppgår för SKB:s del till 68,9 miljarder kronor vilket är 6,6 miljarder kronor lägre än den återstående grundkostnaden. Finansieringsbeloppet erhålls genom att myndighetens merkostnader läggs till det underlag för finansieringsbelopp som SKB redovisar.

### 3.5.4 Kompletteringsbelopp

Kompletteringsbeloppet utgör underlag för en typ av säkerheter som reaktorinnehavarna ska ställa vid sidan av dels avgiftsinbetalningar, dels den säkerhet som berördes i föregående avsnitt. Även detta belopp är framtaget på i princip samma sätt som den återstående grundkostnaden dock med tre väsentliga skillnader.

- Beloppet ska utgöra underlag för säkerheter som till en skälig nivå ska täcka kostnader för oplanerade händelser. Riskanalysen inkluderar därför händelser och osäkerheter som antas vara av betydligt större omfattning än de som inkluderas vid beräkningen av de övriga beloppen. Se beskrivningen i avsnitt 3.4.
- Kompletteringsbeloppet erhålls som skillnaden mellan ett belopp som representerar denna övre skäliga gräns och den återstående grundkostnaden. Det högre beloppet erhålls ur riskanalysen vid en högre konfidensgrad än de 50 % som är åsatt den återstående grundkostnaden. SKB anser att en konfidensgrad av 80 % är en nivå som väl motsvarar den "skälighet" som regelverket anger.
- Kompletteringsbeloppet berör endast de andelar av det totala systemet som tillhör de tre reaktorinnehavarna Forsmarks Kraftgrupp AB, OKG Aktiebolag samt Ringhals AB. Barsebäck Kraft AB, i egenskap av övrig tillståndshavare, omfattas inte av skyldigheten att redovisa ett kompletteringsbelopp.

Kompletteringsbeloppet, avseende de tre reaktorinnehavarna, har vid konfidensgraden 80 % beräknats till 12,4 miljarder kronor.

## Referenser

### **SKB, 2007**

Fud-program. Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall inklusive samhällsforskning.  
Svensk Kärnbränslehantering AB.

### **SKB, 2004**

Fud-program. Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall inklusive samhällsforskning.  
Svensk Kärnbränslehantering AB.

### **SKB, 2001**

Fud-program. Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall.  
Svensk Kärnbränslehantering AB.

**SKI, 2002.** SKI:s yttrande över SKB:s redovisning av FUD-program 2001.  
SKI Rapport 02:9. Statens kärnkraftinspektion.

### **SKB, 1998**

Fud-program 98. Kärnkraftavfallets behandling och slutförvaring. Program för forskning samt utveckling av demonstration av inkapsling och geologisk djupförvaring.  
Svensk Kärnbränslehantering AB.

### **SKB, 2000**

Samlad redovisning av metod, platsval och program inför platsundersökningsskedet.  
[Fud-k]. Komplettering till SKB Fud-program 98.  
Svensk Kärnbränslehantering AB.

### **SKI, 1999**

SKI:s utvärdering av SKB:s Fud-program 98. SKI Rapport 99:16 Gransknings-PM April 1999.  
Statens kärnkraftinspektion.

**SKB, 2006.** Long-term safety for KBS-3 repositories at Forsmark and Laxemar – a first evaluation. Main Report of the SR-Can project. SKB TR-06-09,  
Svensk Kärnbränslehantering AB.

### **Westinghouse, 2006**

Swedish BWR Reference Plant Decommissioning Study.

### **Hedin Gunnar, Gustavsson Börje, Carlsson Jan, 2004**

Teknik och kostnader för rivning av svenska kärnkraftverk. SKB R-04-44,  
Svensk Kärnbränslehantering AB.

### **Lichtenberg Steen, 2000**

Proactive Management of Uncertainty using the Successive Principle.  
Polyteknisk Press, Danmark.

## Bilaga 1

### Förteckning över använt kärnbränsle och radioaktivt avfall att omhänderta enligt dels referensscenariot med drift av reaktorerna i 50 respektive 60 år, dels scenariot enligt regelverket (40 år)

Värden inom parentes avser dimensionerande mängder för den återstående grundkostnaden, det vill säga drift till och med 40 års drift, dock minst sex års återstående driftår.

Avfallskategori	Volym i slutlager m <sup>3</sup>		Slutförvar
Använt BWR-bränsle <sup>1)</sup>	}	25 100 (18 900)	SFK
Använt PWR-bränsle <sup>2)</sup>			
Övrigt använt bränsle (MOX, Ågesta, Studsvik)			
Reaktorernas interna delar samt hårdkomponenter	9 700	(9 700)	SFL
Driftavfall från CLAB och inkapslingsanläggningen till silo	2 780	(1 780)	SFR driftavfall
Driftavfall från CLAB till bergsal	460	(320)	SFR driftavfall
Driftavfall från CLAB och inkapslingsanläggning <sup>3)</sup>	540	(540)	SFL
Avfall från Studsvik till silo	460	(330)	SFR driftavfall
Avfall från Studsvik till bergsal	4 920	(3 940)	SFR driftavfall
Avfall från Studsvik till bergsal	1 800	(1 800)	SFL
Driftavfall från kärnkraftverken till silo	11 500	(8 560)	SFR driftavfall
Driftavfall från kärnkraftverken till bergsal	36 700	(31 800)	SFR driftavfall
Rivningsavfall från kärnkraftverken till bergrum	150 000	(150 000)	SFR rivningsavfall
Rivningsavfall från Studsvik till bergrum	5 000	(5 000)	SFR rivningsavfall
Rivningsavfall från Clab och inkapslingsanläggningen till bergrum	8 700	(8 700)	SFL
Summa cirka	258 000	(241 000)	

<sup>1)</sup> BWR-element, antal 52 010 (38 910). Dimension 140x140x4383 mm.

<sup>2)</sup> PWR-element, antal 6 570 (5 030). Dimension 210x210x4103 mm.

<sup>3)</sup> Driftavfall som uppkommer efter det att SFR stängts.



