

# FUD-program 98

## Kärnkraftavfallets behandling och slutförvaring

Program för forskning samt utveckling  
och demonstration av inkapsling och  
geologisk djupförvaring

September 1998

### **Svensk Kärnbränslehantering AB**

Swedish Nuclear Fuel  
and Waste Management Co  
Box 5864

SE-102 40 Stockholm Sweden

Tel 08-459 84 00  
+46 8 459 84 00

Fax 08-661 57 19  
+46 8 661 57 19



# **FUD-program 98**

## **Kärnkraftavfallets behandling och slutförvaring**

Program för forskning samt utveckling  
och demonstration av inkapsling och  
geologisk djupförvaring

September 1998

## Förord

Kärntekniklagen kräver ett program för den allsidiga forskning och utveckling och övriga åtgärder som behövs för att hantera och slutförvara kärnavfall på ett säkert sätt och för att avveckla och riva kärnkraftverken. För att uppfylla det kravet presenterar SKB nu FUD-program 98.

Programmet ger ett underlag för säkerhetsarbetet och för att utvärdera och bedöma olika metoder för att ta hand om kärnbränslet. SKB:s plan är att genomföra djupförvaring av bränslet i ett första steg, samtidigt som vi håller möjligheten öppen för andra alternativ. I FUD-programmet redovisar vi vår verksamhet och planering för detta. Granskningen av programmet kan tillföra värdefulla synpunkter utifrån. Myndigheter och regeringen kan klarlägga hur de ser på olika delar av verksamheten och ange riktlinjer för framtiden. Kommuner och andra intressenter får ett underlag för att framföra sina synpunkter till SKB, myndigheter eller regeringen.

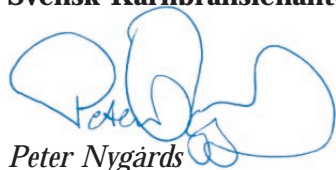
Ett konkret etappmål i vår plan för att genomföra djupförvaringen är att till år 2001 kunna välja minst två platser för platsundersökningar. För att nå det målet ställs stora krav på SKB, men också på andra parter:

- SKB måste presentera ett underlag av hög kvalitet och arbeta på ett öppet och tydligt sätt.
- Myndigheter och regering bör klart redovisa sin syn på SKB:s huvudmetod, det vill säga djupförvaring enligt KBS-3. Baserat på den genomgång av olika metoder vi nu gjort bör det vara möjligt att tydligt ta ställning till om SKB:s val av metod har rätt strategisk inriktning.
- Berörda kommuner och regioner måste få resurser för att fullt ut medverka i lokaliseringsprocessen, delta i diskussionen och ta tillvara sina intressen.

Som underlag till kommande lokaliseringsansökningar för en inkapslingsanläggning och ett djupförvar ska SKB ta fram miljökonsekvensbeskrivningar (MKB-dokument). Samråd om detta har inletts lokalt, regionalt och nationellt. I det sammanhanget ser vi FUD-programmet och granskningen av det som en komponent i det fortsatta MKB-arbetet.

Stockholm i september 1998

### Svensk Kärnbränslehantering AB



Peter Nygårds

VD



Claes Thegerström

vVD, chef Lokalisering

### FUD

Forskning,  
utveckling och  
demonstration

## Läsanvisning

FUD-program 98 ska ge en överblick av SKB:s verksamhet och planer. Det detaljerade forskningsprogrammet redovisas i en separat underlagsrapport. Parallellt med FUD-program 98 publicerar SKB ett antal rapporter som ger en mer ingående bakgrund och redovisning, särskilt i de frågor som regeringen tog upp i sitt beslut om FUD-program 95.

Programmet är uppdelat i två block, bakgrund och genomförande. Bakgrundsdelen inleds med ett kapitel om grundförutsättningarna (kapitel 1). Det tar bland annat upp allmänna principer, lagar och avfallens egenskaper. I det inledande kapitlet beskrivs också de anläggningar som finns i dag för att ta hand om kärnavfallet. De två följande kapitlen handlar om valet mellan olika metoder för att ta hand om kärnavfall (kapitel 2) och om KBS-3-metoden som SKB har valt som huvudalternativ (kapitel 3). Dessa båda kapitel ger en bredare redovisning av såväl olika metoder som KBS-3-metoden än tidigare FUD-program. Bakgrundsdelen avslutas med ett kapitel om djupförvarets långsiktiga säkerhet (kapitel 4).

Den andra delen, om genomförandet, inleds med en översikt av SKB:s strategi och huvuddragen i programmet såväl på lång sikt som för de närmaste åren (kapitel 5). Därefter redovisas planerna för lokalisering (kapitel 6), teknik (kapitel 7) och säkerhetsanalys (kapitel 8) mer utförligt. Sedan ges en översikt av våra planer för stödande forskning och utveckling inklusive fortsatta insatser på andra metoder än KBS-3-metoden (kapitel 9). Programmet avslutas med ett kapitel om rivning av kärntekniska anläggningar (kapitel 10).

En viktig del i det pågående och planerade arbetet är samråd om kommande miljökonsekvensbeskrivningar (MKB). Ett första förslag till innehållsförteckning för kommande MKB-dokument finns därför i en bilaga. Genom att bifoga den till FUD-program 98 vill SKB ge alla remissinstanser möjlighet att på ett tidigt stadium ge synpunkter på vad kommande MKB-dokument ska omfatta.

### Struktur för FUD-program 98

**FUD-program 98**  
Bakgrund  
Genomförande

**Underlagsrapport**  
Detaljerat program för forskning och utveckling

#### Huvudreferenser

- Systemredovisning R-98-10
- Alternativa metoder R-98-11
- Kriterier för platsutvärdering R-98-20
- Nord-syd/Kust-inland R-98-16

#### Övriga referenser

- Länsöversikter
- Förstudierapporter
- Övriga SKB-rapporter
- Forskningsresultat och utredningar från andra organisationer



# Innehåll

	Sida
<b>Sammanfattning</b>	11
<b>Del I – Bakgrund</b>	
<b>1 Utgångspunkter</b>	25
1.1 Avfallet	25
1.2 Vad säger lagen?	26
1.2.1 Ansvarsfördelning	26
1.2.2 Finansiering	27
1.2.3 Regler för tillståndsprovning	28
1.2.4 Föreskrifter om säkerhet och strålskydd	29
1.3 Tidigare beslut	29
1.4 Befintliga anläggningar	30
1.4.1 Slutförvar för radioaktivt driftavfall, SFR	30
1.4.2 Centralt mellanlager för använt kärnbränsle, CLAB	30
1.4.3 Transportsystemet	30
1.5 Kunskapsbas	32
1.6 Vad återstår att göra?	32
<b>2 Metodval</b>	33
2.1 Tre principer för hantering av farligt avfall	33
2.2 Olika moment i hanteringen	34
2.2.1 Övervakad lagring – mellanlagring	35
2.2.2 Geologisk deponering	36
2.2.3 Kvittblivning	38
2.2.4 Upparbetning och återvinning	38
2.2.5 Transmutation	39
2.3 Att välja huvudalternativ	40
2.3.1 Två huvudfrågor	40
2.3.2 Aspekter på problemet	41
2.3.3 Fyra tänkbara strategier	41
2.4 Det svenska huvudalternativet	42
2.5 Historisk bakgrund	44
2.5.1 Överblick	44
2.5.2 Kronologisk sammanfattning av viktiga utredningar	44
<b>3 Djupförvarsmetoden</b>	51
3.1 Det planerade djupförvarssystemet	51
3.1.1 Avfallet	51
3.1.2 CLAB	52
3.1.3 Inkapslingsanläggningen	52
3.1.4 Djupförvaret	52
3.2 Systemanalys	53
3.2.1 Säkerheten	54
3.2.2 Handlingsfrihet	55
3.2.3 Långsiktig lagring i CLAB – nollalternativet	55
3.2.4 Safeguards och fysiskt skydd	56
<b>4 Säkerhet</b>	57
4.1 Säkerhetsprinciper för ett djupförvar	57
4.2 Förvarets primära funktion – isolering	58
4.3 Förvarets sekundära funktion – fördröjning	58
4.4 Säkerhetsanalyser	60

## Del II Genomförande

<b>5</b>	<b>Programöversikt</b>	63
5.1	Vad vill SKB?	63
	5.1.1 Metod	63
	5.1.2 Tidsplan	63
	5.1.3 Lokalisering	64
	5.1.4 Demokratisk förankring och samhällets stöd	64
	5.1.5 Forskning, utveckling och demonstration	64
5.2	Mål för de närmaste årens arbete	65
5.3	Hur når SKB målen?	66
	5.3.1 Lokalisering och etablering	66
	5.3.2 Teknik för inkapsling och deponering	70
	5.3.3 Säkerhetsanalys	72
	5.3.4 Forskning	73
5.4	Miljökonsekvensbeskrivningar	74
5.5	Resurser	75
	5.5.1 Arbetsformer	75
	5.5.2 Organisation	75
	5.5.3 Kostnader	76
<b>6</b>	<b>Lokalisering</b>	77
6.1	Översikt	77
	6.1.1 Remissgranskning av FUD-program 95	78
	6.1.2 Regeringsbeslut angående lokaliseringsprocessen	78
	6.1.3 Nationell samordning	79
	6.1.4 Opinion	79
6.2	MKB-dokument och MKB-samråd	80
	6.2.1 MKB-dokument	80
	6.2.2 MKB-samråd på olika nivåer	81
	6.2.3 Nationellt MKB-samråd	82
	6.2.4 Regionala MKB-samråd	82
	6.2.5 Lokala MKB-samråd	83
6.3	Översiktsstudier och förstudier	83
	6.3.1 Länsvisa översiktsstudier	85
	6.3.2 Nord-syd/Kust-inland	88
	6.3.3 Förstudier	91
	6.3.4 Program för det fortsatta arbetet	98
6.4	Val av områden för platsundersökningar	98
	6.4.1 Myndighetsutlåtanden inför platsval	98
	6.4.2 Tillgängligt och planerat underlag inför platsval	99
	6.4.3 Urvalsprocedur	101
	6.4.4 Exempel på möjliga värderingsgrunder	102
6.5	Platsundersökningar och platsutvärdering	103
	6.5.1 Geovetenskapliga platsundersökningar	104
	6.5.2 Erfarenheter från platsundersökningar	105
	6.5.3 Geovetenskaplig platsutvärdering	105
	6.5.4 Program för det fortsatta arbetet	105
6.6	Kriterier vid platsundersökningar	106
	6.6.1 Begrepp och definitioner	106
	6.6.2 Krav och önskemål på djupförvarets funktion	108
	6.6.3 Geovetenskapliga värderingsfaktorer	110
	6.6.4 Program för det fortsatta arbetet	111
6.7	Instrument- och metodutveckling för platsundersökningar	112
	6.7.1 Ytgeofysik	112
	6.7.2 Inmätning	112
	6.7.3 Borrteknik och mätningar under borring	112
	6.7.4 Metoder för hydrauliska tester och grundvattenkemi	113
	6.7.5 Borrhålsgeofysik och bergspänningsmätningar	113
	6.7.6 Datahantering och kvalitetssäkring	113

<b>7</b>	<b>Teknik</b>	115
7.1	Grundläggande tekniska krav	115
7.1.1	Krav på kapseln	115
7.1.2	Krav på bufferten	116
7.1.3	Krav på berggrunden	117
7.1.4	Krav på återfyllnadsmaterialet	117
7.1.5	Krav på förslutningarna	117
7.2	Utformning av kapseln	118
7.2.1	Konstruktionsförutsättningar	118
7.2.2	Kapselns konstruktion	119
7.2.3	Program för det fortsatta arbetet	120
7.3	Inkapsling och transport till djupförvaret	121
7.3.1	Tillverkning av kapslar	121
7.3.2	Inkapslingsanläggning	122
7.3.3	Mellanlagring av fyllda kapslar	126
7.3.4	Transport till djupförvaret	126
7.3.5	Program för det fortsatta arbetet	126
7.4	Utformning av djupförvaret	127
7.4.1	Projektering	128
7.4.2	Systemstudier	129
7.4.3	Teknikutveckling	130
7.4.4	Program för det fortsatta arbetet	135
7.5	Eventuellt återtag av deponerade kapslar	137
7.5.1	Återtag från djupförvaret	137
7.5.2	Transport av återtagna kapslar	138
7.5.3	Mellanlagring av kapslar	138
7.5.4	Program för det fortsatta arbetet	138
7.6	Provning av teknik i full skala	139
7.6.1	Provtillverkning av kapslar	139
7.6.2	Kapsellaboratoriet	142
7.6.3	Borrning av deponeringshål	143
7.6.4	Provning av deponeringsmaskin	144
7.6.5	Provning av teknik för återfyllning	145
7.6.6	Provning av återtag	145
<b>8</b>	<b>Säkerhetsanalyser</b>	147
8.1	Vad är en säkerhetsanalys?	147
8.2	Systembeskrivning	148
8.3	Analys av olika scenarier	149
8.4	Val av scenarier	150
8.5	Brister i informationsunderlaget	150
8.6	Säkerhetsanalysen som prioriteringsinstrument	151
8.7	Program för det fortsatta arbetet	152
8.7.1	Säkerhetsrapport 97, SR 97	152
8.7.2	Utvärdering av SR 97	152
8.7.3	Vidareutveckling efter SR 97	153
8.8	Kommande säkerhetsanalyser	153
<b>9</b>	<b>Forskning</b>	155
9.1	Redovisning av forskningsprogrammet	155
9.2	Omfattning och prioritering	155
9.3	Översikt av forskningsområden och forskningsprogram för djupförvaret	158
9.4	Forskning om alternativa metoder	173

<b>10 Rivning</b>	177
10.1 Erfarenheter av rivning	177
10.2 Tillvägagångssätt vid rivning	177
10.3 Kunskapsläge	179
10.3.1 Sverige	179
10.3.2 Andra länder	180
10.3.3 OECD/NEA	180
10.3.4 EU	181
10.3.5 IAEA	181
10.4 Program för det fortsatta arbetet	182
<b>Referenser</b>	183
<b>Bilaga</b>	193

## Sammanfattning

*Under de närmaste åren kommer SKB att utvidga lokaliseringsunderlaget för djupförvaret med regionala studier av län och ytterligare förstudier. År 2001 planerar vi att kunna välja minst två platser för platsundersökningar. Undersökningarna, med bland annat provborrningar, bör då kunna påbörjas år 2002. En viktig milstolpe passerar därmed i lokaliseringsarbetet.*

*Tekniken för djupförvaring kommer att provas i full skala vid våra laboratorier i Oskarshamn. Vid Kapsellaboratoriet, som tas i drift hösten 1998, ska SKB vidareutveckla tekniken att försluta koppar-kapslar och kontrollera deras kvalitet. Vid Äspölaboratoriet kommer vi att utveckla och testa tekniken för att hantera och deponera kapslar, återfylla deponeringstunnlar, och även återta deponerade kapslar. Allt detta ska genomföras i full skala och i en realistisk miljö, men utan radioaktivt material i kapslarna.*

*En ny säkerhetsanalys, SR 97, ska bli klar 1999 och därefter utsättas för en internationell granskning enligt regeringens beslut. När SKB sedan får data från undersökningsplatserna kommer säkerhetsanalysen att uppdateras och fördjupas. Forskningen kommer att fokuseras på säkerhetsanalysens behov och på att ge underlag för att följa och bedöma utvecklingen av alternativa metoder som transmutation.*

Det program som SKB nu redovisar bygger på de tidigare programmen, i synnerhet FUD-program 92 med kompletterande redovisning 1994, och FUD-program 95. Ytterligare en utgångspunkt är remissynpunkterna på dessa program och de riktlinjer som regeringen givit i sina beslut. SKB:s fortsatta arbete bygger på följande uppläggnings:

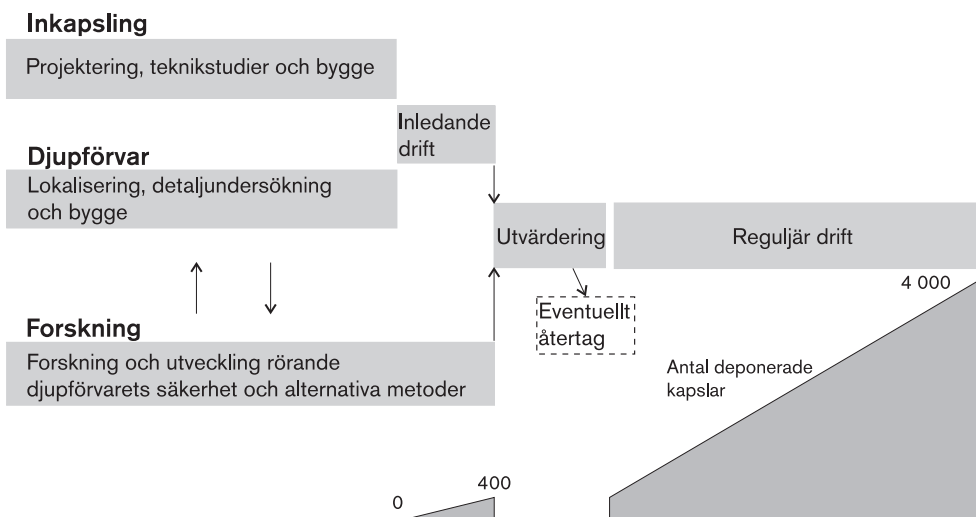
- Ett stegvis upplagt program för att genomföra djup geologisk förvaring av inkapslat använt kärnbränsle (demonstrationsdeponering).
- Ett fortsatt aktivt program för forskning och utveckling kring centrala frågor om teknik och säkerhet för djupförvaringsmetoden och för alternativa metoder.

Det kommer att ta minst 40–50 år att genomföra alla åtgärder som behövs för att ta hand om allt långlivat och högaktivt kärnavfall på ett långsiktigt säkert sätt. Det är därför lämpligt att gå fram i steg och att hålla öppet för teknisk utveckling, förändringar och möjligheter att återta redan deponerat avfall, se figur 1. Då finns det handlingsfrihet för framtiden samtidigt som djupförvaringsmetoden demonstreras i full skala och under verkliga förhållanden. Även besluten om lokalisering, bygge och drift av en inkapslingsanläggning och ett djupförvar tas i steg och baseras på successivt mer detaljerat underlag.

Programmet för att konkret genomföra djupförvaringen befinner sig i ett inledande skede. SKB arbetar sedan några år tillbaka med att ta fram det beslutsunderlag som behövs för att ansöka om lokaliseringstillstånd för en inkapslingsanläggning och ett första steg av ett djupförvar.

### SKB vill

- Konkret demonstrera djupförvaring
- Gå fram i steg
- Forska vidare
- Hålla öppet för förändringar



Figur 1. Viktiga steg i djupförvarsprogrammet.

### Vilka utgångspunkter finns det för kärnavfallsprogrammet?

De grundläggande riktlinjerna och rollfördelningen ligger fast sedan länge. Kärnavfall som produceras i Sverige ska också tas om hand i Sverige. Det är SKB:s ansvar att svara för hanteringen och ta fram metod och plats för slutförvaring. SKI och SSI granskar att SKB:s förslag uppfyller kraven på säkerhet och strålskydd. Tillstånd för lokalisering, bygge och drift fattas av regeringen, och de kommuner där nya anläggningar ska byggas måste tillstyrka lokaliseringen. Pengar för verksamheten avsätts i en särskild fond genom en avgift på elen från kärnkraftverken.

SKB har i dag ett slutförvar för radioaktivt driftavfall (SFR) och ett centralt mellanlager för använt kärnbränsle (CLAB). SKB ansökte 1997 om att få bygga ut CLAB för att kunna mellanlagra allt bränsle från de svenska kärnkraftverken. I augusti 1998 gav regeringen tillstånd till utbyggnaden av CLAB.

Systemet med SFR, CLAB och fartyget M/S Sigyn innebär att SKB i dag tar hand om och förvarar kärnkraftens radioaktiva restprodukter. Planeringen av en inkapslingsanläggning och ett djupförvar syftar till att etablera ett system som höjer säkerheten på lång sikt.

### Vilka metoder kan man tänka sig för att ta hand om kärnavfallet?

Det bästa vore om det gick att utnyttja det använda kärnbränslet till något nyttigt eller ta bort radioaktiviteten så att problemet försvinner. Om detta inte är möjligt så måste kärnavfallet förvaras i en sådan form och på en sådan plats att det inte kommer ut i naturen och skadar människan eller miljön. Man kan t ex tänka sig att förvara avfallet i byggnader på markytan eller i förvar i berggrunden.

Flera metoder och tekniska varianter för att ta hand om kärnavfallet är alltså tänkbara. I sitt beslut om FUD-program 95 begärde regeringen "...en redovisning av de alternativa lösningar till KBS-3-metoden som SKB redovisat i tidigare forskningsprogram eller som aktualiserats i internationella studier". Nu publicerar SKB en sådan redovisning i en särskild rapport, "Alternativa metoder. Långsiktigt omhändertagande av kärnbränsleavfall". Fyra principiellt olika handlingslinjer för att ta hand om det använda kärnbränslet kan urskiljas:

- **Övervakad lagring**

Det använda bränslet bevaras intakt. Det långtidslagras under kontrollerade förhållanden, och man beslutar senare om hantering enligt något av de följande alternativen.

**SKI**  
Statens  
kärnkraftinspektion

**SSI**  
Statens  
strålskyddsinstitut

SKB ansvarar för kärnavfallsprogrammet.  
SKI och SSI granskar.  
Regeringen beslutar.

**Fyra handlingslinjer**

- Övervakad lagring
- Direktdeponering i djupförvar
- Upparbetning (transmutation)
- Kvittblivning

- **Direktdeponering i djupförvar**

Efter en tids övervakad lagring inkapslas det använda bränslet och deponeras i ett djupförvar utan krav på tillsyn eller behov av underhåll, men med möjlighet till återtagning. Djupförvaret kan exempelvis vara utformat som ett system av tunnlar med deponeringshål (t ex KBS-3). Deponeringen kan också ske i långa tunnlar eller i borrhål ner till flera kilometers djup.

- **Upparbetning, eventuell transmutation, och därefter deponering i djupförvar**

Uran och plutonium avskiljs med kemiska metoder för att återanvändas som kärnbränsle. Återstående avfall deponeras i ett djupförvar. Möjligtvis kan även transmutation ingå i denna lösning i framtiden.

- **Kvittblivning**

Det använda kärnbränslet görs otillgängligt för all framtid, t ex genom utskjutning i rymden.

De olika handlingslinjerna, liksom de tekniska lösningarna, kan vara olika långt utvecklade och kunskapen om dem kan variera. Tekniken för övervakad lagring är t ex sedan länge väl etablerad i industriell skala. Transmutationstekniken, däremot, befinner sig på forskningsstadiet vilket innebär att det fortfarande finns stora osäkerheter om den kommer att kunna etableras i industriell skala och vilka prestanda som i så fall kan uppnås.

SKB:s samlade bedömning är att geologisk djupförvaring av inkapslat bränsle bör kvarstå som huvudalternativ. Övervakad lagring på eller nära markytan uppfyller inte kraven på långsiktig säkerhet, men ingår som ett viktigt steg i alla alternativ för att ta hand om det använda bränslet. Transmutationstekniken är inte tillgänglig i dag och rymmer många osäkerheter. Även om transmutation skulle utvecklas i industriell skala behövs det någon form av djupförvar. SKB anser dock att tekniken är så intressant att vi vill fortsätta att stödja forskningen och följa utvecklingen. Tänkbara metoder för kvittblivning är inte tekniskt eller politiskt realistiska.

### Vad innebär djupförvarsmetoden KBS-3?

Planeringen är att när kärnbränslet mellanlagrats cirka 30 år i CLAB så ska det kapslas in i täta kopparkapslar. Detta görs i en inkapslingsanläggning. Därefter transporteras kapslarna till ett djupförvar där de deponeras omgivna av bentonitlera, på cirka 500 meters djup i berget. De kärntekniska anläggningar som kommer att ingå i detta system visas i figur 2.

I sitt beslut om FUD-program 95 krävde regeringen att SKB skulle ”genomföra en systemanalys av hela slutförvarssystemet (inkapslingsanläggning, transporter och slutförvar)”. Ett syfte var att få underlag till en samlad säkerhetsbedömning av hela systemet.

Vi har tagit fram en sådan systemredovisning för djupförvarsmetoden KBS-3. Redovisningen visar att systemet kan utformas så att högt ställda säkerhetskrav kan uppfyllas, såväl vid drift av anläggningarna som på lång sikt i djupförvaret. Arbetet med systemredovisningen kommer att fortsätta och göras mer detaljerat. Bland annat kommer den nya säkerhetsanalysen (SR 97) att ge ytterligare underlag för systemredovisningen.

En särskild fråga har varit hur länge bränslet kan ligga kvar i CLAB. Utredningar visar att lagringstiden troligen kan utsträckas till 100 år eller mer, under förutsättning att lagringen sker under kontrollerade former, dvs med drift och övervakning av anläggningen som i dag och med underhåll av bergrum, byggnader och installationer. En viktig förutsättning är att kylningen av bränslet bibehålls. Om man av någon anledning, t ex krig, skulle överge CLAB utan att dessa funktioner hålls igång medför detta oacceptabla utsläpp och doser i omgivningen.

#### Transmutation

Långlivade radioaktiva ämnen beskjuts med neutroner och omvandlas till kortlivade eller stabila ämnen

Övervakad lagring – etablerad men inte långsiktigt säker

Transmutation – på forskningsstadiet, framtiden osäker

Kvittblivning – inte realistiskt

Djupförvaring är huvudalternativ

SKB redovisar systemanalys

Möjligt att lagra minst 100 år i CLAB





Figur 2. Kärntekniska anläggningar i det planerade djupförvarssystemet.

### Hur är det fortsatta programmet upplagt?

SKB har gått igenom de senaste årens framsteg och svårigheter och lagt fast riktlinjer för det framtida programmet och arbetssättet. Metoden med djupförvaring ska målmedvetet drivas vidare så att den kan genomföras praktiskt i ett första steg. Vi hävdar att det är bästa sättet att ta hand om använt kärnbränsle på ett långsiktigt säkert sätt. Arbetet ska bedrivas så att tillräcklig tid ges för den demokratiska processen i de regioner och kommuner som blir berörda samt att tid ges för ett grundligt MKB-arbete. Det behövs troligen ca 15 år innan inkapsling och deponering har påbörjats i ett första steg.

Vägen fram till en på så sätt genomförd långsiktig förvaring av kärnbränsleavfallet är lång och omfattar många steg. Två kärntekniska anläggningar – en inkapslingsanläggning och ett djupförvar – behöver lokaliseras och byggas. Figur 3 visar alla återstående led med lokalisering och bygge av dessa anläggningar, drift av systemet, förslutning och övervakning. För respektive anläggning, och för vart och ett av stegen, måste SKB ansöka om tillstånd. Eftersom anläggningarna ska fungera tillsammans finns det dessutom kopplingar mellan tillståndprocesserna. Besluten fattas av regeringen och i praktiken måste säkerhets-, strålskydds- och miljömyndigheter liksom berörd kommun tillstyrka ansökan för att SKB ska kunna gå vidare från ett steg till nästa.

Lokaliseringen av djupförvaret är en nyckelfråga i kärnavfallsprogrammet. Utan konkreta undersökningar av kandidatplatser för denna lokalisering kommer programmet inte närmare ett genomförande. Därför har arbetet med att få fram allt underlag som behövs för att välja de platser som ska undersökas högsta prioritet under de kommande åren. Att få till stånd fler förstudier kvarstår som ett viktigt led i det arbetet. Utgångspunkten kommer, mer än tidigare, att vara ett regionalt perspektiv.

För inkapslingsanläggningen ser SKB fördelar med en placering vid CLAB, men det skulle också kunna vara möjligt att lägga den vid djupförvaret. Den möjligheten kommer att utredas när kandidatorter för djupförvaret blir kända. Förutom de kärntekniska anläggningarna ska SKB också etablera en fabrik för att tillverka tomma kapslar. Den kan lokaliseras till samma region som inkapslingsanläggningen eller djupförvaret. Alternativt läggs den vid någon redan befintlig metallindustri.

Om djupförvarsprojektet ska kunna genomföras krävs samhällets stöd och en demokratisk förankring av alla viktiga beslut. Programmet, inklusive behovet av kommuners medverkan i lokaliseringsarbetet för djupförvaret, behöver få ett tydligt stöd bland annat av statsmakterna. SKB kommer därför att fortsätta verka för att få ett brett och aktivt engagemang i samhället kring kärnavfallsfrågan.

Många steg med tillståndsprövning

Djupförvarets lokalisering är en nyckelfråga

SKB planerar att bygga inkapslingsanläggningen vid CLAB

Programmet behöver samhällets stöd för att kunna genomföras

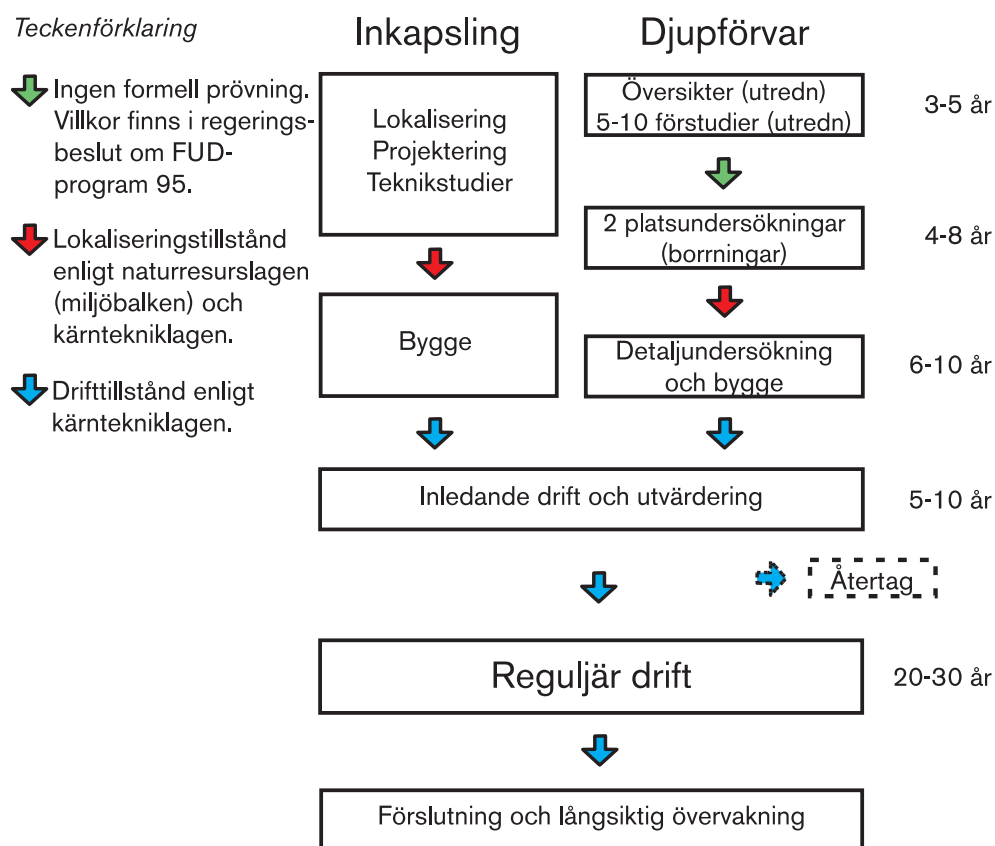


## Vad vill SKB åstadkomma under de närmaste åren?

Det viktigaste målet nu är att kunna börja platsundersökningar för djupförvaret på minst två orter i landet. För att uppnå detta planerar SKB att, fram till år 2001, genomföra följande:

- Redovisa regionala översiktsstudier för Sveriges samtliga län utom Gotland.
- Redovisa förstudierna i Nyköping, Östhammar, Oskarshamn och Tierp.
- Genomföra och redovisa ytterligare minst en förstudie.
- Göra en samlad redovisning av allt underlag (översiktsstudier, förstudier, jämförelsematerial, urvalsunderlag, etc) med SKB:s val av platser för platsundersökningar.
- Redovisa program för geovetenskapliga platsundersökningar och platsutvärdering med kriterier.
- Välja minst två platser för geovetenskapliga platsundersökningar och redovisa platsanpassade undersökningsprogram.
- Redovisa en ny heltäckande analys av den långsiktiga säkerheten och få den granskad av internationella experter.
- Fortsätta arbetet med stödjande forskning om huvudmetoden och alternativa metoder för att ta hand om och förvara använt kärnbränsle.
- Fortsätta arbetet med teknikutveckling och projektering för inkapsling och djupförvaring.
- Ta fram underlag för ansökan om tillstånd att bygga en inkapslingsanläggning.

Två platser  
väljs 2001



Figur 3. Stegvis lokalisering, utbyggnad, drift och förslutning.

## Hur sker arbetet med lokalisering av djupförvaret?

Lokaliseringen av djupförvaret påbörjades 1992. Vid den tidpunkten fanns redan ett omfattande underlag om berggrunden i olika delar av landet. Underlaget bestod av generella geovetenskapliga utredningar och specifika studier på ett tiotal områden (typområden) runt om i landet. Sedan 1992 har översiktsstudier av hela landet samt förstudier av enskilda kommuner genomförts.

Figur 4 illustrerar det lokaliseringsunderlag som nu finns framme i olika skalor. Ett viktigt nytt bidrag till underlaget är de regionala översiktsstudierna. Sveriges Geologiska Undersökning, SGU, går igenom vad man vet om berggrunden i samtliga län, utom Gotland, och bedömer i denna skala var det kan finnas intressant berggrund för ett djupförvar. SKB kompletterar SGU:s material med underlag om infrastruktur och markanvändning. Under hösten 1998 publicerar vi regionala studier för de tio län som ligger vid Sveriges ostkust och resterande länsstudier blir klara i början av 1999. Hittills genomförda regionala översikter visar att det finns lämpliga områden för vidare studier i samtliga studerade län. Detta ger ett underlag för att bedöma var inom respektive län det är meningsfullt att försöka gå vidare med ytterligare kartläggningar och förstudier.

Till lokaliseringsunderlaget har också fogats en särskild utredning om för- och nackdelar med en lokalisering i nord eller syd och vid kusten eller i inlandet. Detta begärde regeringen i sitt beslut om FUD-program 95. Utredningen klargör hur dessa geografiska aspekter kan påverka förutsättningarna för en lokalisering i olika delar av Sverige. Studien visar att det inte går att utpeka någon del av landet som särskilt lämplig, eftersom lokala förhållanden och bergets egenskaper på djupet har så stor betydelse.

I förstudierna sker det konkreta arbetet med att bland annat identifiera möjliga områden för en eventuell platsundersökning. Tyvärr blev det, liksom i Storuman, inte heller i Malå någon möjlighet till fortsättning eftersom en folkomröstning i september 1997 resulterade i att 54 % av de röstande sade nej till att låta SKB fortsätta lokaliseringsstudierna i kommunen. Det finns många lärdomar att ta

SGU kartlägger och bedömer berggrunden i varje län, utom Gotland

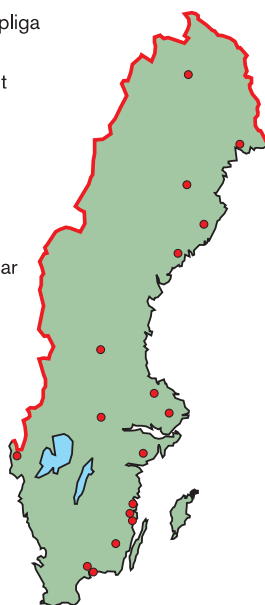
Lokala förhållanden och berggrunden på djupet är avgörande

### Geovetenskapligt bakgrundsmaterial

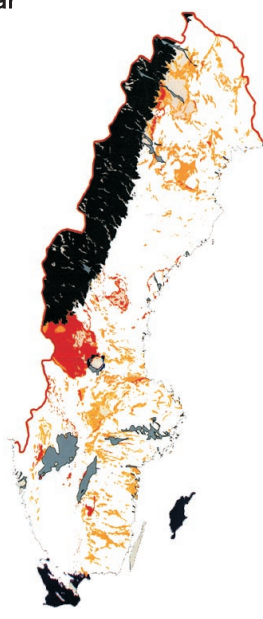
Tekniska - vetenskapliga rapporter om:

- ▶ Geologi - allmänt
- ▶ Tektonik
- ▶ Hydrogeologi
- ▶ Geokemi
- ▶ Bergmekanik
- ▶ Klimatförändringar
- ▶ ...

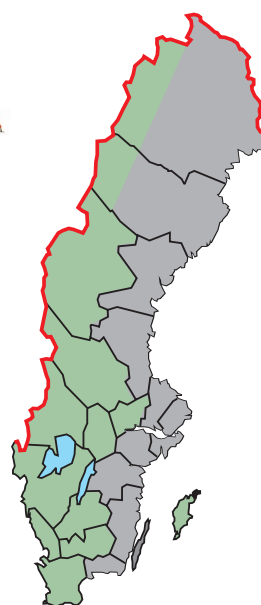
### Typområdesundersökningar



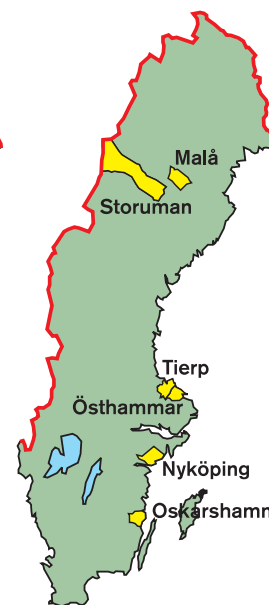
### Översiktsstudier



### Regional studier



### Förstudier



Figur 4. Lokaliseringsunderlag i olika skalor.

vara på från Storuman och Malå. Vi har på olika sätt studerat händelseförloppen i dessa kommuner. Bland annat har forskare intervjuat invånare och lokala företrädare för Malå kommun och personer som varit engagerade på nej- och ja-sidan.

Nej-sidan pekade på sin oro över förvarsmetoden och riskerna med transporterna. Vidare menade de att turismen och rennäringsen skulle påverkas negativt. Andra vanliga argument var att det fanns risk för att djupförvaret får ta emot hela Europas kärnavfall och att det kommunala vetot inte kommer att gälla om man säger ja till en platsundersökning. Ett annat skäl som framfördes för att säga nej var att Malå inte hade haft någon nytta av kärnkraften.

Ja-sidan pekade dels på det nationella ansvaret, dels på möjligheterna till framtida stabil sysselsättning och utveckling av kommunen. De ansåg att ett ja till en platsundersökning inte var bindande för en definitiv lokalisering av ett djupförvar i den egna kommunen. Gemensamt för såväl ja- och nej-anhängare som många andra som deltog i diskussionen var att man efterlyste ett mer aktivt engagemang från regering, riksdag och regionala organ.

Förstudierna i Nyköping och Östhammar har nått fram till preliminära slutrapporter som anger ett antal potentiellt intressanta områden i respektive kommun. SKB planerar att slutrapportera dessa två förstudier under 1999, efter att vi fått synpunkter från kommunerna och andra berörda eller intresserade. I Oskarshamn påbörjades en förstudie 1997 och den beräknas pågå cirka 2 år. I Tierps kommun kommer en förstudie igång under hösten 1998. Den beräknas vara avslutad under 2000.

Ytterligare förstudier kan dra fördel av de erfarenheter och den metodik som nu finns utprovad. Förutsatt att nya förstudier kan starta under 1998-99 bör ett val av minst två platser för platsundersökningar kunna ske under 2001.

Förstudierna sker med ett omfattande engagemang från kommunernas sida. Länsstyrelserna i de berörda länen deltar genom att arrangera former för regionala samråd om miljökonsekvensbeskrivningen (MKB). Den nationella samordnaren som regeringen utsåg 1996 har på kommunernas begäran etablerat ett nationellt MKB-forum där gemensamma diskussioner förs om bland annat alternativa metoder, systemanalys av djupförvarsmetoden och lokaliseringsprocessen. SKB tycker att denna utveckling skapat betydligt bättre former för lokaliseringsarbetet och stödet till kommunerna än vad som fanns för några år sedan. På en del punkter kvarstår dock oklarheter. Statsmakterna behöver t ex klargöra formerna och stödet för kommunernas medverkan efter förstudieskedet.

Inför valet av minst två platser för platsundersökningar kommer SKB att sammanställa allt lokaliseringsunderlag med bland annat en samlad utvärdering av förstudierna och av jämförelsematerial. Vidare kommer kriterier för hur platsundersökningar ska utvärderas att redovisas. I det här programmet redovisar vi vilket underlag som kommer att finnas, på vilket sätt vi planerar att gå till väga med valet av platser och det arbete som pågår med att ta fram kriterier för att utvärdera platserna. Regeringen tog upp detta i sitt beslut om FUD-program 95 och det har också efterfrågats i MKB-samråden.

För de platser och kommuner som väljs ska programmet för platsundersökningar anpassas till lokala förhållanden. På samma sätt som vid en förstudie kommer SKB att ta fram det övergripande programmet för platsundersökningsskedet i samråd med kommunen. För att berörda kommuner ska kunna ta ställning till en platsundersökning behövs också utlåtanden från myndigheterna som anger om SKB:s redovisning av förvarsmetod, platsundersökningsprogram och val av platser är tillfyllest.

Inom en sexårsperiod tror vi att platsundersökningarna har kommit en bra bit på väg och att arbetet med att ta fram underlag för en ansökan om att lokalisera och uppföra djupförvaret på en av dessa platser har inletts.

#### Lokala folk- omröstningar:

Storuman (1995)

71 procent nej

Malå (1997)

54 procent nej

Förstudier pågår i

- Nyköping
- Östhammar
- Oskarshamn
- Tierp

Former för stöd till kommunerna behöver klargöras ytterligare

Samlat lokaliseringsunderlag och kriterier för platsutvärdering tas fram

SKB tycker att myndigheterna behöver yttra sig om val av platser

Hantering och transport är beprövad teknik. Inkapsling och deponering utvecklas.

## Hur tar SKB fram tekniken för djupförvarssystemet?

SKB har praktisk erfarenhet av att hantera och transportera använt kärnbränsle och annat kärnavfall. De komponenter i djupförvarssystemet som är nya och oprövade i industriell skala är inkapsling och deponering av använt bränsle. Att utforma, tillverka, försluta och kontrollera kapslar är därför ett nyckelområde i programmet. Ett annat är hur deponeringen av kapslar i djupförvaret praktiskt ska gå till.

### *Inkapsling*

Innan det använda bränslet placeras i djupförvaret ska det kapslas in. Kapslarna ska utformas så att säkerheten blir hög vid inkapsling, transport, deponering och slutförvaring. Det är säkerheten vid slutförvaring som i första hand styr kapselns utformning. Kapselns främsta funktion i djupförvaret är att isolera det använda bränslet från omgivningen. Så länge kapseln är intakt förhindras all spridning av radioaktivitet. Kapseln ska motstå alla kända korrosionsprocesser så att den bedöms kunna förbli intakt i djupförvaret under minst 100 000 år. Om det trots allt skulle bli ett genombrott på kapseln ska de övriga barriärerna fördröja och dämpa spridningen av radioaktiva nuklider till acceptabla nivåer.

SKB har sedan slutet av 1970-talet bedrivit forskning för att studera kopparkapselns beständighet. Forskningsresultaten visar generellt att den planerade kapseln kan uppfylla kraven. Det pågår även ett tekniskt utvecklingsarbete för kapseltillverkning i industriell skala. Under de senaste åren har samtliga komponenter i kapseln provtillverkats i full skala med olika metoder.

Olika tekniker för tillverkning av kapslar kommer att vidareutvecklas under de kommande åren. När tillverkningsmetoden ska väljas ska SKB ha provat ut och specificerat alla tillverkningsmoment och systemet för kvalitetssäkring ska vara certifierat enligt internationell standard. Tekniskt underlag för en kapselfabrik ska finnas framme.

För att tillgodose behovet av kapslar för fullskaleprov vid Äspölaboratoriet kommer ett par kompletta kapslar att tillverkas under 1998. Under 1999 kommer ytterligare minst sex kapslar att tillverkas för samma ändamål. Kopparrör och kopparlock till kapslar kommer att tillverkas för att täcka Kapsellaboratoriets behov.

Under de närmaste åren kommer SKB att inventera och bedöma de leverantörer som finns på marknaden. Syftet är att finna de bästa leverantörerna och att knyta långsiktiga kontakter med dessa. SKB planerar att införa ett kvalitetssystem som täcker hela kedjan från leverantörer av material till leveranser av färdiga kapslar.

I FUD-program 95 beskrev vi planerna på att uppföra ett laboratorium för inkapslingsteknik för att utveckla de centrala delarna i inkapslingsprocessen. Ett sådant laboratorium är nu byggt i Oskarshamn och driften startar under hösten 1998, se figur 5. Kapsellaboratoriet ska utgöra ett centrum för utveckling av inkapslingsteknik och utbildning av personal för inkapslingsanläggningen.

Planerna för utveckling av inkapslingstekniken innebär sammanfattningsvis att vi under de närmaste tre åren bland annat planerar att göra följande:

- Vidareutveckla tekniken för förslutning och provning av kapslar. Programmet för perioden fram till 2001 omfattar provförslutningar och test av utrustning för oförstörande provning av svetsarnas kvalitet.
- Prova och demonstrera andra delar av inkapslingsprocessen i Kapsellaboratoriet.
- Ta fram underlag för ansökan om tillstånd att bygga inkapslingsanläggningen.
- Välja tillverkningsmetod för kapslarna.

Under den efterföljande treårsperioden planerar SKB att i detalj redovisa hur kapseln ska utformas och tillverkas samt ansöka om tillstånd att bygga inkapslingsanläggningen.

Kapsellaboratoriet tas i drift hösten 1998

Tillverkningsmetod för kapseln väljs inom tre år





*Figur 5. Kapsellaboratoriet i Oskarshamn.*

### *Bygge av anläggningar*

Det finns tidigare erfarenheter från uppförande av kärnkraftverken och CLAB som kan nyttjas när inkapslingsanläggningen och djupförvarets ovanjordsanläggningar ska byggas.

För bygge av djupförvarets underjordsdel har SKB egna direkta erfarenheter från berganläggningarna vid CLAB, SFR och Äspölaboratoriet. På en del punkter krävs ändå insatser för att anpassa befintlig teknik eller i vissa fall utveckla ny. Det gäller framför allt metoder för att bygga och täta tunnlar enligt de krav som finns på djupförvaret, teknik för att göra deponeringshål samt metoder för att beskriva och förutsäga bergförhållanden inför och under bygget. Kring dessa frågor bedriver SKB teknikutveckling, där resultaten successivt tillförs den samlade projekteringen av djupförvaret.

I ett sexårsperspektiv beräknas platsundersökningarna komma igång och hinna så långt att projekteringen konkret kan baseras på data från de platser som undersöks. Målet är att en översiktlig, platsanpassad utformning av djupförvarets anläggningar ska kunna presenteras för de aktuella platserna. Innan dess ska principlösningar fastställas för viktiga delsystem. Det gäller bland annat transportsystem, tillfartsalternativ till anläggningarna under jord samt drivningsmetoder för tunnlar.

### *Deponering av avfall*

Vid djupförvaret ska kapslarna tas emot och transporteras ner till sina respektive deponeringshål. En stor del av den hanteringen kan ske med känd och beprövad teknik. För att överföra kapslarna till hanteringsmaskiner i deponeringstunnlarna och placera kapslarna i deponeringshål behöver ny teknik utvecklas.

Det behövs också buffert- och återfyllnadsmaterial i djupförvaret. Bentonitbufferten måste kunna tillverkas och placeras i deponeringshålen så att den omsluter kapseln. Vidare ska deponeringstunnlarna återfyllas och, längre fram i tiden, hela djupförvaret tillslutas. Verksamheten med deponering och återfyllning är till stora delar unik för djupförvaret och arbetet med att utveckla tekniken pågår sedan länge.

De försök i full skala som nu planeras vid Äspölaboratoriet innebär ett nytt steg i utvecklingen av teknik för deponering och återfyllning. I och med dessa försök

#### **Fullskaleförsök vid Äspölaboratoriet**

- Borra deponeringshål
- Deponera och återfylla
- Följa utvecklingen efter deponering och återfyllning
- Återta deponerade kapslar

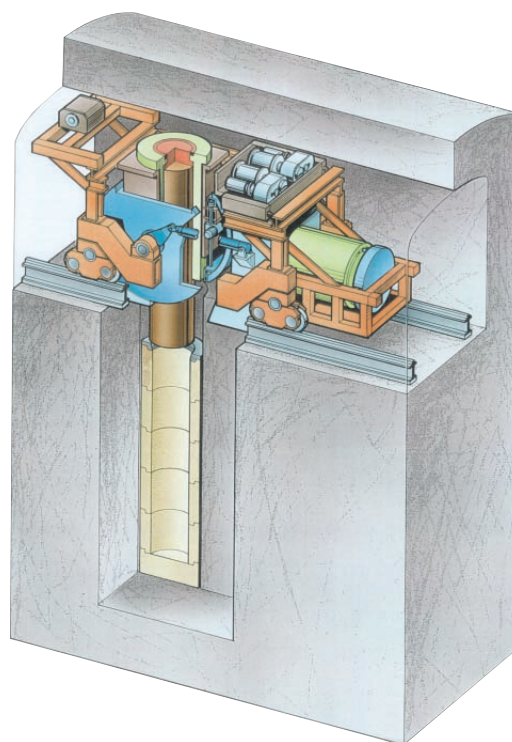
integreras komponenter, som hittills utvecklats var för sig, till ett helt system som provas i realistisk miljö och full skala. Äspölaboratoriet blir därmed den centrala resursen i SKB:s arbete med att utveckla, testa och demonstrera djupförvarstekniken. Viktiga försök som planeras vid laboratoriet under den kommande treårsperioden är borrning av ett antal deponeringshål i full skala, tester av deponering och återtag, samt försök med återfyllning och förslutning av tunnlar. I ett tunnelavsnitt kommer utvecklingen i djupförvaret efter deponering att simuleras. I de kapslar som deponeras finns elektriska värmare som motsvarar värmeavgivningen från kärnbränslet. Värmeutbredningen från kapslarna liksom vattenupptagning och svällning i omgivande buffert och återfyllning kommer att följas under flera år.

Parallellt med dessa försök planeras utveckling och konstruktion av maskiner och fordon, figur 6. Inom en sexårsperiod är målet att kunna demonstrera deponeringstekniken i sin helhet.

### Hur ska den långsiktiga säkerheten analyseras?

Djupförvarets långsiktiga säkerhet utvärderas i säkerhetsanalyser. Arbetet med att utveckla säkerhetsanalysen har pågått kontinuerligt sedan 1979 då den första säkerhetsrapporten presenterades (KBS-1). Den senaste större analysen (SKB-91) presenterades 1991. För närvarande gör SKB en ny säkerhetsanalys benämnd SR 97, som kommer att presenteras under 1999. Den kommer att innehålla en rad nyheter jämfört med tidigare analyser. De viktigaste är följande:

- En systematisk dokumentation och behandling av de processer som kan ske i ett djupförvar och en ny form för att beskriva hela systemet av processer.
- En systematisk behandling av brister i numeriska data för alla processer som direkt berör beräkningar av radionuklidtransport.
- Fördjupade studier av händelseförloppet inuti en kapsel med antaget defekt kopparhölje.
- En jämförelse av tre modeller för vattenflöde och transport av radionuklider i berggrunden, baserad på förhållandena vid Äspö.
- En ny metod för att bedöma effekterna på förvaret av jordskalv.



*Figur 6. Principskiss av den deponeringsmaskin som ska provas vid Äspölaboratoriet.*

## Vilken forskning pågår och planeras?

SKB har, sedan slutet av 1970-talet, bedrivit en omfattande forskning. Syftet har främst varit att ta fram de metoder och det vetenskapliga underlag som behövs för att analysera förvarets långsiktiga säkerhet. Forskningen har lagt grunden för att gå vidare mot ett första steg av ett djupförvar. Det innebär inte att det är slutforskat. Fortsatt forskning kan ytterligare förbättra kunskapsbasen.

Forskningsprogrammet har flera mål. Det viktigaste är att ge ett så bra underlag som möjligt för säkerhetsanalysen. Forskningen ska också ge underlag för att bedöma utvecklingen av alternativa metoder. Viktiga områden för fortsatt forskning är bland annat följande:

- *Använt bränsle.* Beständigheten hos det använda bränslet i grundvatten var något som SKB började undersöka 1977 (KBS-projektet) och det nuvarande programmet fastställdes 1982. Förbättrad kunskap och modeller tas fram till säkerhetsanalysen.
- *Buffert och återfyllning.* Bentonitens egenskaper som buffert mellan kapsel och berg undersöks och ett väsentligt forskningsområde är bentonitens stabilitet (kemisk och fysikalisk).
- *Strukturgeologi och bergets mekaniska stabilitet.* Berget är en viktig barriär som ska skydda kapseln. Inför lokaliseringen förbättrar SKB kunskapen om marginaler i bergets förmåga att isolera avfallet. Metoder för kartläggning och tolkning av bergets struktur utvecklas ytterligare och fler studier genomförs avseende hur jordskalv kan påverka ett djupförvar.
- *Vattenflöde och transport.* Transport av lösta ämnen i berget beror bland annat på grundvattenflöde och flödesvägar. Att mäta de hydrauliska egenskaperna i området där förvaret ska ligga och beskriva detta med flödesmodeller är viktigt för säkerhetsanalysen. Modeller och mätmetoder förbättras successivt. Det är också viktigt att studera hur ämnen hålls kvar i berget genom sorption på bergets mineral. Sådana experiment genomförs bland annat vid Äspö-laboratoriet.
- *Grundvattenkemi.* Djupt grundvatten är en viktig del av den kemiska miljön i förvaret. Undersökningar görs för att pröva hur stabil den miljön är, hur den klarar bygget av förvaret och vad framtiden kan innebära.
- *Kemi för radionuklider.* Radionuklidernas kemiska egenskaper avgör hur pass rörliga de är i buffert och berg. Inverkan av mikrober, kolloider, gas och porvatten i betong undersöks.
- *Radioaktiva ämnen i biosfären.* Om radioaktiva ämnen från ett förvar når markytan så kan de spridas i biosfären. Modeller och underlag för beräkningar av konsekvenserna av ett utsläpp förbättras.

SKB deltar i flera EU-projekt. Två av dessa syftar till att dra lärdom av naturliga analogier till djupförvaring. Det ena avser de naturliga reaktorerna i Oklo, Gabon, och det andra gäller en uranmalm i Palmottu i södra Finland. Inom två andra EU-projekt undersöks spåren av de hydrogeologiska förhållanden som tidigare rått i Sverige och andra länder. Det ger en uppfattning om vilka variationer i vattenflöden som kan uppkomma och vad t ex en istid kan innebära.

Vid Laxemar i Oskarshamn har SKB borrar ett hål för provtagning och mätning i berget ner till 1 700 meters djup. Det har ökat kunskapen om berget och grundvattnet på stora djup.

Långlivat låg- och medelaktivt avfall ska också djupförvaras. SKB driver ett projekt där sådant avfall inventeras, förvarets design utvecklas och den långsiktiga säkerheten analyseras.

SKB bedriver också forskning om alternativ till djupförvaringsmetoden. Vi anser att metoden med transmutation intar en särställning bland de alternativa metoderna; det är den enda kända metod som väsentligt skulle kunna påverka innehållet av radioaktiva ämnen i kärnavfallet. Internationellt råder en betydande enighet

### SKB:s forskning ska

- ytterligare förbättra kunskapsbasen för säkerhetsanalysen
- ge underlag för att bedöma alternativa metoder

### Buffert

Material mellan kapsel och berg

### Bentonit

Lera av vanligtvis vulkaniskt ursprung

### Sorption

Uptag av lösta ämnen på fasta ytor

### Mikrober

Små organismer, t ex bakterier och virus

### Kolloider

Partiklar som är så små att de inte sjunker till botten i t ex vatten

### Naturliga analogier

Exempel ur naturen på material och händelser i förvaret

SKB stöder forskning på transmutations-tekniken

bland ansvariga organisationer och experter om att även en framgångsrik utveckling av transmutation inte kommer att eliminera behovet av ett djupförvar. Däremot kan det förändra konstruktionsförutsättningarna för djupförvaret och kraftigt minska mängden av långlivade radionuklider som måste deponeras. Det kan påverka djupförvarets storlek och utformningen av de tekniska barriärerna. Målen för SKB:s forskning inom området transmutation av långlivade radioaktiva ämnen är följande:

- Granska hur utvecklingen kan komma att påverka avfallsmängder och nuklidinnehåll.
- Kunna bedöma om, och i så fall hur och när, tekniken kan utnyttjas för att förenkla, förbättra eller utveckla systemet för sluthantering av kärnbränsleavfallet från de svenska kärnkraftverken.

Vi ser det också som en uppgift att på lämpligt sätt medverka i internationella projekt – särskilt EU-projekt – som kan komma till stånd inom detta område.

### **Vilka är planerna för den framtida rivningen av kärnkraftverken?**

Huvudansvaret för att planera och genomföra rivningen av kärnkraftverken ligger på kärnkraftföretagen. Kraftföretagen kan i det arbetet använda SKB som en resurs. Vidare ansvarar SKB för att det radioaktiva avfallet som uppstår vid rivningen tas om hand.

SKB:s utvecklingsarbete syftar till att säkerställa att kunskap och teknik för rivning finns tillgänglig i god tid innan detaljplaneringen av rivningsarbetet ska påbörjas. Vi bevakar den internationella utvecklingen och följer upp erfarenheter från ombyggnadsarbeten vid kärnkraftverken.

Tidsplanen för rivningen av de svenska kärnkraftverken är inte bestämd. Den påverkas bland annat av strålskyddsaspekter och politiska beslut.

### **Vad är särskilt angeläget att få synpunkter på?**

FUD-program 98 kommer, liksom tidigare program, att granskas av en rad instanser. SKI har huvudansvaret för granskningsarbetet och KASAM kommer att avge särskilt yttrande till regeringen. Regeringen kan sedan fatta beslut om villkor för det fortsatta programmet.

SKB välkomnar synpunkter. Det är särskilt angeläget att få:

- Klarlagt om djupförvaring enligt KBS-3-metoden även i fortsättningen ska vara den metod som prioriteras.
- Synpunkter och råd angående det underlag som vi tar fram inför valet av platser för platsundersökningar.
- Synpunkter och råd om vad som ska ingå i kommande miljökonsekvensbeskrivningar.

### **Hur sker framtida redovisningar?**

Kärnavfallsprogrammet är nu inne i en fas med omfattande MKB-samråd i berörda kommuner, regioner och nationellt. SKB ser FUD-program 98 och granskningen av det som en komponent i MKB-processen.

Beslut i samband med lokaliseringsarbetet, liksom beslut i tillståndsfrågor, kommer att behöva fattas vid tidpunkter som kan skilja sig från tidpunkterna för kommande FUD-program. Praktiskt medför detta att redovisningen av beslutsunderlaget inför lokaliseringsbeslut m m kommer att separeras från FUD-programmen, som då kan fokuseras på de långsiktiga frågorna och forskningen kring säkerhet och alternativa metoder.



# **Del I – Bakgrund**

- 1 Utgångspunkter
- 2 Metodval
- 3 Djupförvarsmetoden
- 4 Säkerhet

# 1 Utgångspunkter

*Det är nu tjugofem år sedan ett samlat svenskt kärnavfallsprogram började ta form. Utvecklingen har gett förutsättningarna för dagens hantering av kärnavfallet och för planeringen framåt. Beslut och riktlinjer har påverkats av kärnkraftsdebatten i Sverige, men också av internationella ställningstaganden om principer och metoder för att ta hand om kärnavfallet.*

*Det finns en tydlig fördelning av ansvaret, med producentansvar för industrin och med ansvaret för granskning och tillsyn hos myndigheter. Det övergripande politiska ansvaret ligger hos regering och riksdag. Industrins producentansvar innebär att de kraftföretag som producerar kärnkraftsel – och därmed avfall – också är skyldiga att ta om hand avfallet så att människa och miljö skyddas. SKB har kärnkraftföretagets uppdrag att fullfölja det åtagandet.*

*Andra faktorer som styr sättet att ta hand om det radioaktiva avfallet är de kemiska och fysikaliska egenskaperna. Hur berggrunden ser ut i Sverige påverkar förutsättningarna för förvaring.*

*I dag finns ett slutförvar för låg- och medelaktivt avfall, ett mellanlager för använt kärnbränsle och ett transportsystem i drift. För att systemet ska bli fullständigt behöver vi bygga en inkapslingsanläggning och ett djupförvar för det använda kärnbränslet.*

## 1.1 Avfallet

I mer än 25 år har kraftindustrin i Sverige producerat elektricitet med hjälp av kärnkraft. I dag framställs cirka hälften av elenergin på det sättet, det mesta av återstoden kommer från vattenkraften. Driften av kärnkraftverken ger upphov till kärnavfall, bland annat i form av använt kärnbränsle. Avfallet delas in i olika kategorier efter graden av radioaktivitet (låg-, medel- eller högaktivt avfall) samt efter aktivitetens livslängd (kort- eller långlivat avfall).

De totala mängderna kärnavfall som till slut ska tas om hand i Sverige beror på antalet kärnreaktorer och deras drifttid /1-1/. Avfallsmängderna påverkar den kapacitet olika avfallsanläggningar behöver ha, men inte vilka grundläggande steg som krävs för att slutgiltigt ta hand om avfallet.

Kärnavfallet är farligt eftersom det innehåller radioaktiva ämnen som sönderfaller och avger strålning. Strålningen kan ha kort eller lång räckvidd. Strålning med så kort räckvidd att den inte tränger igenom huden skadar bara om det radioaktiva ämnet kommer in i kroppen. Man skyddar sig mot sådan strålning genom att se till att de radioaktiva ämnena inte sprids i miljön t ex via luft, näringskedjor eller dricksvatten. En vanlig skyddsåtgärd är att göra avfallet svårslutligt i vatten. Skyddet förbättras om avfallet dessutom innesluts i täta behållare som under lång tid förhindrar kontakt med vatten eller luft.

Om strålningen har lång räckvidd kan den skada även om strålkällan finns utanför kroppen. Strålningen tränger då in i kroppen genom kläder och hud. Det går att skydda sig mot sådan strålning genom att placera och hantera kärnavfallet bakom strålskärmar av t ex betong, bly eller vatten.

För kortlivat avfall dröjer det upp till 500 år innan radioaktiviteten är nere på samma nivå som förekommer i naturen.

Det tar 100 000 år innan radioaktiviteten i det långlivade avfallet är i nivå med naturligt förekommande uranmalm.

**Alfastrålning** består av partiklar (atomkärnor av helium) och stoppar snabbt upp när den träffar ett föremål. Ett alfastrålning ämne blir skadligt först när det kommer in i kroppen genom förtäring eller inandning.

**Betastrålning** består av elektroner. Den har längre räckvidd än alfastrålning och kan orsaka skador på oskyddad hud. Den största risken är dock förknippad med förtäring eller inandning.

**Gammastrålning** består inte av några partiklar utan är elektromagnetisk strålning med mycket kort våglängd. Strålningen har lång räckvidd och tar sig lätt igenom levande vävnad. För att stoppa den behövs strålskärmar av bly, betong eller vatten.

#### SKI

Statens kärnkraftinspektion

#### SSI

Statens strålskyddsinstitut

Använt kärnbränsle är farligt ur båda dessa aspekter. På kort sikt är det framför allt den genomträngande strålningen som kräver skydd i form av strålskärning i olika arbetsmiljöer. På lång sikt, t ex i ett djupförvar, avtar den genomträngande strålningen. Skyddet inriktas då i första hand på att hindra att radioaktiva ämnen sprids i miljön.

Mer om farligheten hos använt kärnbränsle och hur man skyddar människa och miljö på kort och lång sikt finns att läsa i /1-2/. Där beskrivs också avfallens långsiktiga kemiska egenskaper, bland annat att det är mycket svårslösligt i vatten, och hur dessa är avgörande för hur ett djupförvar utformas.

Kärnavfallens egenskaper gör alltså att människan och omgivningen måste skyddas mot strålning. Uttryckt i allmänna termer måste man för det första se till att kärnavfall hålls under kontroll och inte kommer på avvägar. För det andra måste stråldoser till personal och allmänhet vid hantering och lagring förhindras och begränsas, liksom utsläpp av radioaktiva ämnen till miljön.

## 1.2 Vad säger lagen?

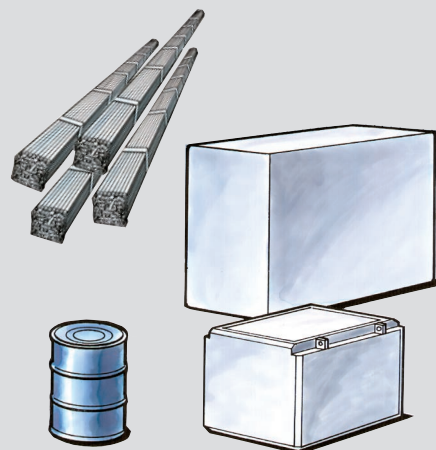
Svensk lag reglerar hantering av kärnavfall på en rad olika sätt. Ett tydligt producentansvar finns uttalat i lagstiftningen som också föreskriver hur avfallshandlingen ska finansieras. Här finns även regler för hur tillståndsprövning av t ex ett djupförvar ska gå till och detaljerade föreskrifter med krav på strålskydd och säkerhet för avfallsanläggningar.

### 1.2.1 Ansvarsfördelning

Den svenska lagstiftningen lägger ansvaret för kärnavfallet på producenterna medan regering och riksdag har ett övergripande ansvar. SKI och SSI granskar att SKB:s förslag uppfyller kraven på säkerhet och strålskydd. Skyldigheterna kring hantering och slutförvaring av radioaktivt avfall regleras i kärntekniklagen, i förordningen om kärnteknisk verksamhet, i lagen om finansiering av framtida utgifter för använt kärnbränsle m m samt i vissa tillstånd och riktlinjer som regeringen utfärdar.

#### Beräknade avfallsmängder om alla reaktorer drivs i 25 år

Använt kärnbränsle	13 000 m <sup>3</sup>
Låg- och medelaktivt avfall från Studsvik	2 000 m <sup>3</sup>
Reaktordelar	10 000 m <sup>3</sup>
Låg- och medelaktivt avfall från kärnkraftverk och behandlingsanläggningar	80 000 m <sup>3</sup>
Rivningsavfall	155 000 m <sup>3</sup>
<b>Total mängd ca</b>	<b>260 000 m<sup>3</sup></b>



Bestämmelserna innebär att ägarna av kärnkraftreaktorerna ska svara för alla de åtgärder som behövs för att ta hand om kärnavfallet på ett säkert sätt. Här ingår också uppgiften att riva kärnkraftverken när de tjänat ut, bedriva forskning och utveckling kring slutförvaring samt studera alternativa möjligheter. Ägarna ska stå för samtliga kostnader för avfallshanteringen. Ett program för verksamheten ska redovisas till myndigheterna vart tredje år.

De företag som har kärnkraftverk är Vattenfall AB (Ringhals), Barsebäck Kraft AB, OKG Aktiebolag (Oskarshamn) och Forsmarks Kraftgrupp AB. Dessa företag har givit det gemensamt ägda Svensk Kärnbränslehantering AB, SKB, uppdraget att svara för kärnavfallshanteringen från det att avfallet lämnar kärnkraftverken. Det är därför i praktiken SKB som sedan många år driver anläggningar för dagens avfallshantering, se avsnitt 1.4. Det är också SKB som direkt eller indirekt bedriver forsknings- och utvecklingsarbetet för det slutliga omhändertagandet av avfallet.

## 1.2.2 Finansiering

En viktig del av producentansvaret ligger i att kostnaderna för kärnavfallsprogrammet täcks av kärnkraftföretagen. Medel samlas i särskilda fonder enligt reglerna i finansieringslagen. SKB gör varje år beräkningar av den totala kostnaden. SKI granskar SKB:s redovisning och regeringen fattar sedan beslut om vilken avgift som ska tas ut på elektriciteten från kärnkraften.

Förutom de cirka 23 miljarder kronor som fanns i fonderna vid årsskiftet 1997/98, har drygt 11 miljarder kronor använts för uppbyggnad och drift av dagens system och för forsknings- och utvecklingsarbetet. Under 1998 är den genomsnittliga avgiften cirka ett öre per kilowattimme. Finansieringslagen innehåller också krav på att kraftföretagen ställer säkerheter för oförutsedda kostnader. Avsikten är att garantera att det finns pengar för att ta hand om avfallet även om kärnkraftverken avvecklas innan de drivits i 25 år eller om nya oplanerade kostnader tillkommer /1-3/.

### *Utdrag ur kärntekniklagen*

#### **§ 10**

Den som har tillstånd till kärnteknisk verksamhet skall svara för att de åtgärder vidtas som behövs för

1. att med hänsyn till verksamhetens art och de förhållanden under vilka den bedrivs upprätthålla säkerheten,
2. att på ett säkert sätt hantera och slutförvara i verksamheten uppkommet kärnavfall eller däri uppkommet kärnämne som inte används på nytt, och
3. att på ett säkert sätt avveckla och riva anläggningar i vilka verksamheten inte längre skall bedrivas.

#### **§ 11**

Den som har tillstånd att inneha eller driva en kärnkraftsreaktor skall, utöver vad som sägs i 10 §, svara för att den allsidiga forsknings- och utvecklingsverksamhet bedrivs som behövs för att vad som föreskrivs i 10 § 2 och 3 skall kunna fullgöras.

#### **§ 12**

Den som har tillstånd att inneha eller driva en kärnkraftsreaktor skall i samråd med övriga reaktorinnehavare upprätta eller låta upprätta ett program för den allsidiga forsknings- och utvecklingsverksamhet och de övriga åtgärder som anges i 10 § 2 och 3 och 11 §. Programmet skall dels innehålla en översikt över samtliga åtgärder som kan bli behövliga, dels närmare ange de åtgärder som avses bli vidtagna inom en tidsrymd om minst sex år. Programmet skall vart tredje år insändas till regeringen eller den myndighet som regeringen bestämmer för att granskas och utvärderas. I samband med granskningen och utvärderingen får sådana villkor ställas upp som behövs avseende den fortsatta forsknings- och utvecklingsverksamheten. Lag (1992:1536).

**Producentansvaret** innebär att ägarna till kärnkraftverken ansvarar för att ta hand om avfallet på ett säkert sätt

**SKB** ägs av Vattenfall AB, Barsebäck Kraft AB, OKG Aktiebolag och Forsmarks Kraftgrupp AB

### 1.2.3 Regler för tillståndsprövning

Lagen anger hur tillstånd för kärnavfallsverksamhet ska utfärdas. De två viktigaste lagarna är kärntekniklagen och naturresurslagen (miljöbalken). Regeringen kan ge tillstånd enligt dessa lagar när en ansökan remissbehandlats och prövats av berörda myndigheter.

Kärntekniklagen ställer höga krav på säkerhet och strålskydd och det är den viktigaste utgångspunkten för kärnavfallsprogrammet. Prövningen enligt naturresurslagen gäller övergripande frågor som anläggningens lokalisering, art och storlek. Också frågor om markanvändning, miljö och transporter prövas här.

En huvudregel i naturresurslagen är att kommunfullmäktige i en berörd kommun måste tillstyrka en ansökan för att regeringen ska kunna ge ett lokaliseringstillstånd. Kommunen har alltså vetorätt. I naturresurslagen finns också den så kallade vetoventilen som ger regeringen en möjlighet att ge tillstånd mot kommunfullmäktiges vilja under särskilda omständigheter. SKB anser inte att detta är ett lämpligt sätt att lösa lokaliseringen av en kärnavfallsanläggning. Arbetet med en lokalisering kräver engagemang och omsorg från alla inblandade. Det är därför viktigt att arbetet kan genomföras i samförstånd med framför allt den kommun där anläggningen ska ligga.

En ansökan om tillstånd enligt kärntekniklagen och naturresurslagen kommer att innehålla en miljökonsekvensbeskrivning, MKB. En MKB ska ge en samlad bedömning av anläggningens inverkan på miljön, hälsan och hushållningen med naturresurser.

Regelsystemet för tillståndsprövning kommer delvis att förändras i samband med att en miljöbalk införs. Den medför skärpta krav på miljökonsekvensbeskrivningen och ett förstärkt inflytande för myndigheter och berörd allmänhet. Enligt miljöbalken ska hela ansökan med tillhörande MKB också prövas i miljödomstol med en offentlig förhandling.

SKB anser att ett djupförvar bara kan lokaliseras där

- säkerhetskraven är uppfyllda och
- kommunen är positiv till lokaliseringen

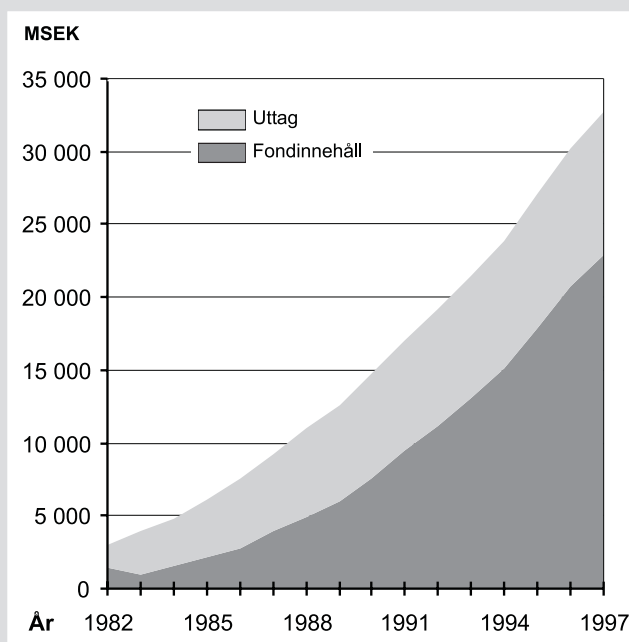
**Kärnavfallsfonden** ska täcka samtliga kostnader för att ta hand om det använda bränslet, avveckla och riva reaktorerna samt genomföra erforderlig forskning och utveckling.

Utgifterna kommer att spridas ut över en period av mer än 70 år. En stor del av kostnaderna uppstår vid rivning av kärnkraftverken.

Kärnavfallsfonden är placerad på ett räntebärande konto hos Riksgälden.

Diagrammet visar fondinnehåll och ackumulerade uttag för finansiering av avfallshanteringen.

De totala kostnaderna till och med 1997 var drygt 11 miljarder kronor. Behållningen i fonderna var ca 23 miljarder kronor vid årsskiftet 1997/98.



## 1.2.4 Föreskrifter om säkerhet och strålskydd

Kraven på säkerhet och strålskydd för både kärnreaktorer och avfallsanläggningar regleras av föreskrifter från myndigheterna. Grunderna för föreskrifterna kommer till stor del från internationellt etablerade principer för hur strålskydd ska utformas.

Principerna innebär bland annat att en verksamhet som innehåller hantering av radioaktivt material ska vara berättigad (nyttig) för att över huvud taget få förekomma. Dessutom ska strålskyddet vara så starkt som är ekonomiskt och tekniskt möjligt och rimligt. Individer ska vara garanterade ett skydd genom att dosgränser används. Inte bara människan utan också flora och fauna ska skyddas. Skyddet ska vara likvärdigt för dagens och kommande generationer och för individer inom och utom nationsgränsen. Strålskyddet i hantering och långsiktig förvaring ska vara likvärdigt med det som gäller inom annan radiologisk verksamhet, t ex uranbrytning, reaktordrift eller radiologiskt arbete på sjukhus. Dessa allmänna principer kan tillämpas både på kort sikt för driften av avfallsanläggningar och på lång sikt efter förslutning av ett djupförvar.

För driften av avfallsanläggningar ska samma grundläggande regelsystem gälla som för driften av kärnkraftverken. Driften av ett kärnkraftverk är dock betydligt mer komplicerad än driften av en avfallsanläggning. Arbete pågår vid strålskydds- och säkerhetsmyndigheterna för att ta fram specifika föreskrifter för kärnavfallsanläggningar.

Den långsiktiga säkerheten efter förslutning av ett djupförvar ställer nya krav på lagstiftningen bland annat på grund av de långa tidsperspektiven. SSI har gjort ett utkast till föreskrifter för slutförvaring av radioaktivt avfall som nu remissbehandlas /1-4/. SKI har på motsvarande sätt distribuerat en promemoria om utgångspunkter för föreskrifter om säkerhet vid slutförvaring av använt kärnbränsle m m/1-5/. Den handlar främst om hur redovisningen av den långsiktiga säkerheten bör läggas upp. Efter att ha inhämtat synpunkter från myndigheter och experter i såväl Sverige som utomlands, kommer SKI och SSI att fatta beslut om föreskrifterna.

## 1.3 Tidigare beslut

1976 presenterades den statliga AKA-utredningen /1-6/ som gav Sverige grunden till en genomarbetad kärnavfallspolitik. Under de drygt 20 år som förflutit sedan dess har det nuvarande kärnavfallsprogrammet vuxit fram. Viktiga beslut om inriktningen av arbetet har byggts på resultaten av de utredningar, säkerhetsanalyser och program som SKB redovisat, och på myndigheternas och regeringens ställningstaganden till dessa. Den omfattande diskussionen i internationella organisationer som IAEA och OECD/NEA har också bidragit med gemensamma principer och slutsatser om kärnavfallsfrågan. Den historiska utvecklingen på kärnavfallsområdet sammanfattas i avsnitt 2.5.

Några grundläggande riktlinjer som vuxit fram är följande:

- Det svenska kärnavfallet ska tas om hand i Sverige. Huvudlinjen är att kärnbränslet ska mellanlagras utan upparbetning för att sedan slutförvaras djupt nere i berggrunden.
- Den långsiktiga säkerheten bör baseras på en metod som inte förutsätter tillsyn eller underhåll, då detta skulle innebära att generation efter generation långt in i framtiden måste behålla kunskapen om avfallet och ha vilja, förmåga och resurser att sköta tillsyn och underhåll. Kunskapen om framtidens samhälle är för begränsad för att bygga den långsiktiga säkerheten på denna förutsättning.

Säkerhet och strålskydd regleras av föreskrifter från myndigheterna.

### AKA-utredningen

En parlamentariskt sammansatt utredning om radioaktivt avfall

### IAEA

International Atomic Energy Agency, FN:s atomenergiorgan

### OECD

Organisation for Economic Co-operation and Development

### NEA

Nuclear Energy Agency



- Det finns skäl att så långt som möjligt behålla handlingsfriheten om bättre eller enklare lösningar kommer fram eller om man t ex omvärderar dagens inställning att inte återvinna (upparbeta) något av bränslet. En genomgång av alternativen för att långsiktigt ta hand om kärnbränslet ges i en separat rapport /1-7/.
- Kärnavfallsprogrammet ska genomföras i steg och först inriktas mot en demonstrationsdeponering (med möjlighet till återtag) av cirka tio procent av den beräknade totala mängden använt kärnbränsle. Ett beslut om att genomföra demonstrationsdeponeringen kan tas när SKB lämnat in en ansökan för de anläggningar som behövs och denna har prövats av bland andra myndigheter, berörd kommun och regeringen. Ansökan kommer att innehålla en ingående miljökonsekvensbeskrivning med bland annat en samlad redovisning av säkerhets- och strålskyddsfrågorna och av alternativ i fråga om såväl metod som plats.

## 1.4 Befintliga anläggningar

SKB har i dag ett slutförvar för radioaktivt driftavfall, SFR, och ett mellanlager för använt kärnbränsle, CLAB. Dessutom finns det ett system för att transportera avfallet och det använda bränslet från kärnkraftverken till SFR och CLAB.

### 1.4.1 Slutförvar för radioaktivt driftavfall, SFR

För det kortlivade låg- och medelaktiva driftavfallet från kärnkraftverken och behandlingsanläggningar finns ett slutförvar för radioaktivt driftavfall. SFR ligger vid kärnkraftverket i Forsmark och har varit i drift sedan 1988. En utbyggnad planeras för deponering av rivningsavfall från kärntekniska anläggningar. För detta kommer det att krävas en ny ansökan och ett regeringsbeslut.

### 1.4.2 Centralt mellanlager för använt kärnbränsle, CLAB

För det använda kärnbränslet finns ett centralt mellanlager. Det ligger vid kärnkraftverket i Oskarshamn och har varit i drift sedan 1985. I CLAB lagras det använda bränslet i vattenbassänger i ett bergrum. Totalt fanns i CLAB vid årsskiftet 1997/98 cirka 2 700 ton använt bränsle. Därmed är cirka 55 procent av CLAB:s lagringskapacitet utnyttjad. CLAB blir fullt omkring år 2004 och mer utrymme behövs då för att kunna ta hand om allt bränsle från de svenska kärnkraftverken. Därför har SKB sökt tillstånd för en utbyggnad med ett andra bergrum med lagringsbassänger. En miljökonsekvensbeskrivning för utbyggnaden har legat till grund för ansökningar enligt bland annat kärntekniklagen och naturresurslagen /1-8/. I augusti 1998 gav regeringen tillstånd till utbyggnaden av CLAB.

### 1.4.3 Transportsystemet

Transporter av använt kärnbränsle sker i Sverige till sjöss eftersom samtliga kärnkraftverk och avfallsanläggningar ligger längs kusten. Transportsystemet består av fartyget M/S Sigyn, ett antal transportbehållare och specialfordon för lastning och lossning. Systemet har successivt byggts ut och kompletterats sedan driften startade 1982.

#### SFR

Slutförvar för radioaktivt driftavfall

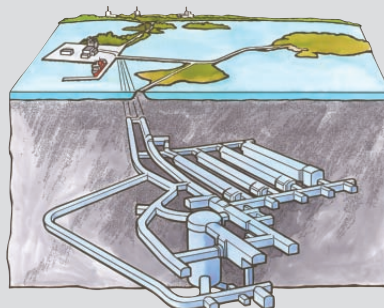
#### CLAB

Centralt mellanlager för använt kärnbränsle

Transportsystemet består av transportbehållare, terminalfordon och fartyget M/S Sigyn

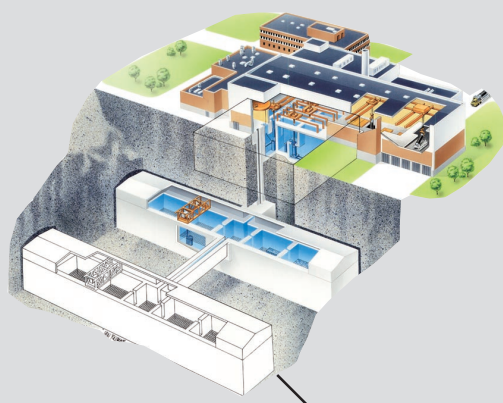
## SFR

Byggstart	1983
Driftstart	1988
Kapacitet	63 000 m <sup>3</sup>
I lager	23 000 m <sup>3</sup> (1997/98)
Mottagning	1 000–2 000 m <sup>3</sup> /år
Byggkostnad	ca 740 milj kronor
Driftkostnad	ca 30 milj kronor/år
Driftpersonal	15 pers
Personaldos	0,8 mmanSv/år (1997)
Utsläpp	Inga



**Ägare och tillståndsinnehavare**  
SKB

**Drift och underhåll**  
Forsmarks  
Kraftgrupp AB



Planerad utbyggnad

## CLAB

Byggstart	1980
Driftstart	1985
Kapacitet	5 000 ton uran
I lager	2 700 ton (1997/98)
Mottagning	300 ton uran/år
Byggkostnad	ca 1 700 milj kronor
Driftkostnad	ca 100 milj kronor/år
Driftpersonal	ca 100 pers
Personaldos	53 mmanSv/år (1997)
Utsläpp	Försumbara

**Ägare och tillståndsinnehavare**  
SKB

**Drift och underhåll**  
OKG Aktiebolag

## Transportsystem

### M/S Sigyn

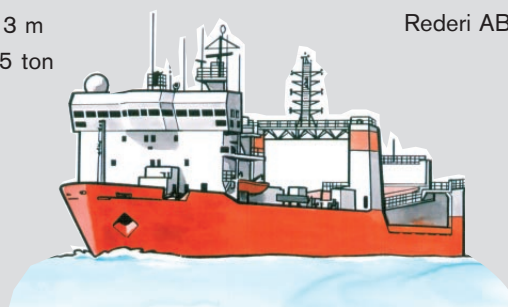
Dödviktstonnage	2 044 ton
Längd	90 m
Bredd	18 m
Djupgående vid full last	4 m
Bruttotonnage	4 170 ton
Maskinstyrka	2 x 1 170 kW
Marschfart	12 knop

### Terminalfordon

Vikt	ca 32 ton
Längd	ca 12 m
Bredd	ca 3 m
Lastförmåga	125 ton

**Ägare och tillståndsinnehavare**  
SKB

**Drift och underhåll**  
Rederi AB Gotland



### Transportbehållare för driftavfall

Vikt	ca 58 ton
Vikt med last	120 ton
Längd	ca 7 m
Bredd	ca 4 m
Höjd	4 m
Väggjocklek	7–20 cm
Material	Stål
Kapacitet	12–16 kokiller eller 3 betongtankar

### Transportbehållare för använt kärnbränsle

Vikt med last	ca 80 ton
Längd	ca 6 m
Diameter	ca 2 m
Väggjocklek	32 cm
Material	Stål
Kapacitet	17 bränsleelement från kokvattenreaktor eller 7 bränsleelement från tryckvattenreaktor

### Transportbehållare för hårdkomponenter

Vikt	ca 70 ton
Längd	ca 6 m
Diameter	ca 2 m
Väggjocklek	33 cm
Material	Stål
Kapacitet	5 ton



## 1.5 Kunskapsbas

En viktig förutsättning för genomförandet av det svenska kärnavfallsprogrammet är den bas av kunskaper som krävs för att gå vidare med de återstående stegen i avfallsprogrammet, dvs inkapslingsanläggningen och djupförvaret. Dryga två decenniers forskning, teknikutveckling och även samhällsdebatt har inneburit att denna kunskapsbas i dag finns tillgänglig.

En viktig komponent är resultatet av forskningen för att förstå de långsiktiga förändringar som skulle kunna påverka förvarets säkerhet. Forskningen har bedrivits dels vid universitet och högskolor med stöd av SKB, dels i SKB:s egen regi. Äspölaboratoriet och tidigare forskningsstationen vid Stripa gruva i Bergslagen har utgjort nyckelresurser. Många länder studerar liknande lösningar som Sverige och därför är det internationella informationsutbytet viktigt.

Parallellt med den grundläggande forskningen har metoder utvecklats för att sammanställa forskningsrönen och annan information till analyser av förvarets långsiktiga säkerhet. Ett antal säkerhetsanalyser har genomförts för det planerade djupförvaret.

För att genomföra avfallsprogrammet krävs också ny eller vidareutvecklad teknik inom olika områden. Det gäller framför allt teknik för inkapsling och deponering av avfallet, men till viss del även byggande och drift av djupförvaret. Sådan utveckling har pågått under lång tid. Vid Äspölaboratoriet pågår i dag projekt för att testa djupförvarstekniken under realistiska förhållanden. Inkapslingstekniken kommer under de närmaste åren att vidareutvecklas, framför allt vid Kapsellaboratoriet som SKB har byggt i Oskarshamn.

## 1.6 Vad återstår att göra?

Med SFR, CLAB och transportsystemet kan SKB i dag ta hand om det radioaktiva avfallet från kärnkraften på ett säkert sätt. Huvudlinjen för det långsiktiga omhändertagandet av det använda kärnbränslet, dvs djupförvaring av inkapslat bränsle, kräver dessutom en inkapslingsanläggning och ett djupförvar.

Stora delar av den kunskap som krävs för att bygga dessa anläggningar och analysera djupförvarets långsiktiga säkerhet finns tillgängliga i dag. Demonstration av den föreslagna tekniken för inkapsling och djupförvaring har därför fått en allt större tyngd i SKB:s forsknings- och utvecklingsverksamhet under senare år. Även de säkerhetsmässiga och tekniska aspekterna på lokaliseringen av ett djupförvar är viktiga inslag i dagens forsknings- och utvecklingsarbete.

Närmast följer tre kapitel som ger en fördjupad beskrivning av bakgrund och utgångspunkter. De handlar i tur och ordning om olika metoder för omhändertagande och det val av huvudalternativ som gjorts i Sverige, hur det valda systemet är tänkt att se ut och fungera samt hur den långsiktiga säkerheten i djupförvaret är uppbyggd. I kapitel 5–10 presenteras programmet för forskning, utveckling och teknikdemonstration, med tonvikt på de kommande tre åren.

### Det återstår att bygga

- en inkapslingsanläggning
- ett djupförvar

## 2 Metodval

*Att välja metod för att ta hand om använt kärnbränsle är inte bara en teknisk fråga. Det handlar också om etiska värderingar, politiska beslut och inte minst avvägningar mellan vad som bör göras nu och vad som kan skjutas på framtiden.*

*Huvudinriktningen i Sverige är att använt kärnbränsle, efter en tids övervakad lagring, ska deponeras djupt ner i berggrunden. Den inriktningen har slagits fast i flera regeringsbeslut och det är den SKB arbetar efter. Den innebär att dagens generation, som utnyttjat kärnkraftselen, ska ta ett konkret ansvar för avfallsförvaringen.*

*Det ska finnas frihet att ändra inriktning under tiden som vi planerar och genomför deponeringen, eller till och med efteråt. Vetenskap och teknik utvecklas ständigt och det kan t ex komma fram behandlingsmetoder för att minska avfallets farlighet på lång sikt. Även om det inte finns någon metod i sikte som gör deponering i berggrunden överflödigt som långsiktig lösning så finns det all anledning att bevaka utvecklingen.*

### 2.1 Tre principer för hantering av farligt avfall

Det finns tre olika principer för att hantera farligt avfall i allmänhet: spridning och utspädning, omvandling till mindre farliga ämnen samt isolering.

#### Spridning och utspädning

Den första principen, spridning och utspädning, har länge tillämpats då avfall från industri och hushåll släpptes ut i luft och vatten. I takt med att insikterna om utsläppens konsekvenser för människa och miljö blivit bättre har man ofta modifierat eller frångått denna linje, antingen genom att rena utsläppen eller genom att modifiera de förorenande processerna. Spridning och utspädning förekommer dock fortfarande. Ett exempel är avfallet från förbränning av fossila bränslen; restprodukten koldioxid och föroreningar som svavel- och kväveföreningar släpps ut och sprids i atmosfären.

Denna princip är inte användbar för radioaktivt avfall annat än för mycket små kvantiteter. Principen är inte etiskt tilltalande och strider dessutom mot flera internationella konventioner för kärnavfall.

#### Omvandling till mindre farliga ämnen

Den andra principen, att omvandla farligt avfall till mindre farliga ämnen och sedan ta hand om dessa, exemplifieras av användandet av katalysatorer i bilar; farliga restprodukter i bilens avgaser omvandlas till mindre farliga och släpps sedan ut i atmosfären eller tas om hand då katalysatorn blir avfall.

För radioaktivt avfall finns i dag ingen metod tillgänglig för att göra avfallet mindre farligt. På sikt finns möjligheten att transmutationstekniken, se avsnitt 2.2.5 och 9.4, skulle kunna bidra till avfallshanteringen genom att reducera mängderna långlivade ämnen i använt kärnbränsle. Även om tekniken i framtiden skulle få ett genombrott och vinna acceptans måste det radioaktiva avfallet som återstår efter transmutationen tas om hand under lång tid.

#### Tre principer

- spridning och utspädning
- omvandling till mindre farliga ämnen
- isolering

Transmutation innebär att långlivade radioaktiva ämnen omvandlas till kortlivade eller stabila genom att de beskjuvs med neutroner

Djupförvaret bygger på principen att isolera avfallet

## Isolering

Den tredje principen, isolering, går ut på att hålla det farliga avfallet avskilt från människa och miljö. Ett exempel är det slutförvar för kvicksilver som i dag diskuteras i Sverige /2-1/. Tanken är här att isolera avfallet nästan fullständigt. På sikt ska utsläppen vara så små att effekterna blir försumbara.

Olika former av isolering är den princip som framför allt diskuteras för radioaktivt avfall världen över. Principen är särskilt användbar för sådant avfall, eftersom volymerna är relativt små. Dessutom avtar farligheten med tiden i takt med att de radioaktiva ämnena sönderfaller. Detta betyder att man kan anlägga ett bestämt tidsperspektiv, vilket inte är fallet för t ex tungmetaller som har en oföränderlig farlighet. Säkerheten för det svenska KBS-3-systemet för djupförvaring av använt kärnbränsle bygger på isolering.

## 2.2 Olika moment i hanteringen

Ett fullständigt program för hantering av radioaktivt avfall byggs upp av flera moment. Dessa kan kombineras till program på olika sätt och ges varierande teknisk utformning. Syftet med de flesta momenten är att på ett eller annat sätt isolera avfallet från människa och miljö.

På kortare sikt kan avfallet lagras övervakat. Detta kan göras dels för att låta radioaktiviteten avklinga så att den vidare hanteringen förenklas (mellanlagring), dels som en lösning i avvaktan på beslut om kommande steg (övervakad lagring).

På lång sikt är egentligen bara två grundläggande lösningar tänkbara: att deponera avfallet i miljöer som är stabila över mycket lång tid, t ex djupt i urberget, eller att definitivt göra sig av med avfallet, t ex genom att skjuta ut det i rymden. Den första lösningen kallas geologisk deponering eftersom alla miljöer som är stabila under lång tid är geologiska. Den andra lösningen brukar kallas kvittblivning.

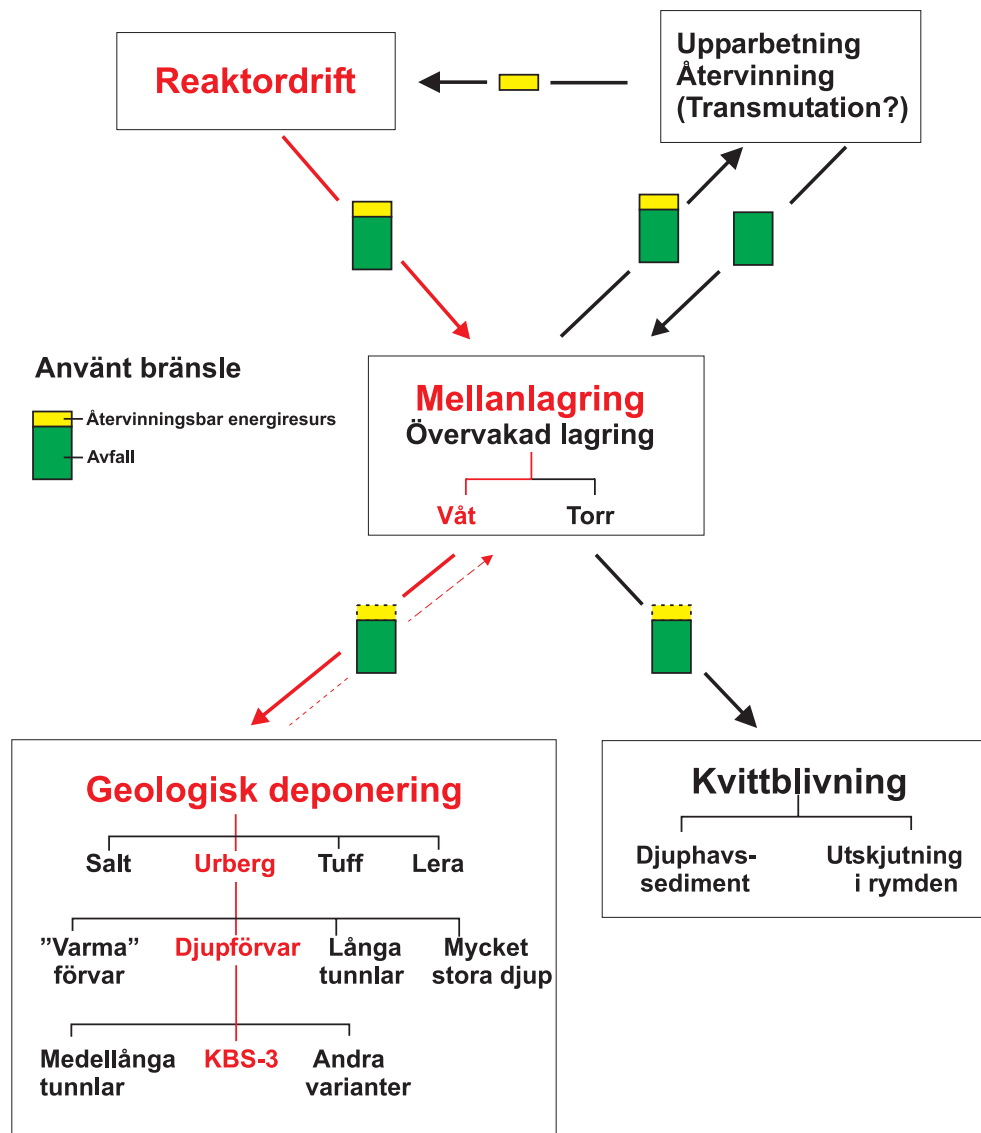
Man står också inför möjligheten att förändra avfallets innehåll. Använt bränsle innehåller uran och plutonium som kan återanvändas till nytt bränsle. Genom att separera och återanvända dessa ämnen utnyttjas bränsleråvaran bättre, samtidigt som den långsiktiga farligheten minskar genom att framför allt plutonium förbrukas som bränsle. Separationen kallas i kärnbränslesammanhang upparbetning. Metoden kräver stora och komplicerade anläggningar. Situationen blir mer komplicerad då man väger in att ny teknik i framtiden kan göra det möjligt att nyttiggöra/förbränna fler ämnen. En sådan potentiell teknik där mycket utveckling ännu återstår är transmutation. Syftet med transmutation är att omvandla långlivade ämnen till kortlivade samtidigt som mer energi utvinns.

Såväl upparbetning som transmutation förändrar alltså avfallets innehåll och egenskaper och kan därför också ses som tänkbara led i avfallshanteringen. Oavsett hur långt separation, återvinning och transmutation drivs, återstår till slut alltid en viss mängd avfall som måste tas om hand, både på kort och lång sikt.

Sammanfattningsvis går det att urskilja fyra huvudsakliga moment eller metoder som kan användas för att sätta samman ett fullständigt program för avfallshanteringen: Övervakad lagring (mellanlagring), geologisk deponering, kvittblivning samt upparbetning med eventuell transmutation. Figur 2-1 visar de olika metoderna och hur de är relaterade till varandra. I rapporten "Alternativa metoder. Långsiktigt omhändertagande av kärnbränsleavfall" ger SKB en mer ingående redovisning av de olika metoderna.

### Fyra strategier

- Övervakad lagring
- Geologisk deponering
- Kvittblivning
- Upparbetning/ev transmutation



Figur 2-1. Olika moment i hanteringen av använt kärnbränsle. De moment och alternativ som ingår i den svenska hanteringen är markerade med rött.

## 2.2.1 Övervakad lagring - mellanlagring

En första period av övervakad lagring kommer, av tekniska skäl, alltid att ingå i hanteringen av använt bränsle. Under denna tid minskar radioaktiviteten och värmeutvecklingen i det använda bränslet, vilket underlättar den fortsatta hanteringen.

I Sverige, liksom i flera andra länder, sker lagringen under vatten i bassänger (i CLAB), se figur 2-2. Vattnet fungerar som strålskärm och kylv samtidigt bränslet. SKB planerar att mellanlagra bränslet i cirka 30 år men anläggningen kan hållas i fortsatt drift med kylning och rening av bassängvattnet och med bibehållen ventilation. Baserat på svenska och internationella erfarenheter bedöms CLAB, med rätt drift och underhåll, kunna drivas i hundra år eller mer [2-2].

Ett annat sätt att mellanlagra är så kallad torr lagring. Vid torr lagring kan kylning ske med luftcirkulation. Bränslet lagras antingen i behållare som liknar dem som används vid transporter, figur 2-3, eller i strålskärmade utrymmen i en lagringsbyggnad. Högaktivt avfall från upparbetning omvandlas till massivt glas. Behållare med förglasat avfall lagras torrt i lagringsbyggnader. Torr lagring kräver mindre underhåll än våt lagring. Metoden används t ex i Kanada, Tyskland och USA.

### CLAB

Centralt mellanlager för använt kärnbränsle

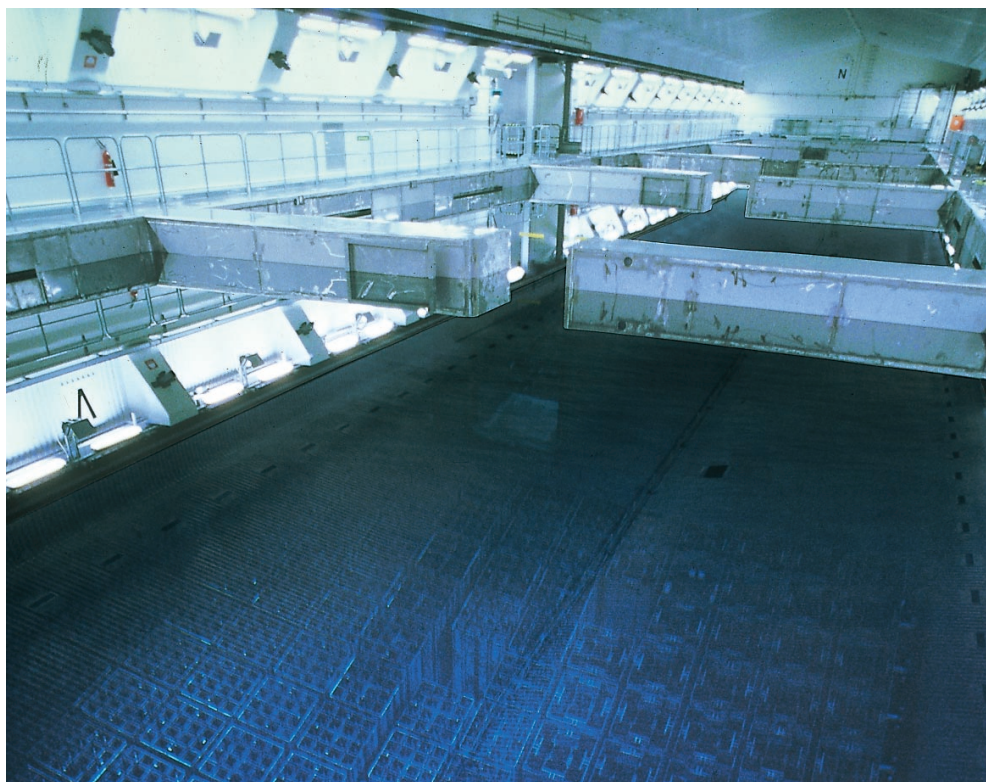
### Våt lagring

Vatten både skärmar av strålningen och kylv bränslet

### Torr lagring

Strålningen skärmas av med t ex betong eller stål. Bränslet kyls med luft





Figur 2-2. Våt mellanlagring av använt kärnbränsle i CLAB utanför Oskarshamn.

Både torr och våt lagring har godtagits av myndigheterna vad gäller strålskydd och säkerhet. Olika länder har valt den lagringsmetod som passar bäst i det nationella systemet i övrigt. Lagring innebär mycket små säkerhetsrisker så länge övervakningen fungerar. Om kontroll och övervakning av någon anledning skulle brista, ökar risken för händelser som kan ge allvarliga konsekvenser, t ex genom att kylningen upphör eller genom att kärnbränsle kommer på avvägar /2-3/.

Övervakad lagring kan i princip pågå hur länge som helst med lämpligt underhåll. Eftersom man knappast kan tänka sig att fortsätta bevakningen av lagret under tusentals år krävs dock att någon form av långsiktig lösning ersätter den övervakade lagringen. Övervakad lagring bör därför i första hand ses som ett sätt att bevara bränslet under omedelbar kontroll om man vill vänta med beslut om hanteringsmetod. I kärntekniklagen anges explicit ett krav på slutförvaring, se faktaruta på sid 27.

## 2.2.2 Geologisk deponering

Geologisk deponering innebär att avfallet efter en period av mellanlagring deponeras på djupet i en geologisk miljö som är stabil på mycket lång sikt. Geologisk deponering kan användas för både använt kärnbränsle som inte upparbetats och högaktivt, långlivat avfall från upparbetning. I det förra fallet talar man om direktdeponering.

### Olika miljöer

De geologiska miljöer som kan bli aktuella för ett djupförvar varierar, alltefter de geologiska förutsättningar som finns i olika länder. I Tyskland studeras bergs-salt, i Finland, Kanada och Sverige kristallint berg, i Belgien lera och i USA tuff (en vulkanisk bergart). I Frankrike studeras både kristallin och sedimentär berggrund. Alla dessa formationer är mycket gamla – tiotals miljoner år eller mer – och förändras mycket långsamt. Den berggrund som är aktuell i Sverige är mellan en och två miljarder år gammal.

## Olika utformningar av förvar

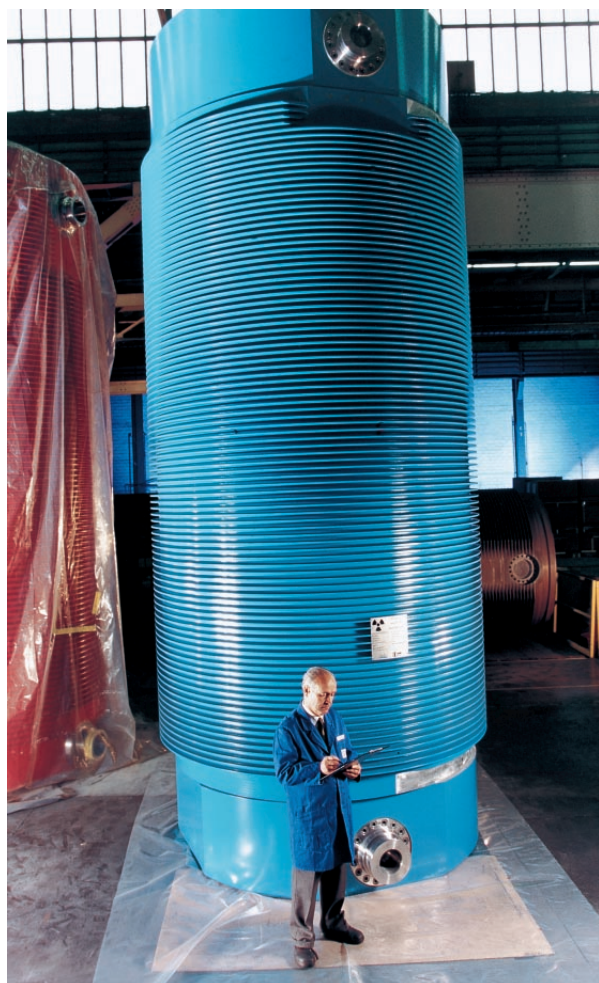
Förvaret kan utformas på flera sätt i var och en av miljöerna. I den berggrund vi har i Sverige kan man tänka sig några principiellt olika alternativ:

- Avfallet deponeras i ett system av kortare tunnlar på 400–700 meters djup i vattenmättat berg (t ex KBS-3).
- Avfallet deponeras som ovan men förvaret arrangeras som ett fåtal parallella milslånga tunnlar.
- Avfallet placeras tätt i ett burliknande arrangemang i berget (WP-Cave).
- Avfallet deponeras i flera tusen meter djupa borrhål.

För var och en av dessa utformningar finns varianter, både vad gäller hur förvaret arrangeras geometriskt och hur avfallet kapslas in. I det svenska programmet har utformningen successivt utvecklats mot det som nu utgör huvudinriktningen, ett djupförvar av KBS-3-typ. Olika alternativ har valts bort eftersom de inte ger ökad säkerhet eller för att säkerheten är mer svårbedömd.

KBS-3-utformningen av ett djupförvar för använt kärnbränsle utgörs av ett system av horisontella tunnlar som löper med 30–40 meters avstånd. Bränslet placeras i täta kopparkapslar med en hållfast insats av gjutjärn. Kapslarna omges med bentonitlera i deponeringshål som är borrhå i tunnarnas golv. Varianter med t ex horisontella deponeringshål är också tänkbara.

I kapitel 4 beskrivs hur den långsiktiga säkerheten byggs upp med barriärerna kapsel, bentonitlera och berg. Ett djupförvar kommer att hållas öppet så länge som deponering av avfall pågår, dvs under flera decennier och kommer då att övervakas. Övervakningen kan sträckas ut under längre tid om man så vill. Förvarets långsiktiga säkerhet är dock inte beroende av tillsyn eller underhåll.



*Figur 2-3.  
Torr mellanlagring av  
använt kärnbränsle  
i Gorleben, Tyskland.*

## Bentonit

Lera, vanligtvis av vulkaniskt ursprung

### **Kvittblivning**

är inget realistiskt alternativ

### **Transuraner**

Grundämnen som är tyngre än uran

### **Klyvningsprodukter**

Ämnen som bildas efter kärnklyvning

Vid upparbetning separeras uran och plutonium från avfallsprodukterna

### **Anrikning**

Process för att höja andelen klyvbart uran så att det kan användas som bränsle i lättvattenreaktorer

I MOX-bränsle återanvänds det uran och plutonium som avskiljts vid upparbetning

## **2.2.3 Kvittblivning**

Olika sätt har diskuterats för att göra avfallet praktiskt taget helt otillgängligt (kvittblivning). En möjlighet vore att skjuta ut avfallet i rymden med raket men detta har avvisats på grund av de risker som finns vid raketuppskjutningar.

Andra varianter är deponering i djuphavssedimenten eller under inlandsisen på Antarktis. Speciellt deponering under havsbotten har ägnats stort internationellt intresse. Avfallet kapslas in och får av egen tyngd tränga ned cirka 50 meter i de tjocka bottensedimenten på cirka 4 000 meters djup i Atlanten. Sedimenten skyddar kapseln och håller kvar eventuella utläckande radioaktiva ämnen. Deponering under havsbotten kan också göras så att avfallsbehållarna staplas i djupa borrhål under havsbotten. Metoden har en del säkerhetstekniska fördelar men drivs inte vidare, främst av politiska skäl.

Ingen form av kvittblivning diskuteras alltså i dag på allvar som ett moment i hanteringen av använt kärnbränsle och liknande avfall. Gränsdragningen mellan geologisk deponering och kvittblivning är inte självklar. Deponering i djuphavssedimenten har här betraktats som kvittblivning men skulle också kunna räknas till metoderna för geologisk deponering.

## **2.2.4 Upparbetning och återvinning**

Vid dagens upparbetningsanläggningar kapas kärnbränslet först i små bitar och löses sedan upp i en stark syra. Genom kemisk behandling i flera steg separeras uran och plutonium från klyvningsprodukter och övriga transuraner. Uran och plutonium kan efter rening och kemisk bearbetning återanvändas som bränsleråvara. Plutonium ingår i så kallat MOX-bränsle (Mixed OXide fuel) som består av en blandning av uran- och plutoniumdioxid.

Avfallet, dvs klyvningsprodukter och övriga transuraner, blandas in i glasmassa och gjuts i behållare. Det förglasade avfallet avger strålning och värme och måste, på samma sätt som det använda kärnbränslet, mellanlagras innan det kan deponeras i ett djupförvar. Vid upparbetning uppstår även annat långlivat avfall som måste tas om hand långsiktigt på liknande sätt.

Upparbetning sker i stora anläggningar där hanteringen är fjärrstyrd och strål-skärmad. Upparbetningsanläggningar finns i dag i Frankrike (la Hague), se figur 2-4, Storbritannien (Sellafield) och i Ryssland. En anläggning byggs också i Japan. Den samlade kapaciteten hos dagens upparbetningsanläggningar är cirka 2 800 ton per år medan mängden använt bränsle som uppstår i världen är omkring 10 000 ton per år.

Genom återanvändning av uran och plutonium kan behovet av naturligt uran till bränsle minskas med 20–30 procent. Likaså kan behovet av anrikning minskas med cirka 25 procent. Kostnaden för återvinning är dock hög. Med dagens uranpriser är det avsevärt billigare att använda nytt uran. Tiden från att använt bränsle tas ur en reaktor till att det kan ha omvandlats till nytt MOX-bränsle är knappt tio år.

Återanvändning av MOX-bränsle i lättvattenreaktorer kan göras i två eller tre cykler. Därefter får plutonium en olämplig isotopsammansättning som försämrar reaktorernas säkerhetsegenskaper. Däremot kan plutonium brännas/förbrukas effektivare i snabba reaktorer, se kapitel 9. Tillverkning av MOX-bränsle ställer betydligt högre krav på strålskydd än vad tillverkning av vanligt kärnbränsle gör.

MOX-bränsle används i bland annat Frankrike, Schweiz och Tyskland. Kapaciteten att tillverka MOX-bränsle är i dag något lägre än den mängd plutonium som separeras vid upparbetning.





Figur 2-4. Upparbetningsanläggningen i la Hague, Frankrike.

Hanteringssystemet vid upparbetning består av följande steg:

- Mellanlagring
- Upparbetning
- Återanvändning av uran och plutonium vid bränsletillverkning.
- Förglasning av den högaktiva avfallslösningen, som innehåller klyvningsprodukter och övriga transuraner, samt behandling av övrigt avfall.

Det högaktiva förglasade avfallet och övrigt långlivat avfall från upparbetningen måste tas om hand på liknande sätt som använt bränsle.

### 2.2.5 Transmutation

Transmutation innebär att man omvandlar, transmuterar, långlivade radioaktiva ämnen till mer kortlivade med hjälp av kärnreaktioner. För att åstadkomma detta utsätts de långlivade ämnena för kraftig bestrålning med neutroner. Vid processen alstras också energi som kan användas för att t ex producera elektricitet.

En förutsättning för effektiv transmutation är att man kan separera de olika ämnen som ingår i använt bränsle. Detta kräver utveckling av upparbetningstekniken. Ämnen som behöver separeras för att minska bränslets farlighet på lång sikt är främst plutonium men även neptunium, americium och andra transuraner samt teknetium-99 och jod-129. Utveckling av separationsteknik har pågått i mindre skala i flera decennier, men det återstår mycket forskning innan den fullständiga tekniken finns industriellt och är tillräckligt effektiv. Ett mål för utvecklingen, som har nämnts i internationella sammanhang, är att minska mängden långlivade radionuklider i avfallet till en hundra del.

De neutronflöden som behövs kan man få i s k snabba reaktorer eller med hjälp av en stor accelerator, se faktaruta på sid 173. Acceleratorn är tänkt att anslutas till en ny typ av kärnreaktor under utveckling där de ämnen som ska transmutteras bestrålas med neutroner.

För att transmutation ska vara ett alternativ krävs utveckling av

- separationstekniken
- acceleratortekniken



Efter transmutation kvarstår avfall som måste deponeras i ett djupförvar

Transmutations-tekniken är ännu på forskningsstadiet. Flera decenniers arbete krävs innan den kan utnyttjas i industriell skala. SKB stödjer forskningen på transmutation

Hantering av transmutation består av följande steg:

- Separation av de ämnen som ska transmutteras ur den högaktiva avfallslösningen från upparbetningen.
- Förglasning av kvarvarande avfallslösning som innehåller de kortlivade klyvningsprodukterna.
- Tillverkning av transmutationsbränsle med de separerade långlivade ämnena.
- Bestrålning av bränslet i en snabb reaktor eller ett acceleratordrivet system.

Transmutationsbränslets driftegenskaper försämrats efter en tids bestrålning. Det måste då åter genomgå kemisk separation, dvs stegen ovan upprepas i flera cykler. Det högaktiva förglasade avfallet och övrigt långlivat avfall från processerna måste tas om hand på liknande sätt som använt bränsle. Liksom vid traditionell upparbetning får man i varje steg i processen doser till personal och utsläpp av radioaktiva ämnen. I dagsläget är det svårt att bedöma hur stora dessa blir.

Transmutationstekniken bedöms kräva flera tiotal års utveckling innan den kan vara industriellt tillgänglig. Utvecklingen kräver finansiering som endast stora länder eller unioner kan åta sig. SKB:s arbeten och planer inom transmutationsområdet beskrivs närmare i kapitel 9.

## 2.3 Att välja huvudalternativ

Valet av metod för att ta hand om använt kärnbränsle innehåller både stora, vägskiljande frågor och detaljerade val mellan olika tekniska lösningar. I Sverige har utformningen av ett huvudalternativ varit en lång process där övergripande frågor och tekniska detaljer diskuterats parallellt. Processen har pågått under flera decennier och har under tiden påverkats av den nya kunskap som successivt kommit till.

### 2.3.1 Två huvudfrågor

I valet av metod för att ta hand om använt kärnbränsle har man något förenklat först att ta ställning till två huvudfrågor (eftersom kvittblivning inte är något realistiskt alternativ):

1. Ska det använda bränslet upparbetas eller inte?
2. Ska den långsiktiga lösningen vara att avvakta eller att deponera i geologiska formationer?

Frågan om upparbetning påverkar formen av och till viss del innehållet i avfallet, men detta har inte någon avgörande betydelse för hur avfallet behöver tas om hand på lång sikt.

Om man väljer att avvakta med en långsiktig lösning finns egentligen bara en möjlighet: att tills vidare lagra avfallet övervakat och detta oavsett om det använda bränslet upparbetas eller inte.

Väljer man geologisk deponering återstår en rad val av mer teknisk natur. Man måste ta ställning till geologisk miljö och förvarets principiella och detaljerade utformning.

## 2.3.2 Aspekter på problemet

### Tidsaspekter

I utformningen av ett program för avfallshantering kommer tidsaspekter in på olika sätt. En avgörande fråga är om dagens generation ska lösa avfallsproblemet eller om ansvaret helt eller delvis ska överlätas på kommande generationer. Frågan är kopplad till den tekniska utvecklingen: Vilka tekniker och metoder kan komma att finnas tillgängliga i framtiden? Hur kan ett program som utformas i dag göras flexibelt så att det kan anpassas efter utvecklingen? Om man t ex väljer geologisk deponering, kan då avfallet återtas från förvaret sedan det deponerats?

### Energiförsörjning

Utformningen av ett avfallsprogram är i vissa avseenden kopplad till frågan om ett lands framtida energiförsörjning. En satsning på uppärbetning och återvinning är inte realistisk utan att tänka sig fortsatt utnyttjande av kärnkraft i framtiden. Detta gäller också transmutation, som i sig kräver uppärbetning men även omfattande satsning på ny kärnkraftteknik.

### Kärnvapenspridning

Även frågor som rör kärnvapenspridning kommer in i bilden. Uppärbetning är t ex en teknik som kan användas för att framställa klyvbart material för kärnvapentillverkning. Å andra sidan leder återvinningen som följer på uppärbetningen till att mer klyvbart material förbränns i kärnreaktorer under kontrollerade förhållanden än vid direktdeponering i djupförvar.

## 2.3.3 Fyra tänkbara strategier

Om man inkluderar kvittblivning kan fyra tänkbara program eller strategier för hantering av långlivat högaktivt avfall formuleras:

- **Övervakad lagring**  
Det använda bränslet långtidslagras under kontrollerade förhållanden, och man beslutar senare om hantering enligt något av de följande alternativen.
- **Direktdeponering i djupförvar**  
Efter mellanlagring inkapslas det använda bränslet och deponeras i ett djupförvar, utan krav på tillsyn eller behov av underhåll men med möjlighet till återtagning.
- **Uppärbetning (transmutation?) och deponering i djupförvar**  
Uran och plutonium (och eventuellt andra långlivade ämnen) avskiljs med kemiska metoder för att återanvändas som kärnbränsle. Återstående avfall deponeras i ett djupförvar. I en möjlig framtida variant kan även transmutation ingå i denna strategi.
- **Kvittblivning**  
Det använda kärnbränslet görs otillgängligt för all framtid, t ex genom utskjutning i rymden.

De olika strategierna är mer eller mindre realistiska och har alla sina för- och nackdelar. De viktigaste sammanfattas i tabell 2-1.

SKB:s huvudalternativ bygger på övervakad lagring i CLAB, följt av direktdeponering i ett djupförvar

**Tabell 2-1. För- och nackdelar med olika strategier för att ta hand om använt kärnbränsle**

Strategi	Fördelar	Nackdelar
<b>Övervakad lagring</b>	<p>God kontroll kan hållas över materialet och säkerheten</p> <p>Bevarad flexibilitet för alla typer av framtida hantering eller behandling</p> <p>Teknik tillgänglig nu och relativt enkel</p>	<p>Lägger ansvar för säkerheten på framtida generationer</p> <p>Säkerheten fordrar aktiv kontroll, tillsyn och underhåll</p> <p>Klyvbart material finns kvar och måste övervakas</p> <p>Känsligt för störningar i samhället som krig, terror, strejker, kraftigt försämrad ekonomi, etc</p> <p>Inte en långsiktig lösning</p>
<b>Direktdeponering i djupförvar</b>	<p>Få hanteringssteg medför liten dosbelastning till personal</p> <p>Teknik tillgänglig nu och relativt enkel</p> <p>Svårslöslig avfallsprodukt – särskilt de mycket långlivade ämnena</p> <p>Återtagbart och reparerbart långt in i framtiden</p> <p>Liten potential för allvarliga konsekvenser</p>	<p>Alla långlivade ämnen kvar i avfallet</p> <p>Dåligt utnyttjande av råvaran uran, som har kvar det mesta av sin inneboende energi</p> <p>Det mycket långa tidsperspektivet</p> <p>Klyvbart material finns kvar långt in i framtiden</p>
<b>Upparbetning och deponering i djupförvar</b>	<p>Energi i uran utnyttjas bättre i lättvattenreaktorer och mycket bättre i bridreaktorer</p> <p>Minskar behovet av anrikning av uran</p> <p>Mängden uran och plutonium i avfallet minskar</p> <p>Välbestämd och kontrollerbar form för det högaktiva avfallet</p> <p>Farligheten på lång sikt (&lt;1 000 år) är lägre än vid direktdeponering</p>	<p>Många hanteringssteg ger ökad dos till personal och risk för ökade utsläpp</p> <p>Höga kostnader</p> <p>Fler avfallstyper och ev större volym avfall som behöver slutförvaras</p> <p>Ökad risk för spridning av kärnvapenmaterial</p>
<b>Upparbetning, transmutation och deponering i djupförvar</b>	<p>Energi i uran kan utnyttjas mycket bättre i bridreaktorer och i acceleratordrivna system</p> <p>Mängden långlivade ämnen i avfallet minskar väsentligt</p> <p>Det långa tidsperspektivet reduceras för djupförvaret</p>	<p>Många hanteringssteg ger ökad dos till personal och ökad risk för utsläpp</p> <p>Ytterligare ökad kostnad</p> <p>Fler avfallstyper och ev större volym avfall som behöver slutförvaras</p> <p>Ökad risk för spridning av teknik användbar för utvinning av kärnvapenmaterial</p> <p>Tekniken inte tillgänglig i dag – ovisst om och när</p>
<b>Kvittblivning</b>	<p>Avfallet eliminerat och kan inte ge upphov till skada</p> <p>Djupförvar behövs inte</p>	<p>Tekniken finns inte tillgänglig i dag</p> <p>Risk för misslyckanden som inte kan repareras</p>

## 2.4 Det svenska huvudalternativet

Hur har då det svenska programmet utformats, vilka val har gjorts och vilka värderingar ligger bakom valen? Huvudalternativet har successivt tagit alltmer detaljerad form under de senaste cirka 20 åren. Här följer en redogörelse för de viktigaste ställningstagandena.

### Upparbetning eller inte?

Sverige har valt att inte uppjobba det använda bränslet. Detta beslutades under 1980-talet sedan KBS-3-rapporten godkänns, se avsnitt 2.5. Bakom beslutet ligger bland annat värderingen att inte bidra till risken för ökad kärnvapenspridning. Dessutom är uppjobbet en kostsam metod.

Sverige uppjobbar inte använt kärnbränsle

## Val av långsiktig lösning

I Sverige är avsikten att genomföra geologisk deponering. Innan deponeringen ska bränslet mellanlagras i cirka 30 år. Bakom valet ligger bland annat värderingen att det är dagens generation som ska ta hand om avfallet, eftersom det dels är dagens generation som dragit nytta av kärnkraften, dels ligger en osäkerhet i den framtida samhällsutvecklingen som talar mot att avvakta.

## Val av geologisk miljö

I Sverige planeras deponeringen ske i kristallint urberg. Detta är den vanligaste typen av berggrund i landet och det är lämpligt ur teknisk-vetenskaplig synvinkel. Många länder, förutom Sverige, har deponering i kristallint berg som huvudalternativ.

## Val av principiell förvarsutformning

Som framgick av avsnitt 2.2.2 kan förvaret utformas på några principiellt olika sätt. KBS-3-utformningen med ett system av kortare tunnlar på 400–700 meters djup är den utformning som har valts i Sverige. Andra alternativ har jämförts med KBS-3-konceptet vad gäller genomförbarhet, kort- och långsiktig säkerhet samt kostnader /2-4/. Jämförelserna har utfallit till KBS-3-konceptets fördel och inriktningen i Sverige har därför fokuserats på fortsatt utveckling av detta alternativ.

## Val av detaljerad utformning

Med förutsättningen att deponering ska göras i ett KBS-3-liknande förvar, kan förvaret utformas på olika sätt. För att uppnå bästa funktion studeras olika kombinationer av tunnlar och hål, där kapslarna kan deponeras stående eller liggande, i rad i samma hål/tunnel eller i separata positioner för varje kapsel, etc.

Principen för KBS-3 är ett system av parallella tunnlar, där hål för deponering av kapslar är borrarade i tunnlaras golv. Ett alternativ vore att placera kapslarna direkt i medellånga tunnlar som i fiskbensmönster går ut från en central tunnel. Detta och liknande utföranden kan vara fullt möjliga att genomföra med oförändrad säkerhet, men utformningen med deponeringstunnlar med separata hål för kapslarna har prioriterats, eftersom det bedömts vara lättare att bygga ett sådant förvar. SKB fortsätter dock att utvärdera alternativa deponeringsmetoder, se avsnitt 7.4.2.

Kapseln kan antingen utformas för att isolera avfallet medan det hanteras, alternativt utformas den för att även hålla de radioaktiva ämnena avskilda från människor och miljö under lång tid. Valet av material och utförande för kapseln beror således dels på vilka krav som ställs på kapseln, dels på vilken deponeringsmiljö den är tänkt att befinna sig i. Olika kapselutföranden har studerats och utvärderats. I Sverige är inriktningen att använda korrosionsbeständiga hållfasta kapslar av koppar och järn som utgör en effektiv del i ett flerbarriärsystem.

## Återtagningsmöjligheter

Ett val av annan karaktär är graden av återtagningsmöjlighet efter deponering. Framtida teknisk utveckling eller vetenskapliga upptäckter kan tänkas medföra att man vill få tillgång till material som finns i bränslet. En annan möjlighet är att framtida generationer av något skäl vill förändra, komplettera eller förbättra förvarets utformning eller funktion och därför komma åt avfallet.

Som huvudalternativet är utformat finns det i alla stadier möjlighet till återtagning även om den blir mer omständlig och kostsam ju längre fram i processen den görs. Återtagning är möjlig eftersom deponeringen görs under kontrollerade former i ett berg som har hög mekanisk stabilitet /2-5, 2-6/. Möjlighet till återtagning fordrar dock att information om förvarets innehåll och utformning bevaras åt framtidens människor /2-7/.

Den långsiktiga lösningen är geologisk deponering av det använda bränslet

I Finland har regeringen beslutat att geologisk deponering ska användas. Val av plats ska göras år 2000. Finland planerar att använda samma metod som Sverige.

SKB:s inriktning är att utforma förvaret enligt KBS-3

Djupförvaret är utformat så att det alltid går att ta tillbaka deponerat avfall

## 2.5 Historisk bakgrund

Det svenska programmet för hantering av radioaktivt avfall har utvecklats under drygt 25 år. Här ger vi en kort beskrivning av utvecklingen.

### 2.5.1 Överblick

Utvecklingen av programmet för hantering av radioaktivt avfall kan ses i tre etapper:

#### 1. 1977–84. Programetablering och pionjärarbete

Under denna period utformades grunderna till ett svenskt förvarssystem. SKB tog fram viktiga data om svensk berggrund och redovisade säkerhetsanalyser. En viktig milstolpe och avslutning av perioden var den så kallade KBS-3-studien som 1984, efter omfattande granskning, godkändes av regeringen som grund för att tillåta start av nya reaktorer. Arbetet under denna period fokuserades nästan helt på teknik- och säkerhetsfrågor.

#### 2. 1984–92. Konsolidering och breddning

Under denna period fördjupades och breddades kunskapen kring tänkbara sätt att förvara kärnbränslet i svensk berggrund. Äspölaboratoriet byggdes. Alternativa metoder redovisades och värderades. KASAM tog upp frågor om bland annat etik och beslutsteori. SKB drog i FUD-program 92 slutsatsen att tiden var mogen för att påbörja ett konkret arbete med att lokalisera och bygga en inkapslingsanläggning och ett djupförvar i ett första steg. Denna inriktning fick stöd av myndigheterna och regeringen.

#### 3. 1992–. På väg mot beslutsunderlag och beslut

Denna etapp pågår nu. Forskningen fortsätter och teknikutvecklingen har intensifierats. Kärnavfallsfrågan förs nu ut i kommuner och bland allmänheten. Det lokala och regionala engagemanget leder också till frågor som Varför här? och Vad finns det för nytta? Arbete med miljökonsekvensbeskrivningar initieras i samråd med kommuner, länsstyrelser, säkerhets- och strålskyddsmyndigheter. Regeringen preciserar successivt krav på underlag och på beslutsprocessen.

SKB har vid fem tillfällen, vart tredje år, redovisat sitt program för forskning och utveckling till myndigheter och regering. Programmen har remissbehandlats och regeringen har därefter godtagit redovisningarna. I vissa fall har regeringen krävt kompletterande redovisning eller klarlagt sin syn på arbetets inriktning.

### 2.5.2 Kronologisk sammanfattning av viktiga utredningar

Fram till mitten av 1970-talet ägnades kärnavfallsfrågan liten uppmärksamhet utanför experternas krets. Därefter, när den väl uppmärksammats i samhällsdebatten, har omfattande utredningar genomförts. Här redovisas några av de viktigaste utredningarna i kronologisk ordning med särskild tonvikt på strategi- och metodvalet.

#### AKA-utredningen – 1976

Industriministern lämnade i december 1972 direktiv till en parlamentarisk utredning om högaktivt avfall från kärnkraftverk. Huvudbetänkandet kom våren 1976 och förordade upparbetning av kärnbränslet samt slutförvaring av inkapslat förglasat högaktivt avfall i svensk berggrund /2-8/. Utredningen pekade också på möjligheten till direktdeponering av kärnbränslet, även om tekniken då ännu inte ansågs tillräckligt utvecklad. Ett konkret förslag som senare genomfördes var att ett centralt mellanlager för det använda bränslet skulle byggas.

#### AKA-utredningen

En parlamentariskt sammansatt utredning om radioaktivt avfall



Remissvaren var kritiska till en svensk upparbetning, man förordade direktdeponering och betonade behovet av forskning på området. I övrigt var remissvaren till övervägande del positiva till utredningens bedömningar och förslag.

Med tjugo års perspektiv kan vi nu konstatera att utredningens betänkande och granskningen lade grunden till den kommande utvecklingen på kärnavfallsområdet och att den i hög grad påverkat arbetsuppgifterna för SKB. AKA-utredningen står sig väl än i dag då det gäller grundläggande principer för förvaring av högaktivt avfall och utformning av förvarssystemet.

### **KBS-1-utredningen - 1977**

År 1976 fick Sverige en ny regering och riksdag som stiftade den s k villkorslagen. Villkorslagen krävde att kärnkraftföretagen skulle uppvisa ett avtal som på ett betryggande sätt tillgodosåg behovet av upparbetning av använt kärnbränsle samt visa hur och var en "helt säker slutlig förvaring" kunde ske. Alternativt kunde man visa hur och var en helt säker slutlig förvaring av använt, icke upparbetat kärnbränsle kunde ske. För att uppfylla kraven bildade de fyra kärnkraftsföretagen Statens Vattenfallsverk, Sydkraft AB, Oskarshamnsverkets Kraftgrupp AB, och Forsmarks Kraftgrupp AB projekt KBS i slutet av 1976.

KBS-projektet gjorde först en utredning om deponering av förglasat högaktivt avfall från upparbetning /2-9/. Rapporten och upparbetningskontrakten med franska COGEMA utgjorde underlag för ansökningar till regeringen att starta reaktorerna Ringhals 3 och Forsmark 1.

De många remissinstanserna ställde sig i allmänhet positiva till KBS-förslaget. Regeringen fann vid sitt beslut den 5 oktober 1978 att ytterligare provborrningar och mätningar behövde genomföras för att visa att det i Sverige finns tillräckligt stora bergformationer med sådana egenskaper som förutsattes i säkerhetsanalysen.

KBS genomförde utvidgade undersökningar. Förnyade ansökningar gjordes i februari 1979. I SKI:s yttrande över kompletteringen mars 1979 sa man: "I helhetsbedömningen av säkerheten har den kompletterande undersökningen inte givit inspektionen skäl att ändra sin tidigare inställning, som framförts i remissyttrandet den 9 maj 1978, att KBS-projektets förslag till hantering av använt kärnbränsle och slutförvaring av högaktivt avfall uppfyller de krav villkorslagen ställer. Enligt inspektionens uppfattning pekar således det tillgängliga materialet på godtagbara möjligheter för förvaring i svenskt berg av avfallet från åtminstone de nu aktuella två reaktorerna".

### **KBS-2-utredningen - 1978**

KBS-projektet studerade också alternativet icke upparbetning, dvs direktdeponering av använt kärnbränsle. Detta arbete resulterade i den så kallade KBS-2-rapporten /2-10/ som i allmänhet mottogs positivt av både svenska och utländska remissorgan. Slutsatsen från National Research Council inom National Academy of Sciences i USA, var t ex att tillgängliga tekniska data är tillräckliga för att stödja slutsatsen i KBS-2, att radionuklider inte kommer att släppas ut i oacceptabel takt från ett förvar byggt enligt specifikationerna i KBS-2, för såvitt uppförandet har följt goda ingenjörsmässiga principer och att platsen är väl vald.

### **KBS-3-utredningen - 1983**

Arbetet med att vidareutveckla metoderna för direktdeponering fortsatte. När kärnreaktorerna Forsmark 3 och Oskarshamn 3 var klara att tas i drift gjorde kraftföretagen en ansökan grundad på ett fördjupat utredningsmaterial för

#### **COGEMA**

Franskt statsägt företag som bl a säljer upparbetningstjänster vid la Hague, se figur 2-4

#### **National Academy of Sciences**

Amerikanska vetenskapsakademien

## SKN

Statens kärnbränslenämnd

SKN är nedlagd och dess tidigare uppgifter överförda till SKI, KASAM och Kärnavfallsfonden

direktdeponering av använt kärnbränsle – KBS-3 /2-11/. Här redovisades inte någon enskild plats som lämplig för ett slutförvar. I stället framfördes ett antal undersökta typområden: Finnsjön, Fjällveden, Gideå, och Kamlunge. I likhet med de föregående KBS-rapporterna blev KBS-3 föremål för en ingående granskning.

Regeringen fann att ”metoden i sin helhet i allt väsentligt befunnits kunna godtas med hänsyn till säkerhet och strålskydd” och godkände laddningsansökan för de två reaktorerna i juni 1984. Därmed hade alla kärnreaktorer i det svenska kärnkraftsprogrammet fått drifttillstånd.

### FoU-program 84 – 1984

Den detaljerade förvarsutformningen och platsvalet krävde mer forskning och utveckling. Som en bilaga till ansökningarna om laddningstillstånd för de sista reaktorerna inlämnade SKB också ett forskningsprogram som framför allt anknöt till KBS-3-metoden. SKI, SSI och SKN yttrade sig över programmet och godtog det, med en del detaljmärkningar.

### FoU-program 86 – 1986

År 1986 lämnade SKB in det första fullständiga forskningsprogrammet enligt den nya kärntekniklagen /2-12/. De riktlinjer som forskningen inom SKB har följt sedan KBS-3 summerades och utvecklades i FoU-program 86 på följande sätt:

- De radioaktiva restprodukterna ska omhändertas i Sverige.
- Det använda kärnbränslet ska mellanlagras och slutförvaras utan upparbetning.
- Tekniska system och anläggningar ska uppfylla högt ställda krav på säkerhet och strålskydd och tillgodose svenska myndighetskrav.
- Systemen för avfallshantering ska utformas så att kraven på kontroll av klyvbart material kan tillgodoses.
- Avfallsfrågan ska till alla väsentliga delar lösas av den generation som utnyttjar elproduktionen från kärnkraftverken.
- Beslut om den definitiva utformningen av slutförvaret för använt kärnbränsle ska fattas först omkring år 2000 för att kunna baseras på ett brett kunskapsunderlag.
- Tekniska lösningar ska utarbetas inom landet och utländska erfarenheter ska utnyttjas.
- Myndigheternas löpande granskning av och direktiv för kärnkraftföretagens arbete med avfallsfrågan ska vara vägledande.
- Verksamheten ska bedrivas öppet och med god insyn från samhällets sida.

Dessa allmänna riktlinjer har blivit vägledande för SKB:s fortsatta arbete.

Studier av geologiska och hydrogeologiska egenskaper samt nuklidtransport i verklig skala hade redan under KBS-tiden gjorts i den nedlagda Stripa-gruvan i Västmanland. Forskningen i Stripa utvecklades till ett internationellt projekt inom OECD/NEA. Grundvattenförhållandena kring Stripa påverkades dock av att gruvan varit i drift sedan medeltiden. Därför föreslog SKB i sitt FoU-program 86 att ett nytt berglaboratorium skulle byggas i ostört berg.

I enlighet med kärntekniklagens krav pekade SKB på vikten av alternativstudier, och gjorde i en underlagsrapport till FoU-program 86 en genomgång av alternativen till KBS-3-metoden /2-13/.

De flesta remissinstanser ansåg att programmet var väl avvägt och överensstämde med kärntekniklagens krav. Organisationer som traditionellt ifrågasätter kärnkraften, t ex Avfallskedjan och Folkkampanjen mot kärnkraft-kärnvapen, framförde kritiska synpunkter.

SKI menade att deponering av långlivat avfall på stort djup (flera hundra meter eller mer) i kontinentala geologiska formationer är den enda metod som inom överskådlig tid bedöms tillgänglig och genomförbar i Sverige. Denna metod prioriteras också av alla länder som bedriver mer omfattande forskning och utveckling på avfallsområdet.

### **FoU-program 89 - 1989**

I FoU-program 89 framhöll SKB att slutförvaring av använt kärnbränsle kan ske på många olika sätt /2-14/. Den metod som beskrivs i KBS-3-rapporten har accepterats av myndigheter och regering som godtagbar vad gäller säkerhet och strålskydd. Denna metod är därför ett referensalternativ för fortsatta studier av andra intressanta alternativ.

Som ett led i programmet som startade 1986 gjorde SKB en jämförelse mellan KBS-3 och en alternativ utformning betecknad WP-Cave. WP-Cave innebär att bränslet packas relativt tätt i berget. Därigenom blir förvarets temperatur högre jämfört med andra förvarssystem. Anläggningen hålls därför öppen under hundra år innan förslutningen, och kapslarna kyls av luft som får strömma genom de öppna deponeringsutrymmena. En annan viktig skillnad mellan KBS-3 och WP-Cave är att lerbarriären i WP-Cave omger hela förvaret i stället för varje kapsel. En högre temperatur försvårar bedömningen av de kemiska förloppen i förvaret och en större lerbarriär är svårare att anpassa till geologiska strukturer.

Som ett resultat av utvärderingen bedömde SKB att det skulle bli svårare att visa säkerheten för ett lager enligt WP-Cave, samtidigt som kostnaderna skulle bli högre. Studierna av WP-Cave som ett sammanhållet system fortsatte därför inte.

De studier av djuphålsdeponering och dess säkerhetsaspekter som påbörjats under den tidigare perioden beräknades att fullföljas under 1990 med jämförande analys med referenskonceptet KBS-3. Dessutom nämner SKB att en principstudie kommer att göras av en alternativ förvaringsutformning, med deponering i långa tunnlar under Östersjön.

I forskningsplanen informerade SKB om planerna på en ny säkerhetsanalys, SKB 91. Anledningen var behovet av att utvärdera betydelsen av variationer i de geologiska förhållandena för slutförvarets funktion och säkerhet.

Förundersökningar för lokalisering av ett berglaboratorium till Simpevarpsområdet genomfördes och visade att det fanns förutsättningar för en sådan anläggning på Äspö, norr om Simpevarp.

SKN ansåg att SKB:s tidsplaner inte var förenliga med en hög flexibilitet i programmet, alternativa förvaringslösningar och offentlig insyn i platsvalsprocessen. SKN föreslog därför att SKB borde utreda om slutförvaring kan genomföras stegvis med "kontrollstationer" och inom ramen för denna utredning planera för byggandet av en demonstrationsanläggning. En sådan anläggning skulle kunna omfatta exempelvis 5-10 procent av ett fullskaligt förvar.

Flera remissinstanser betonade betydelsen av att SKB:s forskning och utveckling skulle uppvisa en bredd i alternativvalet. SKN ansåg att SKB borde fortsätta sina studier av alternativen djupa borrhål och långa deponeringstunnlar under Östersjöns botten.

#### **WP-Cave**

Förvaringsmetod som föreslagits som alternativ till KBS-3. Beteckningen WP har sitt ursprung i företagsnamnet WP-System AB

I beslutet angående FoU-program 89 fann regeringen att SKN:s rekommendationer om säkerhetsanalys, konstruktionsstudier av kapslar, underjordiskt berglaboratorium och geologiskt underlag vid lokalisering borde beaktas. Forskningsarbetet borde omfatta en redovisning och en uppföljning av alternativa hanterings- och förvaringsmetoder. Någon bindning till metod bör inte ske förrän säkerhets- och strålskyddsaspekter kan överblickas.

En utgångspunkt för fortsatt FoU-verksamhet borde vara att ett slutförvar för kärnavfall och använt kärnbränsle skulle kunna tas i drift stegvis. I nästa FoU-program borde SKB utreda möjligheterna att låta ett slutförvar i demonstrationsskala ingå som ett led i arbetet.

Regeringen framhöll också att de alternativ med djupa borrhål och långa deponeringstunnlar under Östersjöns botten som SKB studerar, tycks vara mindre lämpliga som slutförvar. Regeringen delade SKN:s uppfattning att en god offentlig insyn är önskvärd i processen som leder fram till valet av platser lämpliga för slutförvar.

### **FUD-program 92 – 1992**

FUD-program 92 bygger på samma grundprinciper som tidigare program, men utgör en viktig konkretisering av kärnavfallsprogrammet /2-15/. Det anger en plan för att realisera en djup geologisk förvaring av inkapslat använt bränsle. Inriktningen för inkapslingsanläggningen är att den ska byggas vid mellanlagret CLAB. Programmet utgjorde starten för arbetet att lokalisera ett djupförvar. SKN:s förslag att förvaret ska byggas stegvis togs, enligt regeringens önskemål, upp och infördes i programmet. I ett första steg planerades demonstrationsdeponering för cirka 400 kapslar, dvs ungefär 10 procent av det totala behovet. Först efter att detta steg genomförts och utvärderats ska beslut fattas om fortsättningen. Det ska då vara möjligt både att fortsätta på den inslagna linjen och att återta bränslet.

Viktiga utredningar som utgjorde underlag till FUD-program 92 var säkerhetsanalysen SKB 91 /2-16/ och den s k PASS-rapporten /2-4/, som jämförde olika inkapslingsmetoder och slutförvaringsmetoder (KBS-3, djupa borrhål, långa tunnlar, medellånga tunnlar). PASS-rapporten förordar bibehållet referenssystem enligt KBS-3 med en kopparkapsel med insats av stål.

SKI konstaterade i sin utvärdering av FUD-program 92 att ”SKI kan godta att de fortsatta FUD-insatserna huvudsakligen inriktas på en metod av typ KBS-3. Såvitt SKI kan överblicka, bland annat utifrån sitt deltagande i internationellt samarbete, finns det ingen metod som förefaller väsentligt bättre ur säkerhets-synpunkt och som kan förverkligas i Sverige utan att avsevärt utsträcka tidsramen jämfört med SKB:s planer”. SKI påpekar även att ”ett ställningstagande för KBS-3-principen som huvudinriktning för det fortsatta forskningsprogrammet bör dock inte innebära att detaljutformningen (kapselkonstruktion, förvarsdjup, val av geologisk formation) låses för tidigt utan en väl genomarbetad och samlad överblick över de relevanta säkerhets- och strålskyddsfrågorna”. Beträffande PASS konstaterar SKI bland annat att ”En rad skäl, varav de flesta är säkerhetsrelaterade, talar för att djupa borrhål inte behöver studeras vidare som ett sammanhållet system”.

KASAM tillstyrkte att SKB inriktar sin FUD-verksamhet på en förvaring i demonstrationsskala med möjlighet till återtag som ett första steg i sluthanteringen av det använda kärnbränslet.

I regeringsbeslutet i december 1993 fann regeringen i likhet med SKI att FUD-program 92 uppfyller anspråken i kärntekniklagen. Myndigheterna framförde dock kritik mot bland annat vissa oklarheter i programmet. I regeringsbeslutet ställdes med hänvisning till denna kritik krav på kompletterande redovisning till SKI enligt följande:

#### **PASS**

Projekt Alternativstudier för slutförvar

SKB skulle komplettera FUD-program 92 genom att redovisa:

- de kriterier och metoder som kan bilda underlag för val av platser lämpliga för slutförvar,
- ett program för beskrivning av förutsättningar för konstruktion av inkapslingsstation och slutförvar,
- ett program för de säkerhetsanalyser som SKB avser att upprätta,
- en analys av på vilket sätt olika åtgärder och beslut påverkar senare beslut inom slutförvarsprogrammet.

### **Kompletterande redovisning till FUD-program 92**

I augusti 1994 lämnade SKB kompletteringen av FUD-program 92 som regeringen begärt /2-17/. Regeringen fann i maj 1995 att SKB kompletterat FUD-program 92 i enlighet med regeringens begäran. Man klargör att ”Ansökningarna om tillstånd enligt 4 kap naturresurslagen och 5 § kärntekniklagen att uppföra ett slutförvar för använt kärnbränsle och kärnavfall bör innehålla material för jämförande bedömningar som visar att platsanknutna förstudier i enlighet med SKB:s redovisning bedrivits på mellan 5–10 platser i landet och att platsundersökningar bedrivits på minst två platser samt skälen för valet av dessa platser”, samt ”SKB har på ett utförligt sätt redovisat sin syn på kriterier och metoder för att finna en från olika utgångspunkter lämplig lokalisering av djupförvaret. De lokaliseringsfaktorer och kriterier som SKB anger bör enligt regeringens uppfattning vara en utgångspunkt för det fortsatta lokaliseringsarbetet”.

Regeringen ansåg också att SKB, för att ge bakgrund och förutsättningar i lokaliseringsarbetet, borde presentera sina översiktsstudier och platsanknutna förstudier i en samlad redovisning i kommande FUD-program.

### **FUD-program 95 – 1995**

Tonvikten i FUD-program 95 /2-18/ ligger på hur SKB planerar att genomföra de projekt (inkapsling, djupförvar) som krävs för att inleda deponering av inkapslat bränsle enligt de planer som redovisades i FUD-program 92. Programmet omfattar även de stödjande forsknings- och utvecklingsinsatser som behövs för projekten samt uppföljning av och forskning kring alternativa metoder. Viktiga underlag för programmet utgjorde bland annat följande:

- Redovisningarna av förstudierna i Storuman och Malå.
- En rikstäckande genomgång av förutsättningar och bakgrund för lokaliseringsarbetet – Översiktsstudie 95.
- En mall för säkerhetsrapporter, SR 95.

I beslutet angav regeringen bland annat att SKB ”skall i sitt fortsatta forsknings- och utredningsarbete genomföra en systemanalys av hela slutförvarssystemet (inkapslingsanläggning, transporter och slutförvar). Denna systemanalys skall medge en samlad säkerhetsbedömning av hela slutförvarssystemet inklusive hur principer för säkerhet och strålskydd praktiskt tillämpas i säkerhetsanalysarbetet. I systemanalysen skall vidare ingå en redovisning av de alternativa lösningar till KBS-3-metoden som SKB redovisat i tidigare forskningsprogram eller som aktualiserats i internationella studier. Även olika varianter av KBS-3-metoden bör redovisas. I redovisningen skall vidare ingå konsekvenserna för det fall det planerade slutförvaret inte alls kommer till stånd (nollalternativet) liksom det pågående internationella arbetet med transmutation”.

I skälen för sitt beslut om FUD-program 95 sade regeringen att innan platsvalsprocessen kan övergå i platsundersökningar på minst två platser, bör berörda kommuner ”ha tillgång till SKB:s samlade redovisning av översiktsstudier, för-



studier och annat bakgrundsmaterial och jämförelsematerial, som SKB, efter samråd med den av regeringen tillsatta nationelle samordnaren på kärnavfallsområdet, kan vilja redovisa. Dessutom bör SKB för den planerade slutförvarsmetoden kunna redovisa kriterier för utvärdering av platserna och därvid redovisa vilka faktorer som utesluter fortsatta studier på en plats”.

För förstudiearbetet utgår regeringen ifrån ”att SKB i samråd med berörda kommuner skall ges tillfälle att bedriva platsanknutna förstudier på ett sådant sätt att ett bra beslutsunderlag finns tillgängligt inför SKB:s samråd med SKI och SSI om platsundersökningarna. SKB bör vinnlägga sig om att berörda kommuner ges ett så bra underlag som möjligt inför olika ställningstaganden i lokaliseringsarbetet”.

Regeringens beslut om FUD-program 95 har bland annat lett till att SKB i anslutning till FUD-program 98 särskilt ingående redovisar underlag på de punkter som regeringen lyft fram, dvs alternativa lösningar till KBS-3, systemanalys av hela slutförvarssystemet, lokaliseringsunderlag och platsvalskriterier.

## 3 Djupförvarsmetoden

Huvudalternativet för att ta hand om det använda kärnbränslet på lång sikt är att deponera det i ett djupförvar, ungefär 500 meter ner i urberget. Djupförvaret blir sista anhalten i en hanteringskedja som börjar vid kärnkraftverken, fortsätter med cirka 30 års mellanlagring i CLAB, går vidare med inkapsling i en särskild anläggning och avslutas med transport till djupförvaret för deponering.

Hanteringskedjan finns i dag färdig till och med mellanlagringen i CLAB. Inkapslingsanläggningen och djupförvaret återstår att bygga. Var de anläggningarna ska byggas, i vilken takt det ska ske och hur de i detalj ska se ut är frågor där det finns frihet att anpassa lösningarna så att slutresultatet blir bästa möjliga.

### 3.1 Det planerade djupförvarssystemet

De viktigaste komponenterna i djupförvarssystemet är mellanlagret för använt kärnbränsle (CLAB), inkapslingsanläggningen och själva djupförvaret, se figur 3-1. Dessutom behövs bland annat ett system för transporter mellan anläggningarna.

#### 3.1.1 Avfallet

Avfallet som ska deponeras i djupförvaret är dels använt kärnbränsle som är både högaktivt och långlivat, dels annat långlivat avfall som är låg- och medelaktivt.

#### Använt kärnbränsle

Huvuddelen, cirka 99 procent, av de radioaktiva ämnen som bildas i ett kärnkraftverk finns i det använda bränslet. När bränslet tas ur reaktorn efter 3–7 år är det starkt radioaktivt och avger värme. Radioaktiviteten finns framför allt i klyvningsprodukter från kärnreaktioner, men också i de transuraner som bildas

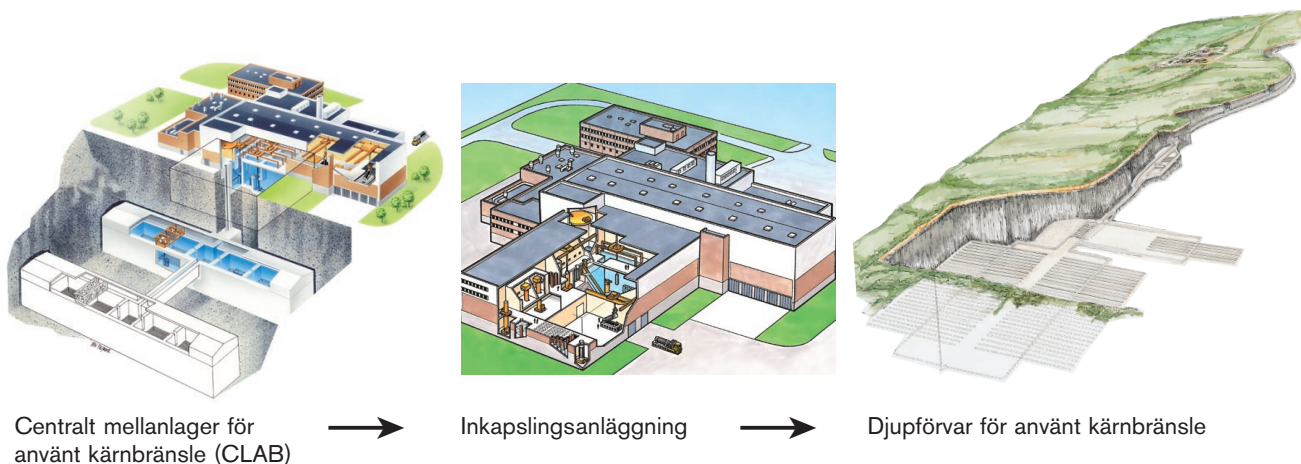
Högaktivt avfall kräver både kylning och strålskärmning

Medelaktivt avfall kräver strålskärmning men ingen kylning

Lågaktivt avfall kräver varken kylning eller strålskärmning

#### Klyvningsprodukter

De ämnen som uppstår vid kärnklyvning



Figur 3-1. Kärntekniska anläggningar i det planerade djupförvarssystemet.

### Transuraner

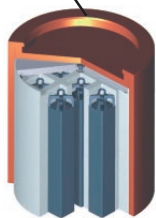
De grundämnen som är tyngre än uran

### Härdkomponenter

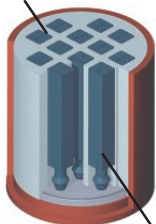
Styrstavar och andra delar som finns i en kärnreaktor

Efter mellanlagring i CLAB har radioaktiviteten i bränslet sjunkit med 90 %

Yttre kopparkapsel



Insats av gjutjärn



Bränsle

**Figur 3-2.**  
*Kapsel för använt kärnbränsle.*

Tio procent av det använda bränslet deponeras i ett första steg

genom att uran tar upp neutroner och bildar tyngre ämnen vid reaktordriften. Mellan 15 och 25 ton bränsle förbrukas årligen i en reaktor. Det svenska kärnkraftsprogrammet beräknas totalt ge ca 8 000 ton använt bränsle. Den exakta mängden beror på hur länge reaktorerna drivs.

## Långlivat låg- och medelaktivt avfall

Förutom använt bränsle ger reaktordriften upphov till annat långlivat avfall. Detta kan deponeras i djupförvaret, skilt från det inkapslade bränslet, men även på annan plats. Avfallet består bland annat av härdkomponenter och av långlivat avfall från forskningsverksamheten i Studsvik. Innehållet av långlivade radionuklider i detta avfall är för stort för att det ska kunna deponeras i SFR. Totalt beräknas låg- och medelaktivt avfall uppta ca 25 000 m<sup>3</sup> i förvaret. Detta inkluderar även kortlivat driftavfall från CLAB och inkapslingsanläggningen som uppstår efter det att SFR har stängts.

### 3.1.2 CLAB

Det använda kärnbränslet från de svenska kärnkraftverken mellanlagras i dag i det centrala mellanlagret för använt kärnbränsle, CLAB, vid Oskarshamn kärnkraftverk. Innan bränslet transporteras till CLAB lagras det vid kraftverken i minst nio månader.

Lagringen sker i vattenfyllda bassänger, placerade i bergrum på cirka 30 meters djup. Enligt planerna ska bränslet mellanlagras i cirka 30 år innan det placeras i djupförvaret. Under lagringen sjunker radioaktiviteten i bränslet och därmed värmeutvecklingen med cirka 90 procent.

### 3.1.3 Inkapslingsanläggningen

Inför djupförvaringen ska bränslet kapslas in i täta kopparkapslar, se figur 3-2. Detta ska göras i en inkapslingsanläggning.

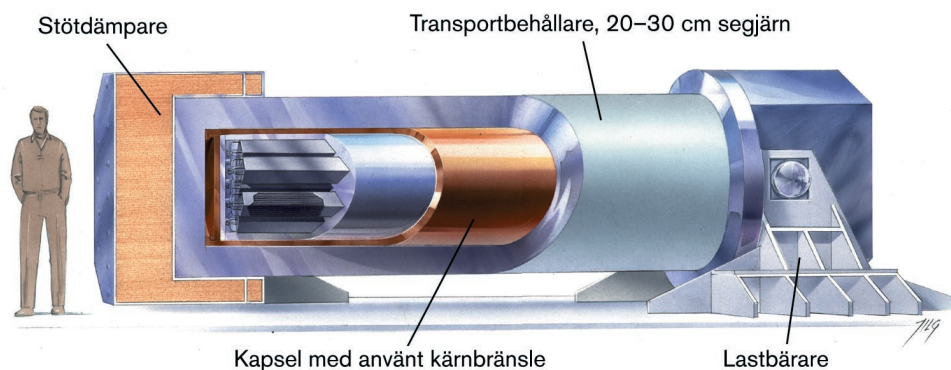
SKB planerar att lokalisera anläggningen i anslutning till CLAB. Då kan bland annat driften samordnas och externa transporter undvikas. Om anläggningen skulle placeras i anslutning till djupförvaret eller på annan ort sker transporter av oinkapslat bränsle från CLAB till inkapslingsanläggningen på liknande sätt som dagens transporter av använt bränsle från kärnkraftverken till CLAB.

### 3.1.4 Djupförvaret

Det inkapslade bränslet kommer att transporteras till djupförvaret i robusta behållare, se figur 3-3. Behållarna kommer att likna dem som används för dagens bränsletransporter. I huvudalternativet består djupförvaret av ett system av deponeringstunnlar på 400–700 meters djup. Kapslarna med bränsle placeras en och en i deponeringshål i tunnarnas botten. Varje kapsel omges av block av kompakterad bentonitlera.

SKB planerar att genomföra djupförvaringen i två steg. I det första steget vill vi demonstrera att djupförvaringen fungerar tekniskt. Då deponeras cirka 400 kapslar med använt kärnbränsle, vilket motsvarar cirka tio procent av den totala mängden.

När deponeringen har demonstrerats ska erfarenheterna utvärderas innan beslut om vidare utbyggnad och deponering av återstående avfall tas. Då utvärderas också all annan tillgänglig kunskap om olika metoder att ta hand om och förvara det använda bränslet. Det redan deponerade bränslet kan också återtas för annan



Figur 3-3. Transportbehållare för kapsel med använt bränsle.

behandling om man så skulle vilja. Detta skulle kräva nya anläggningar bland annat för mellanlagring av kapslar. Återtagning av inkapslat bränsle förblir möjligt även under den fortsatta deponeringen och lång tid efter att djupförvaret förslutits. De nödvändiga insatserna för återtag ökar dock med tiden.

Transporter av långlivat låg- och medelaktivt avfall kommer att ske på i princip samma sätt som transporter av inkapslat bränsle. Deponeringen kommer enligt planerna att inledas först då demonstrationsdeponering och utvärdering genomförts.

### 3.2 Systemanalys

Regeringen skrev i sitt beslut om FUD-program 95 att SKB ska ”genomföra en systemanalys av hela slutförvarssystemet (inkapslingsanläggning, transporter och slutförvar). Denna systemanalys skall medge en samlad säkerhetsbedömning av hela slutförvarssystemet inklusive hur principer för säkerhet och strålskydd praktiskt tillämpas i säkerhetsanalysarbetet”.

SKB har därför gjort en systemanalys som ger en samlad genomgång av hela djupförvarssystemet /3-1/ (mellanlager, inkapslingsanläggning, transporter och djupförvar). Dessutom har vi utrett ”konsekvenserna för det fall det planerade slutförvaret inte alls kommer till stånd (nollalternativet)” /3-2, 3-3/ som regeringen också begärt.

Huvudsyftet med systemanalysen är att visa att driftsäkerheten är uppfylld i alla led. Ett annat syfte är att visa att systemet ger en rimlig balans mellan åtgärderna vid olika steg i hanteringen och den resulterande långsiktiga säkerheten. Det gäller t ex att finna en balans mellan de åtgärder som vidtas under drift och ger upphov till stråldos till personalen och de förbättringar av den långsiktiga säkerheten som åtgärderna eventuellt ger upphov till. Analysen ska också visa de samband som finns mellan de olika stegen i systemet och hur sambanden påverkar säkerheten i olika skeden. Uppenbara samband finns t ex mellan kvalitetskontrollen vid tillverkning av tomma kapslar, tillförlitligheten vid förslutning av kapslarna, risken för skador vid hantering och transport av kapslarna och kapslarnas långsiktiga funktion i djupförvaret. Den långsiktiga säkerheten har också samband med hur väl driften av djupförvaret sköts.

Systemanalysen syftar även till att redovisa graden av flexibilitet i systemet då det gäller tekniska detaljutformningar, tidsplaner, lokalisering eller ändrad inriktning för avfallsprogrammet. Analysen ska också belysa hur olika variationer i systemutformning påverkar säkerheten på kort och lång sikt. Påverkan i form av bland annat andra miljökonsekvenser och hushållning med naturresurser tas också upp.

Efter den första etappen av djupförvaret görs en utvärdering. Det är möjligt att återta avfallet om utvärderingen utfaller negativt

### 3.2.1 Säkerheten

Ett djupförvarssystem har en fas med aktiva åtgärder (byggande, drift, underhåll) och en passiv fas efter förslutning av förvaret då inga ytterligare åtgärder behövs. Säkerhetskraven måste vara uppfyllda under båda faserna. Detta leder till att avvägningar måste göras mellan säkerhet vid drift och säkerhet på lång sikt. Några exempel på detta är följande:

- Hur mycket ska avfallet behandlas?
- När ska bränslet överföras från mellanlager till slutförvar?
- Hur bedömer vi framtida risker?
- Omfattande behandling av avfall ger upphov till fler risker under hanteringen, men leder i allmänhet till minskade långsiktiga risker för det deponerade avfallet. En rimlig balans måste därför uppnås.
- Lagring i ett övervakat förvar ger hög grad av kontroll och säkerhet. Om kontrollen och övervakningen av någon anledning skulle brista blir emellertid riskerna avsevärt högre än om avfallet hade placerats i ett slutet förvar. Man måste därför finna en lämplig tidpunkt för att överföra bränslet från ett övervakat mellanlager till ett slutet djupförvar.
- Underlaget för att bedöma risker i de olika momenten i hanteringen är mer eller mindre tillförlitligt. Generellt är tillförlitligheten lägre när det gäller att bedöma händelser långt in i framtiden. Hänsyn måste tas till dessa aspekter när en avvägning görs mellan långsiktig och kortsiktig säkerhet.

#### Säkerhet vid drift

Som underlag för systemredovisningen har SKB analyserat säkerheten vid drift av de olika delarna i systemet (inkapsling, transport, djupförvaring) /3-4, 3-5, 3-6/. Analyserna täcker både normaldrift och riskerna för missöden.

Hanteringen i hela systemet är utformad för att tillgodose personalens säkerhet och minimera dosbelastningen. Utsläpp via vatten och luft till omgivningen ska hållas på en låg nivå, liksom mängden radioaktivt avfall från verksamheterna. Riskerna för personalen och omgivningen ska minimeras.

Erfarenheter från CLAB och beräkningar för andra anläggningar tyder på att individdoserna till personalen kommer att uppgå till 1–1,5 mSv/år vid normal drift av de planerade anläggningarna. Små utsläpp av radioaktiva ämnen via vatten och ventilationsluft sker i dag från CLAB och kommer även att ske från inkapslingsanläggningen. Utsläppen från CLAB har, under de senaste tio åren, varit några tiotusendelar av vad som tillåts från en kärnteknisk anläggning. För inkapslingsanläggningen förväntas utsläppen bli i samma storleksordning.

Analys av missöden och störningar visar att utsläpp av radioaktivitet till omgivningen kan följa på olyckor orsakade av t ex mekaniska skador på bränslet eller en omfattande brand. Konsekvenserna för omgivningen beräknas bli stråldoser som är i storleksordningen några tusendels mSv. Återställningsarbeten efter ett missöde kan leda till förhöjda doser till personal och till kortare eller längre tids driftstörning.

Slutsatsen är att systemet för hantering och deponering av använt kärnbränsle och annat långlivat avfall är dimensionerat för de stora mängder radioaktivitet som finns i det använda bränslet. Det innebär att doser till personal och utsläpp till omgivningen kommer att kunna hållas väl inom tillåtna gränser. Det gäller såväl normal drift som onormala händelser.

#### Säkerhet på lång sikt

Djupförvarets långsiktiga säkerhet är en nyckelfråga för hela djupförvarssystemet. Ett särskilt kapitel ägnas därför åt principerna för att uppnå långsiktig säkerhet, kapitel 4. I kapitel 8 visas hur den långsiktiga säkerheten utvärderas med säkerhetsanalyser. Både SKB och SKI har genomfört större sådana analyser /3-7, 3-8, 3-9/. SKB avser att presentera en ny säkerhetsanalys under 1999 (SR 97).

Den stråldos som en person utsätts för anges i mSv (millisievert)

Naturlig bakgrundsstrålning ger i Sverige i genomsnitt ca 1 mSv/år



De säkerhetsanalyser som genomförts har visat att det är möjligt att bygga ett djupförvar som uppfyller de ställda kraven vad gäller förvarets långsiktiga säkerhet. Lokaliseringsprocessen kommer efter hand att ge platsspecifika data som kan användas för detaljerade analyser av hur olika platser lämpar sig för ett djupförvar. Säkerhetsanalyserna blir på så sätt viktigt beslutsunderlag för såväl SKB som myndigheterna vid olika beslut i lokaliseringsarbetet.

### 3.2.2 Handlingsfrihet

Djupförvarssystemet är flexibelt vad gäller lokalisering av anläggningar, utformning och tidsplaner för genomförande. Flexibiliteten är viktig eftersom den ger handlingsfrihet i arbetet med att finna en fullgod och brett accepterad lösning på avfallsproblemet.

Inkapslingsanläggningen ska, enligt huvudalternativet, lokaliseras vid CLAB. Detta ger betydande samordningsvinster och en enklare hantering än med andra alternativ. En lokalisering vid djupförvaret, vid en annan kärnteknisk anläggning eller på en helt annan plats är dock fullt möjlig.

Lokaliseringen av djupförvaret pågår och arbetet med att välja en plats görs stegvis. De studier som genomförts visar att det kan finnas lämpligt berg på många ställen i de flesta delar av landet. Förstudier av enskilda kommuner, på flera håll i landet, har identifierat områden som kan vara intressanta för platsundersökningar. Allt tyder därför på en betydande handlingsfrihet i lokaliseringen av djupförvaret. Med utgångspunkt från förstudierna planerar SKB att utföra platsundersökningar på minst två orter i landet.

Djupförvaret är tekniskt flexibelt på så sätt att flera detaljer i utformningen kan varieras. Exempelvis kan man tänka sig olika djup, olika sätt att förbinda djupförvaret med anläggningarna på ytan och olika arrangemang av kapselpositioner i tunnelsystemen.

Den tekniska flexibiliteten bidrar till handlingsfrihet i lokaliseringen eftersom förvaret kan anpassas till olika lokala förhållanden. I ansökningarna om tillstånd att bygga inkapslingsanläggningen och djupförvaret kommer de tekniska utformningarna att vara fastlagda.

Tidsplanen för att lokalisera och bygga djupförvaret innehåller betydande osäkerheter. Det är t ex svårt att uppskatta tiden för den nödvändiga och viktiga diskussionen i samhället som krävs i flera skeden av lokaliseringen. Tidsåtgången för tillståndsprövningen är också svår att uppskatta. Ärendet ska prövas enligt flera lagar och prövningarna kan ofta inte göras parallellt. Det är därför viktigt att kunna klara förskjutningar i tidsplanerna. Eftersom mellanlagringsperioden i CLAB kan utsträckas relativt enkelt finns också den nödvändiga flexibiliteten i tiden.

### 3.2.3 Långsiktig lagring i CLAB – nollalternativet

CLAB-anläggningen är byggd för att drivas i cirka 60 år, från starten 1985 tills allt bränsle har förts vidare till inkapsling och djupförvaring i mitten av nästa sekel. Det använda bränslet kommer då i genomsnitt att ha mellanlagrats i cirka 30 år. SKB har också studerat konsekvenserna av fortsatt lagring i CLAB /3-2/. I analysen ingår både långtidsegenskaperna hos bränslet och anläggningens långsiktiga beständighet.

Studien visar att lagringstiden bör kunna utsträckas till hundra år eller mer, under förutsättning att lagringen sker under kontrollerade former, dvs med drift och övervakning som i dag och med lämpligt underhåll. Säkerheten i CLAB kräver t ex att kylningen av bränslet fungerar. Om man av någon anledning, t ex krig, skulle behöva överge CLAB utan att kylningen hålls i gång kan konsekvenserna bli allvarliga /3-3/.

Teknisk flexibilitet ger handlingsfrihet både vid lokalisering och utformning

Mellanlagringen i CLAB tillåter en flexibel tidsplan för att lokalisera och bygga djupförvaret

**IAEA**

International Atomic Energy Agency

**Safeguards**

System som syftar till att i tid upptäcka om ett land försöker avleda material för att kunna tillverka kärnvapen

### 3.2.4 Safeguards och fysiskt skydd

Sverige har genom internationella överenskommelser, t ex icke-spridningsavtalet, Euratomfördraget och flera bilaterala avtal, förbundit sig att använda kärnämnen enbart för fredligt bruk. Sverige ska också redovisa all hantering av kärnämnen, inklusive använt kärnbränsle, och tillåta internationell kontroll. Hanteringen av använt bränsle omfattas av IAEA:s regler om safeguards. Övervakning sker även genom Euratoms och SKI:s försorg.

För hantering av använt bränsle vid kärnkraftverken och CLAB finns etablerade rutiner. Alla åtgärder dokumenteras och IAEA gör ofta kontroller, ibland oanmält. Kontrollerna underlättas av att bränslet ständigt är åtkomligt för verifiering och mätning. Efter inkapsling försämras dessa möjligheter och det ställer nya krav på safeguardskontrollen. För inkapslingsanläggningen kan huvudsakligen befintlig safeguardsteknik användas.

Vid djupförvaring uppstår en del nya frågor. IAEA har skrivit ett utkast till policy för safeguards för djupförvar. Där sägs bland annat att safeguardskontroll ska upprätthållas även då förvaret har återfyllts och förslutits. Kontrollen ska vidmakthållas så länge safeguardskontroll sker på andra områden i kärnbränslecykeln. Kontrollen under drift ska baseras på att man kan verifiera förvarets utformning och flödet av material till och från förvaret. Efter förslutning av förvaret ska man kunna kontrollera genom övervakning från ytan eller luften med fotografering och genom besök på platsen.

I /3-1/ redovisas ett principförslag till hur safeguards för inkapsling, transport och djupförvaring kan utformas i praktiken.

All hantering av bränslet är omgärdad av fysiskt skydd. Det fysiska skyddet omfattar den bevakning och andra åtgärder som vidtas för att skydda bränslet från stöld eller yttre åverkan.

## 4 Säkerhet

*Den långsiktiga säkerheten står i centrum när djupförvaret utformas. Flera olika barriärer ska samverka och komplettera varandra för bästa möjliga skydd.*

*Barriärerna ska i första hand isolera avfallet från omgivningen. Om det av någon anledning skulle komma ut radioaktiva ämnen från kapseln ska bufferten och berget fördröja transporten upp till ytan. Då hinner radioaktiviteten klinga av och säkerheten äventyras inte.*

*SKB strävar efter att bygga förvaret av material som finns naturligt i jordskorpan. Genom att studera naturen kan vi få en uppfattning om hur urandioxid, kopparsulfid, lera och berg beter sig under långa tider. Det ger oss en uppfattning om hur utvecklingen i djupförvaret kommer att bli.*

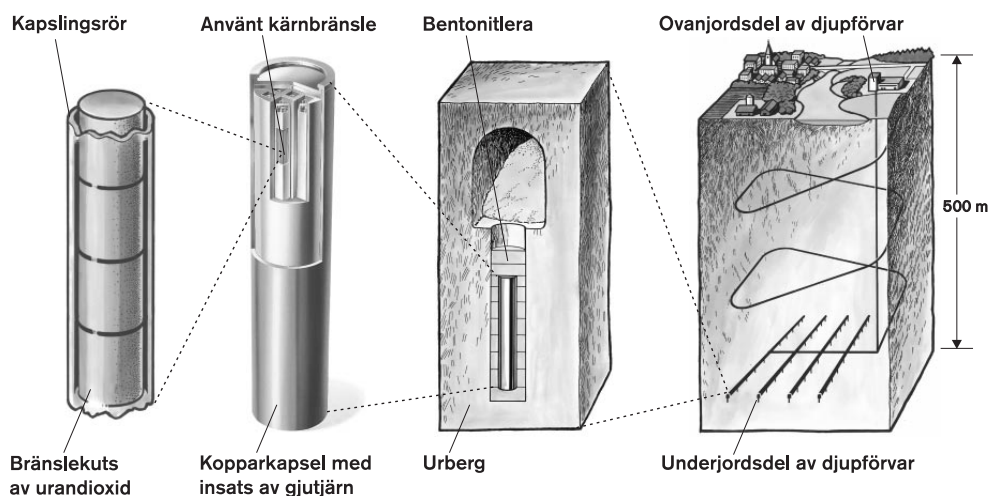
### 4.1 Säkerhetsprinciper för ett djupförvar

Ett djupförvar ska i första hand *isolera* avfallet. I andra hand, om isoleringen av någon anledning till någon del skulle gå förlorad, ska förvaret *fördröja* utsläppet av radionuklider. Säkerheten åstadkoms med ett system av barriärer, se figur 4-1:

- Bränslet placeras i korrosionsbeständiga kopparkapslar. De fem meter långa kapslarna är försedda med en insats av järn som ger mekanisk hållfasthet.
- Kapslarna omges av ett lager av bentonitlera som skyddar kapseln mekaniskt vid mindre bergrörelser och hindrar korroderande ämnen att komma in till kapseln. Leran absorberar även effektivt radioaktiva ämnen som eventuellt frigörs om kapslarna skulle skadas.
- Kapslarna med omgivande bentonitlera placeras på cirka 500 meters djup i urberget. Här råder långsiktigt stabila mekaniska och kemiska förhållanden.

Djupförvaret består av flera barriärer:

- Svårlöst bränsle
- Kopparkapsel
- Bentonitbuffert
- Berg



Figur 4-1. Barriärerna i djupförvaret.

- Om någon kapsel skulle skadas utgör bränslets och de radioaktiva ämnenas kemiska egenskaper, t ex deras svåröslighet i vatten, kraftiga begränsningar för transport av radioaktiva ämnen från förvaret till ytan. Detta gäller speciellt de långsiktigt farligaste ämnena som americium och plutonium.

Förvaret är alltså uppbyggt av flera barriärer som stöder och kompletterar varandra. Säkerheten hos förvaret ska vara tillräcklig även om någon barriär skulle vara defekt. Detta är innebörden i flerbarriärprincipen.

En annan princip är att göra förvaret "naturnära", dvs använda naturliga material som koppar till kapselns hölje och bentonitlera till bufferten. Genom att välja material från naturen blir det möjligt att bedöma och utvärdera materialens långsiktiga stabilitet och uppförande i ett djupförvar med hjälp av kunskaper om naturliga förekomster. Av samma skäl strävar man efter att förvaret ska störa de naturliga förhållandena i berget så lite som möjligt. Framför allt försöker man minimera den kemiska påverkan förvaret ger i berget.

## 4.2 Förvarets primära funktion – isolering

I första hand ska djupförvaret isolera avfallet från människa och miljö. Detta åstadkoms direkt av kopparkapseln. Bufferten bidrar indirekt till isoleringsfunktionen genom att den håller kapseln på plats och hindrar korroderande ämnen att komma in till kapseln.

Även berget bidrar till isoleringen genom att det erbjuder en stabil kemisk och mekanisk miljö för kapslarna och bufferten. Den kemiska miljön bestäms framför allt av grundvattnets sammansättning. Den är gynnsam eftersom vattnet innehåller låga halter av ämnen som skulle kunna vara skadliga för främst kopparkapseln och bentonitleran. Det är också viktigt att vattnet flödar långsamt förbi förvaret så att tillförseln av oönskade ämnen därigenom begränsas. Mekaniskt erbjuder det svenska urberget en långsiktigt stabil miljö för ett djupförvar.

Förvaret är konstruerat så att kapseln ska kunna behålla sin isolerande förmåga under mycket lång tid. För att få ett rimligt mått på hur länge isoleringen bör hålla har följande fråga ställts: Hur lång tid tar det innan farligheten hos det använda bränslet minskat till en nivå som är jämförbar med farligheten hos den naturliga uranmalm som en gång bröts för att framställa bränslet? Svaret är att det tar omkring 100 000 år och detta är därför ett viktigt tidsperspektiv då man ställer krav på förvarets isolerande förmåga.

Även om kopparkapseln svarar för den direkta isoleringen är de övriga delarna av förvaret nödvändiga för att isoleringen ska fungera. Isoleringsfunktionen är således inte enbart knuten till kapslarna utan alla delarna samverkar i ett system.

## 4.3 Förvarets sekundära funktion – fördröjning

Om isoleringen av någon anledning skulle skadas, eller om någon kapsel initialt skulle ha en defekt som inte upptäcks vid tillverkningskontrollen, har förvaret i andra hand en *fördröjande* funktion. Med det menas att tiden det tar för radionuklider att transporteras från förvaret till biosfären görs så lång att farligheten hinner avta väsentligt innan radionukliderna når människan eller hennes omgivning.

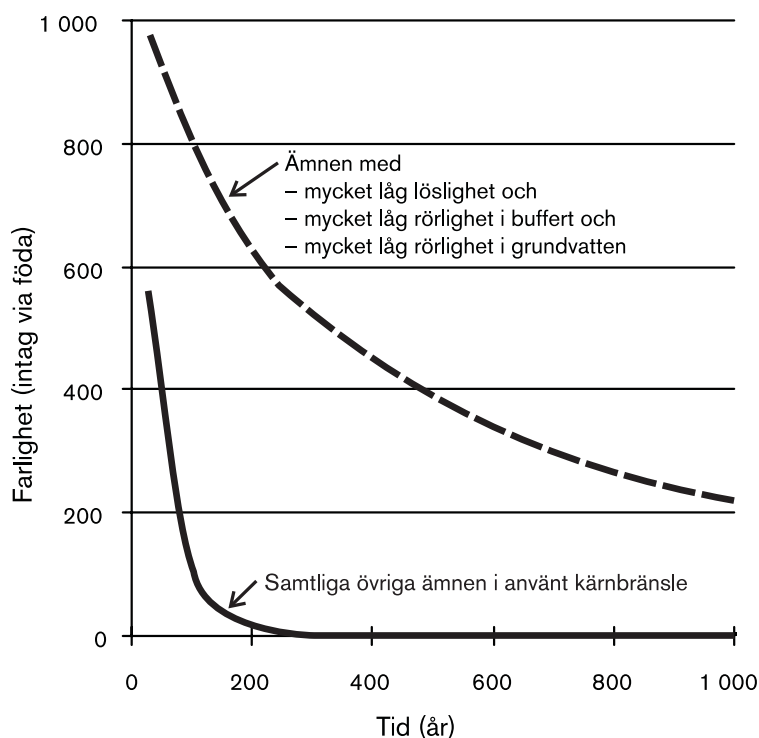
**Kapseln** isolerar bränslet från omgivningen

**Bufferten** skyddar kapseln och hindrar korroderande ämnen att nå kapseln

**Berget** ger en stabil kemisk och mekanisk miljö

Samtliga barriärer bidrar till förvarets fördröjande funktion. Även en delvis skadad kopparkapsel kan effektivt bidra till fördröjningen genom att försvåra inflöde av vatten till kapselns inre och uttransport av frigjorda radionuklider. Bränslet, där huvuddelen av radionukliderna ligger inbäddade, består av ett beständigt material och ger därigenom ett viktigt bidrag till fördröjningen. Om radionuklider skulle frigöras genom att bränslet vittrar sönder kommer en viktig egenskap hos många av de långsiktigt farligaste radionukliderna in i bilden; de är svårlösliga i vatten, det medium i vilket radionuklider kan tänkas transporteras genom såväl buffertens porer som bergets spricksystem. Lerbufferten har en förmåga att hålla kvar många av de långsiktigt farligaste radionukliderna genom att dessa fastnar på lerpartiklarnas ytor. Berget bidrar på flera sätt till fördröjningen, tiden som det tar för grundvatten (och därmed för radionuklider lösta i grundvattnet) att röra sig i bergssprickor från förvaret på 500 meters djup till ytan kan vara tusentals år. Än viktigare är att radionuklider fastnar på sprickornas ytor och/eller tränger in i mikrosprickor med stillastående vatten, vilket ger dem en betydligt längre transporttid än själva grundvattnet.

Figur 4-2 illustrerar hur fördröjningen i förvaret verkar. Radionukliderna har indelats i två grupper. De nuklider som fördröjs allra mest effektivt har samlats i den ena gruppen, samtliga övriga radionuklider finns i den andra. Som framgår av figuren dominerar farligheten redan från början av de nuklider som fördröjs allra kraftigast av förvaret. Bland dessa är olika plutonium- och americium-nuklider de viktigaste. De mer lätttrörliga radionukliderna svarar ursprungligen för ungefär en tredjedel av den totala farligheten. Dessa försvinner dessutom betydligt snabbare än de som fördröjs allra mest. Mer om hur fördröjningen verkar finns att läsa i /4-1/.



**Figur 4-2.** Nuklider som fördröjs mycket kraftigt i ett djupförvar dominerar farligheten hos använt kärnbränsle redan då det deponeras efter cirka 30 år. Farlighetsmättet avser en tänkt situation då nukliderna kommit in i kroppen via mat eller dricksvatten.

Även en skadad kapsel kan försvåra inflödet av vatten

Bufferten och berget håller kvar många av de radionuklider som lämnar kapseln



Säkerhetsanalyser beskriver dels den normala utvecklingen i förvaret, dels vad som händer om den normala utvecklingen störs

## 4.4 Säkerhetsanalyser

Den långsiktiga säkerheten hos ett djupförvar utvärderas i säkerhetsanalyser. Enkelt uttryckt är uppgiften i en säkerhetsanalys att först noga beskriva hur förvaret ser ut då det just konstruerats. Sedan analyseras hur förvaret på olika sätt kan tänkas förändras över tiden och vilka säkerhetsmässiga konsekvenser förändringarna för med sig. Förändringarna orsakas dels av inre processer i förvaret, t ex att förvaret värms upp av energin som frigörs då radionukliderna sönderfaller, dels av yttre påverkan vid t ex en istid.

I analyserna beskrivs både förvarets förväntade utveckling vid normala förhållanden, liksom vad som händer om förutsättningarna för den normala utvecklingen på olika sätt störs. Vad sker om några av kopparkapslarna är defekta från tillverkningen? Hur påverkas förvaret vid en istid eller andra klimatförändringar? Vad kan hända vid ett jordskalv eller om människor i framtiden tränger in i förvaret? Dessa och andra tänkta situationer analyseras och resultaten av olika delanalyser ställs samman till en totalbild av förvarets säkerhet. SKB:s arbete med säkerhetsanalyser beskrivs närmare i kapitel 8.

## **Del II – Genomförande**

- 5 Programöversikt
- 6 Lokalisering
- 7 Teknik
- 8 Säkerhetsanalyser
- 9 Forskning
- 10 Rivning

## 5 Programöversikt

*Hittills har vi beskrivit de aktuella förutsättningarna för kärnavfallsprogrammet: regelverket, historien bakåt med viktiga regeringsbeslut och vägval, de befintliga anläggningarna, handlingsalternativen för framtiden, metoden med djupförvaring och skälen till att den är SKB:s huvudalternativ.*

*Med dessa förutsättningar att utgå ifrån har SKB dragit upp riktlinjerna för framtiden och formulerat programmet. Liksom tidigare är djupförvaring av avfallet huvudinriktningen, samtidigt som vi bevarar handlingsfriheten genom att följa och utreda andra alternativ. Detta är i linje med regeringens beslut om FUD-program 95.*

*Programöversikten ger en överblick över hela programmet, de långsiktiga målen såväl som den konkreta planeringen för de närmaste åren.*

### 5.1 Vad vill SKB?

#### 5.1.1 Metod

För att på bästa sätt kunna gå vidare och ta hand om det använda kärnbränslet på ett långsiktigt säkert sätt bedömer SKB att arbetet med metoden med djupförvaring målmedvetet ska drivas vidare så att den kan genomföras praktiskt i ett första steg. Studier av andra metoder ska fortgå, bland annat genom att SKB deltar i internationellt utbyte så att vi på ett effektivt sätt kan tillgodogöra oss och bedöma det utvecklingsarbete som sker i andra länder.

Det första steget innebär att cirka 10 procent av det använda bränslet deponeras, vilket motsvarar ungefär 400 kapslar. Innan beslut fattas om fortsatt deponering ska en grundlig utvärdering göras av erfarenheterna från det första steget och nyttillkommen kunskap i övrigt. Det ska finnas möjligheter att återta det deponerade kärnbränslet, om den framtida utvecklingen visar på bättre sätt att ta hand om eller återanvända det.

#### 5.1.2 Tidsplan

För att i praktiken nå målet att demonstrera djupförvaring i ett första steg behöver SKB kunna:

- Lokalisera och bygga nödvändiga anläggningar.
- Inkapsla, transportera och deponera avfallet.
- Analysera och beskriva säkerhetsfrågor och miljökonsekvenser.

Detta kan till stora delar göras på basis av etablerad kunskap och beprövad teknik. På vissa områden krävs dock ny kunskap och teknik.

Arbetet ska bedrivas med hög intensitet. Detta är bästa sättet att ta tillvara den kompetens och de resurser som nu finns tillgängliga och att konkret uppfylla det producentansvar som kärnkraftindustrin har enligt kärntekniklagen. Arbetet ska dock inte påskyndas mer än att tillräcklig tid ges för den demokratiska beslutsprocessen i de regioner och kommuner som blir berörda, samt att tid ges för ett grundligt MKB-arbete. Vi bedömer att inkapsling och deponering i ett första steg kan inledas om cirka 15 år.

Demonstrationsdeponering av 400 kapslar följt av grundlig utvärdering

Deponering inleds om ca 15 år

#### Våra planer

- Demonstration av djupförvaring
- Forskning om funktion, säkerhet och andra metoder

### 5.1.3 Lokalisering

Lokaliseringen av djupförvaret ska baseras på ett brett underlag. Ett viktigt mål i lokaliseringsarbetet är att få till stånd fler förstudier. Ett regionalt perspektiv ska mer än tidigare vara utgångspunkten för arbetet, eftersom en djupförvarsetablering påverkar och behöver bygga på kompetens och resurser i en hel region. Inför en diskussion om en förstudie ska det finnas ett regionalt faktaunderlag och en tydlig motivering varför kommunen i fråga är intressant. Vidare ska, liksom tidigare, förstudier göras i samverkan med berörd kommun.

Regionala studier av geologi, markanvändning och infrastruktur genomförs i samtliga län av potentiellt intresse och med början i länen utefter ostkusten. Studierna följs upp med redovisningar och diskussioner i de aktuella länen. Kommuner ges därigenom möjlighet att samarbeta kring djupförvarsfrågan. Vi tror att denna modifierade strategi kan ge en ny utgångspunkt för förstudier. Samtidigt breddas jämförelseunderlaget inför val av områden för platsundersökningar. Pågående förstudier kommer att drivas vidare med hög prioritet.

### 5.1.4 Demokratisk förankring och samhällets stöd

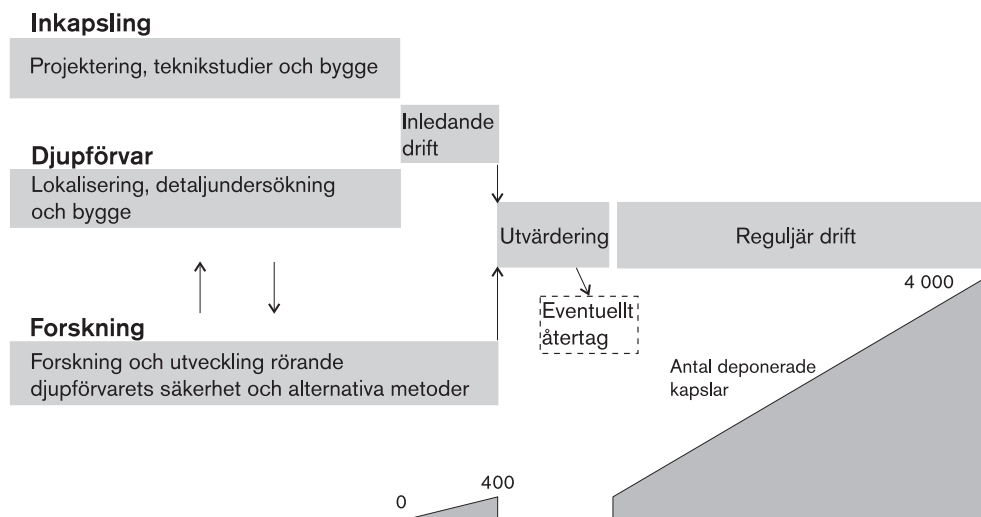
För att genomföra djupförvarsprojektet krävs samhällets stöd och en demokratisk förankring av alla viktiga beslut. En nödvändig grund för att få det stöd som krävs är att SKB:s arbete håller hög kvalitet och redovisas på ett öppet och sakligt sätt. Dessutom krävs att verksamheten, inklusive behovet av fler förstudier, får ett uttalat och tydligt stöd av statsmakterna eftersom det ytterst är ett nationellt ansvar att ta hand om kärnavfallet. Det finns nu betydligt bättre former för lokaliseringsarbetet och stödet till kommunerna än för några år sedan. På en del punkter finns dock fortfarande oklarheter. Statsmakterna behöver t ex klargöra hur stödet till kommunerna ska utformas efter förstudieskedet. SKB kommer även i fortsättningen att verka för ett brett och aktivt engagemang i samhället kring kärnavfallsfrågan.

### 5.1.5 Forskning, utveckling och demonstration

Med utgångspunkt från den handlingslinje som beskrivits kommer SKB:s arbete med forskning, utveckling och demonstration att omfatta följande delar:

- Ett stegvis upplagt program för att demonstrera djup geologisk förvaring av inkapslat använt bränsle.
- Ett program för forskning och utveckling kring centrala frågor om funktion och säkerhet för huvudmetoden men även för andra metoder av intresse.

SKB:s plan är alltså att konkret demonstrera djupförvaring av inkapslat använt kärnbränsle. Parallellt med detta kommer vi att bedriva forskning och utveckling som också omfattar andra metoder. När demonstrationen är genomförd kommer den att utvärderas. Först därefter blir det aktuellt att besluta hur arbetet ska gå vidare, se figur 5-1.



Figur 5-1. Viktiga steg i djupförvarssystemet.

## 5.2 Mål för de närmaste årens arbete

Med utgångspunkt från den övergripande handlingplanen har SKB utarbetat mål och program för den kommande sexårsperioden. För de närmaste tre åren har planeringen gjorts mera detaljerad.

Ett viktigt mål för de närmaste åren är att kunna påbörja platsundersökningar på ett par platser i landet. För att uppnå detta planerar vi att under perioden fram till år 2001 genomföra följande:

- Redovisa regionala översiktsstudier för Sveriges samtliga län utom Gotland.
- Redovisa förstudierna i Nyköping, Östhammar, Oskarshamn och Tierp.
- Genomföra och redovisa ytterligare minst en förstudie.
- Göra en samlad redovisning av allt lokaliseringsunderlag för djupförvaret.
- Redovisa program för geovetenskapliga platsundersökningar och platsutvärdering med kriterier.
- Välja minst två platser för platsundersökningar och redovisa platsanpassade undersökningsprogram.
- Redovisa en ny heltäckande analys av den långsiktiga säkerheten och få den granskad av internationella experter.
- Fortsätta arbetet med stödjande forskning och utveckling om huvudmetoden och alternativa metoder för att ta hand om och förvara använt kärnbränsle.
- Fortsätta arbetet med teknikutveckling och projektering för inkapsling och djupförvaring.
- Ta fram underlag för ansökan om tillstånd att bygga en inkapslingsanläggning.

Övergången till platsundersökningar är ett viktigt steg i hela kärnavfallsprogrammet. Det är inte förenat med någon ingående formell tillståndsgranskning, men i praktiken behöver både SKB och berörda kommuner få veta myndigheternas inställning till att SKB inleder undersökningar på de valda platserna. Detta kan t ex ske genom att SKI, efter samråd med bland andra SSI, yttrar sig över SKB:s samlade underlag för såväl metod som lokalisering, och anger hur man ser på valet av platser och undersökningsprogram. Ett sådant yttrande torde behövas för att berörda kommuner ska kunna ta ställning till en platsundersökning.

### Vårt mål

År 2001 ska minst två platser ha valts ut för platsundersökningar



#### Nya anläggningar

- Kapselabrik
- Inkapslingsanläggning
- Djupförvar

Under andra delen av den kommande sexårsperioden planerar vi bland annat att genomföra följande:

- Inleda platsundersökningar på minst två platser.
- Uppdatera säkerhetsanalysen och systemanalysen, bland annat genom att nyttja data från undersökningsplatserna.
- Ansöka om tillstånd att bygga inkapslingsanläggningen.

### 5.3 Hur når SKB målen?

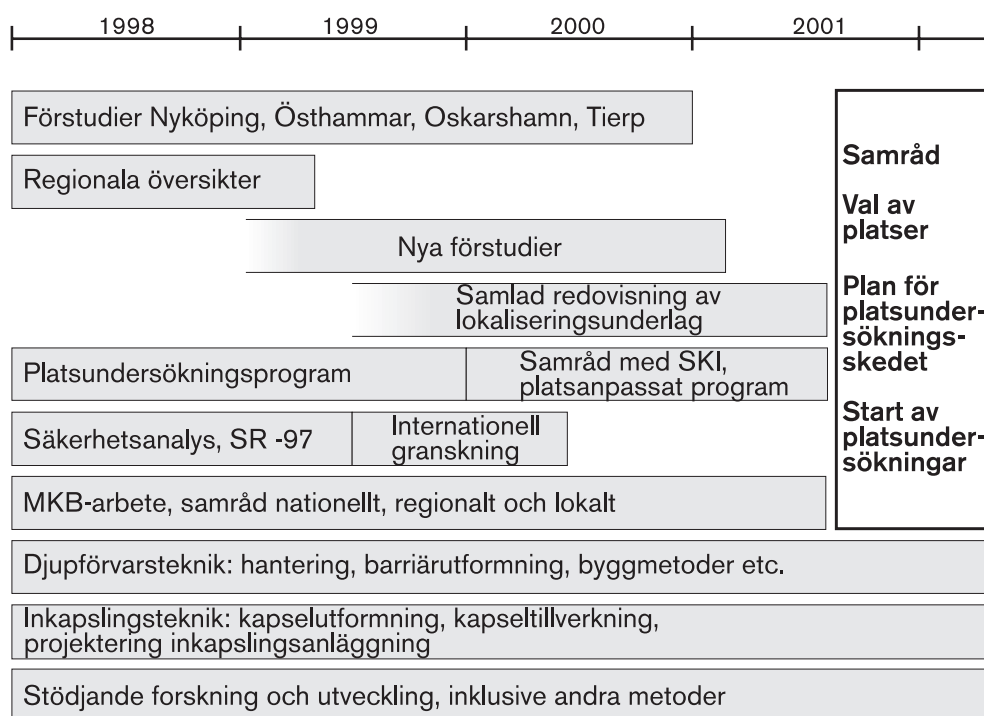
Här följer en översikt av kunskapsläge, nyckelfrågor och hur SKB tänker gå tillväga för att nå de mål vi formulerat. I kapitel 6-10 redovisas planeringen mer i detalj. Figur 5-2 visar en översiktlig tids- och aktivitetsplan för den kommande treårsperioden.

#### 5.3.1 Lokalisering och etablering

Innan ett komplett system för att slutförvara allt kärnavfall i Sverige kan tas i drift behöver SKB lokalisera och bygga två nya kärntekniska anläggningar: en inkapslingsanläggning och ett djupförvar. Dessutom behövs en fabrik som tillverkar tomma kapslar. Preliminära uppskattningar av kostnader och personalbehov för dessa anläggningar ges i figur 5-3.

Beroende på djupförvarets lokalisering kan det dessutom behövas investeringar i infrastruktur (järnväg, landsväg, hamn med terminalområde för omlastning till väg- eller järnvägstransport). I det följande ger vi en översikt av arbetet med att lokalisera och etablera djupförvaret och inkapslingsanläggningen.

Lokaliseringen av djupförvaret är en nyckelfråga i kärnavfallsprogrammet. Ett fortsatt uthålligt och öppet lokaliseringsarbete är nödvändigt för att komma

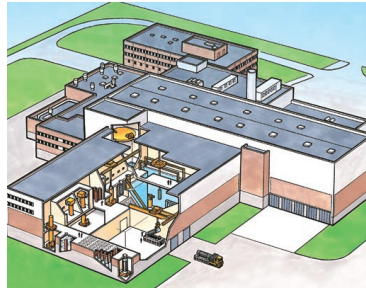


Figur 5-2. Översiktlig tids- och aktivitetsplan för den kommande treårsperioden.

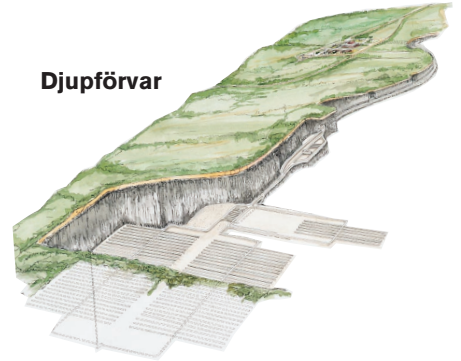
### Kapsel­fabrik



### Inkapslingsanläggning



### Djupförvar

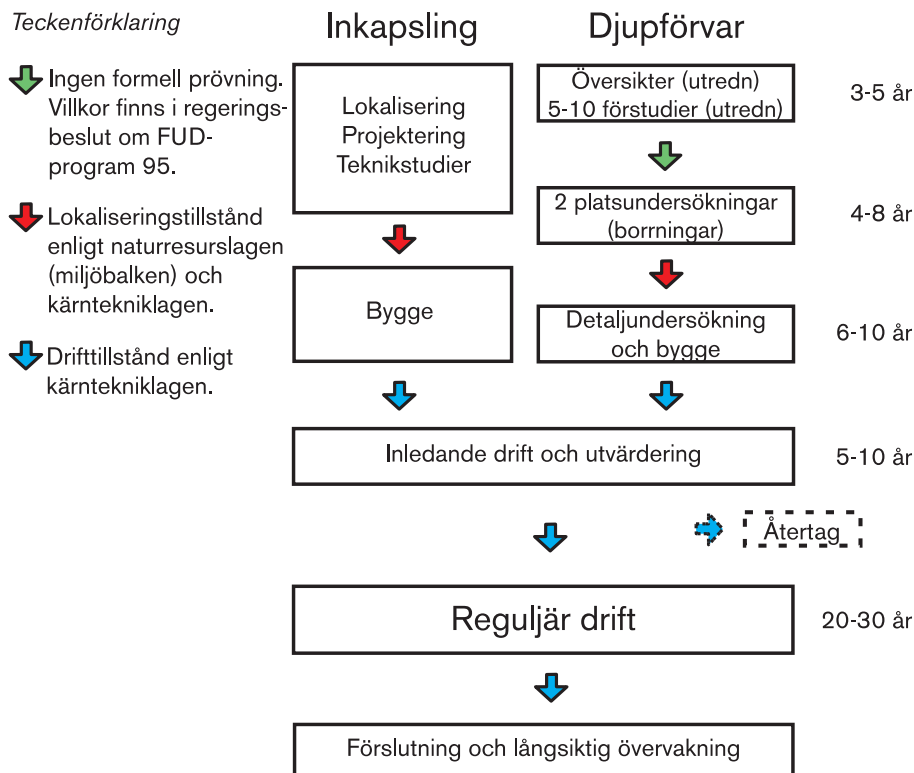


<b>Investering och drift</b>	ca 4 miljarder kr	ca 3 miljarder kr	ca 13 miljarder kr
<b>Antal anställda</b>	ca 30 personer	ca 40 personer	ca 220 personer

Figur 5-3. Återstående anläggningar för att hantera och slutförvara kärnavfall.

fram till en bra lösning. I anslutning till FUD-program 98 publicerar SKB bland annat redovisningar av de första tio regionala översiktsstudierna och inleder ett målmedvetet arbete för att få till stånd fler förstudier. För inkapslingsanläggningen planerar SKB en lokalisering i anslutning till CLAB eftersom detta ger flera uppenbara fördelar, se kapitel 7. Under det pågående MKB-arbetet kommer också alternativa lokaliseringar att analyseras, t ex i anslutning till djupförvaret.

Vägen fram till en genomförd långsiktig förvaring av kärnbränsleavfallet är lång och omfattar många steg. Figur 5-4 visar de olika stegen för lokalisering, bygge, drift och förslutning av det planerade systemet. SKB måste ansöka om tillstånd för respektive anläggning och för vart och ett av dessa steg. Besluten fattas av regeringen och i praktiken måste säkerhets-, strålskydds- och miljömyndigheter, liksom berörd kommun, tillstyrka ansökan för att SKB ska kunna gå vidare från ett steg till nästa.



Figur 5-4. Viktiga steg och tillståndsprövningar.

Det är värdefullt om inkapslings- och djupförvarsprojekten kan drivas fristående. Anläggningarna ska dock fungera tillsammans, och det ena projektet bör inte drivas för långt innan det står klart att också det andra kan förverkligas. Tillståndsprövningarna för de båda anläggningarna är därför kopplade till varandra. Hur dessa kopplingar ska regleras har diskuterats. SKB anser att följande villkor är lämpliga:

- Innan lokaliseringsansökan lämnas in för inkapslingsanläggningen ska platsundersökningar för djupförvaret ha inletts.
- Innan tillstånd lämnas för lokalisering och bygge av inkapslingsanläggningen ska lokaliseringsansökan för djupförvaret ha lämnats in.

I praktiken kommer myndigheterna att reglera även dessa frågor när tillstånden ges genom att sätta upp villkor för det fortsatta arbetet.

## Djupförvaret

Innan regeringen prövar och beslutar om djupförvarets lokalisering genomför SKB översiktsstudier, förstudier och platsundersökningar. Beslut om dessa aktiviteter har olika innebörd och dignitet. Detta illustreras i figur 5-5.

**Översiktsstudier** innebär regionala (länsvisa) eller landsomfattande sammanställningar och analyser av befintliga data som kan vara av intresse för att bedöma lokaliseringsförutsättningar i olika delar av Sverige. Översiktsstudier beslutas och genomförs av SKB som en del av det ordinarie programmet.

**Förstudier** är sammanställningar och analyser i kommunskala. Liksom i översiktsstudierna sammanställs befintlig information men förstudierna görs i mer detaljerad skala. Förstudierna ger förutom uppgifter om berggrunden också data om markanvändning, miljöpåverkan, transportförutsättningar och samhällsliga förhållanden. Områden som kan vara av intresse för vidare studier identifieras. Sammanlagt avser SKB att genomföra mellan fem och tio förstudier.

Vid en förstudie startar i realiteten ett samråd (en MKB-process) där, förutom den aktuella kommunen och allmänheten, länsstyrelse, grannkommuner, säkerhetsmyndigheter och andra myndigheter deltar. Även en förstudie kan i princip beslutas och genomföras av SKB utan medgivande från andra parter. Vi har dock valt att inte genomföra förstudier i kommuner som motsätter sig detta. En grundförutsättning för att en förstudie ska bli av är också att SKB, efter en översiktlig genomgång av bland annat vad som är känt om berggrunden, kommer fram till att det kan finnas områden av intresse i kommunen.

**Platsundersökningar** innebär omfattande undersökningar av berggrunden med bland annat borrhål ner till en kilometers djup. I detta skede görs även detaljerade studier av hur anläggningarna och transporterna kan utformas och genomföras samt vilka miljökonsekvenserna blir. SKB planerar att undersöka minst två platser i landet.

Översiktsstudier  
Förstudier  
Platsundersökningar



Beslut om var  
djupförvaret ska  
lokaliseras



Detaljundersökningar  
och bygge  
Inledande drift  
Reguljär drift  
Förslutning

Minst två platsundersökningar där omfattande undersökningar görs av berggrunden

	Översiktsstudie	Förstudie	Platsundersökning	Detaljundersökning
<b>Legalt</b>	Ingen	Ingen	Litet	Stort
<b>Fysiskt</b>	Ingen	Lokalkontor	Borrhål, skogsväg...	Tunnel/schakt
<b>Ekonomisk storleksordning</b>	1 MSEK	10 MSEK	100 MSEK	1 000 MSEK
<b>Politiskt/opinionsmässigt</b>	Ingen	Stort	Stort	Stort

Figur 5-5. Olika beslut och deras innebörd vid lokalisering av djupförvaret.

Beslut om platsundersökningar är i formell mening huvudsakligen en fråga för SKB och markägaren. I konsekvens med den linje med öppenhet och krav på lokal acceptans som SKB valt för lokaliseringsprocessen kommer vi emellertid bara att göra en platsundersökning om kommunen godtar detta. En platsundersökning innebär en mer omfattande etablering på orten och ger en viss fysisk påverkan i form av borrhål och fältverksamhet under flera år. I praktiken blir därför starten av platsundersökningar ett viktigt steg i lokaliseringsprocessen. Regeringen har i sitt beslut om FUD-program 95 satt upp villkor för SKB:s redovisning inför detta steg.

Det är först efter platsundersökningar och inför en **detaljundersökning** på en plats som det formella beslutet om lokalisering av djupförvaret fattas. Allt arbete före detta beslut (översiktsstudier, förstudier, platsundersökningar) har till syfte att få fram ett bra beslutsunderlag i form av en ingående miljökonsekvensbeskrivning (MKB-dokument). Förutom miljökonsekvenserna av ett djupförvar på den utvalda platsen ska MKB-dokumentet redovisa alternativ för lokaliseringen och alternativa metoder för att ta hand om det använda kärnbränslet. Oavsett på vilket sätt myndigheter och kommuner har medverkat i MKB-processen måste de göra en grundlig prövning av frågan när ansökan med hela beslutsunderlaget lämnas in av SKB.

När detaljundersökningen är utförd, redovisad och utvärderad, och då också det mesta av bygget för den inledande driften av djupförvaret är utfört, krävs två mycket viktiga tillstånd:

- Tillstånd att börja innesluta använt kärnbränsle i kapslar.
- Tillstånd att börja deponera kapslar i djupförvaret.

Eftersom dessa verksamheter är nära kopplade till varandra kommer de två besluten antagligen att tas samtidigt eller med kort mellanrum. Det är först därefter som SKB har tillåtelse att göra något som konkret innebär att det använda kärnbränslet så småningom förs till ett djupförvar.

När drifttillstånd erhållits kan den inledande driften starta. Denna driftperiod kommer att följas av en utvärdering. Efter utvärderingen kommer ett nytt stort beslut för att avgöra hur programmet ska drivas vidare. Arbetet fram till denna tidpunkt innebär således att vi konkret genomför ett första steg (demonstration) av djupförvaringen, parallellt med ett fortsatt program för forskning och utveckling, bland annat kring andra alternativ.

## Inkapslingsanläggningen

Som tidigare nämnts är huvudalternativet för lokalisering av inkapslingsanläggningen intill det befintliga mellanlagret CLAB, i Oskarshamns kommun. Ett alternativ är lokalisering vid djupförvaret. Även andra platser kan komma ifråga. Projekteringen baseras på en förläggning vid CLAB, men utformningen görs så att anläggningen kan anpassas till andra platser. För- och nackdelar med olika lokaliseringar kommer att framgå av den miljökonsekvensbeskrivning (MKB-dokument) som SKB ska presentera vid lokaliseringsansökan.

## Kapsel fabriken

Tomma kapslar ska tillverkas i en särskild fabrik. Lokaliseringen av kapsel fabriken har inte påbörjats. En möjlighet är att den förläggs vid en befintlig metallindustri på helt kommersiella villkor. Alternativt kan den lokaliseras till den kommun/region där inkapslingsanläggningen eller djupförvaret förläggs. För att det sistnämnda alternativet ska vara intressant att utreda krävs att det finns industriell kapacitet och intresse för kapsel fabriken.

### Detaljundersökning

Mycket detaljerad undersökning av berggrunden på den plats som blir slutkandidaten

SKB planerar att bygga inkapslingsanläggningen vid CLAB

Tillverkning och förslutning av kapseln är nyckelfrågor

## Tidsplan för uppförande och drift av anläggningar

En helhetsbild med en tidsplan över hur vi planerar att uppföra och driva inkapslingsanläggningen och djupförvaret ges i figur 5-6. Den inledande driften av djupförvaret beräknas kunna starta ett par år in på 2010-talet, vilket är några år senare än vad som antogs i FUD-program 95. Förskjutningen i tidsplanen beror på att förstudier och andra lokaliseringsarbeten tar längre tid än vad som tidigare antogs. Tidsplanen fram till dess att lokaliseringstillstånd för djupförvaret har erhållits är osäker. Lokaliseringen kan därför ta längre tid än vad som anges här.

### 5.3.2 Teknik för inkapsling och deponering

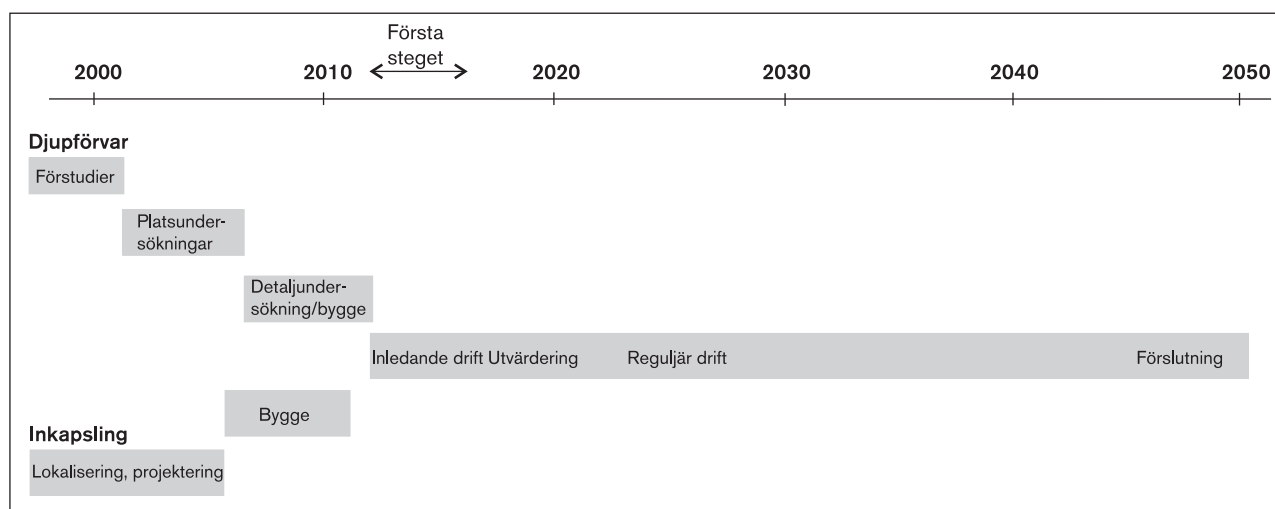
Praktisk erfarenhet av hantering, behandling och transport av använt kärnbränsle och annat kärnavfall finns sedan flera decennier i Sverige och andra länder. Dessa verksamheter fungerar väl och kräver inga stora utvecklingsinsatser under de närmaste åren. Erfarenhet av inkapsling och deponering av använt bränsle finns däremot inte i dag. Hur kapslarna ska utformas, tillverkas, förslutas, kontrolleras och deponeras är därför nyckelfrågor i det tekniska utvecklingsprogrammet.

#### Inkapsling

SKB har sedan slutet av 1970-talet bedrivit forskning för att studera kopparkapselns beständighet. Forskningsresultaten visar generellt att den planerade kapseln kan uppfylla kraven. Det pågår även ett tekniskt utvecklingsarbete för kapseltillverkning i industriell skala. Under de senaste åren har samtliga komponenter i kapseln provtillverkats i full skala med olika metoder.

Olika tekniker för tillverkning av kapslar kommer att vidareutvecklas under de kommande åren. När tillverkningsmetoden ska väljas ska SKB ha provat ut och specificerat alla tillverkningsmoment och systemet för kvalitetssäkring ska vara certifierat enligt internationell standard. Tekniskt underlag för en kapselfabrik ska finnas framme.

För att tillgodose behovet av kapslar för fullskaleprov vid Äspölaboratoriet kommer ett par kompletta kapslar att tillverkas under 1998. Under 1999 kommer ytterligare minst sex kapslar att tillverkas för samma ändamål. Kopparrör och kopparlock till kapslar kommer att tillverkas för att täcka Kapsellaboratoriets behov.



Figur 5-6. Tidsplan för lokalisering, bygge och drift.



Under de närmaste åren kommer SKB att inventera och bedöma de leverantörer som finns på marknaden. Syftet är att finna de bästa leverantörerna och att knyta långsiktiga kontakter med dessa. SKB planerar att införa ett kvalitetssystem som täcker hela kedjan från leverantörer av material till leveranser av färdiga kapslar.

I FUD-program 95 beskrev vi våra planer på att uppföra ett laboratorium för inkapslingsteknik. SKB har nu byggt ett sådant laboratorium i Oskarshamn och driften startar under hösten 1998. Kapsellaboratoriet ska utgöra centrum för utveckling av inkapslingsteknik och utbildning av personal för inkapslingsanläggningen. Huvudsyftet är att prova utrustning för förslutning och kontroll av kapslar. Detta behövs för att få ett bra underlag för den fortsatta projekteringen av inkapslingsanläggningen. I Kapsellaboratoriet planerar SKB att visa att kapslar kan förslutas med erforderlig kvalitet i den produktionstakt som kommer att krävas i inkapslingsanläggningen. Resultaten från Kapsellaboratoriet kommer att utgöra en viktig del i tillståndsansökan för inkapslingsanläggningen.

Planerna för utveckling av inkapslingstekniken innebär sammanfattningsvis att SKB under de närmaste tre åren planerar att genomföra följande:

- Fortsätta provtillverkningen av kapslar i full skala och välja tillverkningsmetod. Samtliga delar kommer att tillverkas i sådan omfattning att olika tillverkningsmetoder kan provas ut och optimeras.
- Vidareutveckla tekniken för förslutning och provning av kapslar i Kapsellaboratoriet. Programmet för perioden fram till 2001 omfattar provförslutningar av närmare ett hundratal kopparlock. Utrustningar för oförstörande provning ska utprovas så att de uppfyller kraven för detektering av defekter.
- Prova och demonstrera andra delar av inkapslingsprocessen i Kapsellaboratoriet. Ett exempel är hanteringen i inkapslingsanläggningens hanteringscell.
- Ta fram underlag för ansökan om tillstånd att bygga inkapslingsanläggningen.

Under den efterföljande treårsperioden planerar vi att göra följande:

- Fortsätta projekteringsarbetet och söka tillstånd för inkapslingsanläggningen.
- Redovisa detaljutformning och metoder för tillverkning av kapseln.
- Prova och verifiera metoder för både oförstörande och förstörande provning. Detta kan pågå samtidigt med tillståndsprövningen för inkapslingsanläggningen.

## Bygge av anläggningar

Det finns omfattande kunskap att utgå från när inkapslingsanläggningen och djupförvaret ska byggas. Erfarenheterna från kärnkraftverken och CLAB kan nyttjas för att projektera och bygga inkapslingsanläggningen och ovanjordsanläggningarna vid djupförvaret. När det gäller djupförvarets underjordsdel finns det betydande kunskap från gruvinindustrin och berganläggningar för civila och militära ändamål. SKB har egna direkta erfarenheter från berganläggningarna vid CLAB, SFR och Äspölaboratoriet. Sammantaget ger detta en bred kunskapsbas som kan nyttjas för att projektera och bygga djupförvarets underjordsdel.

De speciella krav som ställs på djupförvaret innebär att det på vissa punkter krävs ny teknik eller anpassning av befintlig. Det gäller framförallt metoder för att bygga och täta tunnlar, teknik för att göra deponeringshål samt metoder för att bedöma ett bergparti byggnadstekniskt. Kring dessa frågor bedriver SKB teknikutveckling, där resultaten successivt tillförs den samlade projekteringen av djupförvaret.

För djupförvaret innebär den kommande perioden fortsatt arbete med projektering och teknikutveckling. Projekteringen anpassas till lokaliseringsarbetet. Med planerad start för platsundersökningar år 2002 innebär det att projekterings-

Kapsellaboratoriet tas i drift hösten 1998. Det blir ett centrum för utveckling och utbildning

Inom tre år ska vi veta vilken metod som ska användas för att tillverka kapslar

### Teknikutveckling för inkapsling

- Tillverkning
- Förslutning
- Kvalitetssäkring

### Teknikanpassning för djupförvar

- bygga och täta tunnlar
- göra deponeringshål
- kunna bedöma ett bergparti byggnadstekniskt

Platsanpassad utformning av djupförvaret när det finns resultat från platsundersökningar

#### Äspölaboratoriet

Centrum för att utveckla, testa och demonstrera djupförvaring

Inom sex år ska vi kunna demonstrera deponeringstekniken i sin helhet

Säkerhetsanalys 1999 med delvis ny metodik

arbetet under den närmaste treårsperioden baseras på generella data om berggrunden och befintliga anläggningsbeskrivningar, utan anknytning till någon särskild plats. Parallellt fortsätter utvecklingen av byggteknik.

I ett sexårsperspektiv beräknas platsundersökningarna komma igång och hinna så långt att projekteringen konkret kan baseras på data från de platser som undersöks. Målet är att en översiktlig, platsanpassad utformning av djupförvarets anläggningar ska kunna presenteras för aktuella platser. Innan dess ska principlösningar fastställas för transportsystem, tillfartsalternativ till anläggningarna under jord samt byggmeter för tunnlar.

### Deponering av avfall

Vid djupförvaret ska kapslarna tas emot och transporteras ner till sina respektive deponeringshål. Strålskärning kommer att finnas ända fram till deponeringen. Hanteringen kan göras med tillgänglig teknik och utan att personalen utsätts för skadlig strålning.

Verksamheten med deponering av kapslar och återfyllning är till stora delar unik för djupförvaret. Teknik behöver därför utvecklas för att överföra kapslarna till hanteringsmaskiner i deponeringstunnlarna, placera dem i deponeringshål och sedan applicera de bentonitblock som ska forma buffertmaterial kring kapslarna. Tillverkning och transport av bentonitblock liksom återfyllning och förslutning av tunnlar är också områden där teknik behöver tas fram och provas ut.

Arbetet med teknikutveckling för deponeringen pågår sedan länge. De försök i full skala som SKB nu planerar vid Äspölaboratoriet innebär ett nytt steg i denna utveckling. I försöken integreras komponenter, som hittills utvecklats var för sig, till ett helt system som provas i realistisk miljö och full skala. Äspölaboratoriet blir därmed den centrala resursen i vårt arbete med att utveckla, testa och demonstrera djupförvarstekniken. Viktiga försök som planeras vid laboratoriet under den kommande treårsperioden är borrhning av ett antal deponeringshål, tester av deponeringssekvensen och återtag, samt försök med återfyllning och förslutning av tunnlar. Parallellt planeras utveckling och konstruktion av maskiner och fordon. Inom en sexårsperiod är målet att kunna demonstrera deponeringstekniken i sin helhet.

### 5.3.3 Säkerhetsanalys

Arbetet med att utveckla säkerhetsanalysen har pågått kontinuerligt sedan 1979 då den första säkerhetsrapporten presenterades (KBS-1). Den senaste större analysen (SKB-91) presenterades 1991. För närvarande gör SKB en ny säkerhetsanalys (SR 97) som kommer att presenteras under 1999. Den kommer att innehålla en rad nyheter jämfört med tidigare analyser. De viktigaste nyheterna är följande:

- En systematisk dokumentation och behandling av viktiga processer som på lång sikt kan påverka förvaret och en ny form för schematisk beskrivning av hela systemet av processer.
- En systematisk behandling av brister i numeriska data för alla processer som direkt berör beräkningar av radionuklidtransport.
- Studier av händelseförloppet inuti en kapsel med defekt kopparhölje.
- Tre modeller för vattenflöde och transport av radionuklider i berggrunden jämförs för förhållandena vid Äspölaboratoriet.
- En ny metod för att bedöma effekterna av jordskalv på djupförvaret.

### 5.3.4 Forskning

SKB har, sedan slutet av 1970-talet, bedrivit en omfattande forskning. Syftet har främst varit att ta fram de metoder och det vetenskapliga underlag som behövs för att analysera förvarets långsiktiga säkerhet. Forskningen har lagt grunden för att gå vidare mot ett första steg av ett djupförvar. Det innebär inte att det är slutforskat. Fortsatt forskning kan ytterligare förbättra kunskapsbasen.

Forskningsprogrammet har flera mål. Det viktigaste är att ge ett så bra underlag som möjligt för säkerhetsanalysen. Forskningen ska också ge underlag för att bedöma utvecklingen av alternativa metoder. Viktiga områden för fortsatt forskning är bland annat följande:

- *Använt bränsle.* Beständigheten hos det använda bränslet i grundvatten var något som SKB började undersöka 1977 (KBS-projektet) och det nuvarande programmet fastställdes 1982. Förbättrad kunskap och modeller tas fram till säkerhetsanalysen.
- *Buffert och återfyllning.* Bentonitens egenskaper som buffert mellan kapsel och berg undersöks och ett väsentligt forskningsområde är bentonitens stabilitet (kemisk och fysikalisk).
- *Strukturgeologi och bergets mekaniska stabilitet.* Berget är en viktig barriär som ska skydda kapseln. Inför lokaliseringen förbättrar SKB kunskapen om marginaler i bergets förmåga att isolera avfallet. Metoder för kartläggning och tolkning av bergets struktur utvecklas ytterligare och fler studier genomförs avseende hur jordskalv kan påverka ett djupförvar.
- *Vattenflöde och transport.* Transport av lösta ämnen i berget beror bland annat på grundvattenflöde och flödesvägar. Att mäta de hydrauliska egenskaperna i området där förvaret ska ligga och beskriva detta med flödesmodeller är viktigt för säkerhetsanalysen. Modeller och mätmetoder förbättras successivt. Det är också viktigt att studera hur ämnen hålls kvar i berget genom sorption på bergets mineral. Sådana experiment genomförs bland annat vid Äspölaboratoriet.
- *Grundvattenkemi.* Djupt grundvatten är en viktig del av den kemiska miljön i förvaret. Undersökningar görs för att pröva hur stabil den miljön är, hur den klarar bygget av förvaret och framtida förändringar.
- *Kemi för radionuklider.* Radionuklidernas kemiska egenskaper avgör hur pass rörliga de är i buffert och berg. Inverkan av mikrober, kolloider, gas och betongporvatten undersöks.
- *Radioaktiva ämnen i biosfären.* Om radioaktiva ämnen från ett förvar når markytan så kan de spridas i biosfären. Modeller och underlag för beräkningar av konsekvenserna av ett utsläpp förbättras.

SKB deltar i flera EU-projekt. Två av dessa syftar till att dra lärdom av naturliga analogier till djupförvaring. Det ena avser de naturliga reaktorerna i Oklo, Gabon, och det andra gäller en uranmalm i Palmottu i södra Finland. Inom två andra EU-projekt undersöks spåren av de hydrogeologiska förhållanden som tidigare rått i Sverige och andra länder. Det ger en uppfattning om vilka variationer i vattenflöden som kan uppkomma och vad t ex en istid kan innebära.

Vid Laxemar i Oskarshamn har SKB borrar ett hål för provtagning och mätning i berget ner till 1 700 meters djup. Det har ökat kunskapen om berget och grundvattnet på stora djup.

Långlivat låg- och medelaktivt avfall ska också djupförvaras. SKB driver ett projekt där sådant avfall inventeras, förvarets design utvecklas och den långsiktiga säkerheten analyseras.

#### Buffert

Material mellan kapsel och berg

#### Bentonit

Lera, vanligtvis av vulkaniskt ursprung

#### Sorption

Uptag av lösta ämnen på fasta ytor

#### Mikrober

Små organismer, t ex bakterier och virus

#### Kolloider

Partiklar som är så små att de inte sedimenterar

#### Betongporvatten

Det fria vattnet i betongen

#### Naturliga analogier

Exempel från naturen på material och processer som har motsvarigheter i förvaret

SKB bedriver också forskning om alternativ till djupförvarsmetoden. Vi anser att metoden med transmutation intar en särställning bland de alternativa metoderna; det är den enda kända metod som väsentligt skulle kunna påverka innehållet av radioaktiva ämnen i kärnavfallet. Internationellt råder en betydande enighet bland ansvariga organisationer och experter om att även en framgångsrik utveckling av transmutation inte kommer att eliminera behovet av ett djupförvar. Däremot kan det förändra konstruktionsförutsättningarna för djupförvaret och kraftigt minska mängden av långlivade radionuklider som måste deponeras. Det kan påverka djupförvarets storlek och utformningen av de tekniska barriärerna. Målen för SKB:s forskning inom området transmutation av långlivade radioaktiva ämnen är följande:

- Granska hur utvecklingen kan komma att påverka avfallsmängder och nuklidinnehåll.
- Kunna bedöma om, och i så fall hur och när, tekniken kan utnyttjas för att förenkla, förbättra eller utveckla systemet för sluthantering av kärnbränsleavfallet från de svenska kärnkraftverken.

Vi ser det också som en uppgift att på lämpligt sätt medverka i internationella projekt – särskilt EU-projekt – som kan komma till stånd inom detta område.

## 5.4 Miljökonsekvensbeskrivningar

Ett omfattande arbete pågår med att ta fram miljökonsekvensbeskrivningar (MKB-dokument) inför beslut om lokalisering av djupförvaret och inkapslingsanläggningen. Det första tillfället när det formellt krävs ett MKB-dokument är när SKB ansöker om lokaliseringstillstånd för inkapslingsanläggningen. Något senare krävs motsvarande vid ansökan om lokalisering av djupförvaret.

Det är viktigt med en tidig diskussion om vad som ska ingå i MKB-dokumentet. För att bidra till denna diskussion bifogas till detta program ett första utkast till innehållsförteckning i ett MKB-dokument för djupförvaret.

MKB-processen kommer att fortgå under hela den kommande sexårsperioden. Man kan förvänta sig att MKB-arbetet kommer att utvecklas och fördjupas såväl på den nationella planet som på regional och lokal nivå. På den nationella nivån har arbetet påbörjats och parterna har kommit överens om en grundstruktur för arbetsformer och innehåll. Arbetet på den regionala nivån har pågått några år och förväntas fortsätta i nuvarande former. På den lokala nivån bedriver såväl SKB som de kommuner där förstudier pågår ett aktivt informationsarbete och olika former för samråd och diskussion har utvecklats.

När det gäller samråd om de kommande MKB-dokumentens konkreta utformning och innehåll förväntar vi oss att synpunkter från remissinstanserna på FUD-program 98 och på innehållsförteckningen i bilagan tas upp till diskussion i nationellt MKB-forum samt i MKB-samråd på regional och lokal nivå. SKB planerar att sammanställa dessa synpunkter. SKI har som en av sina uppgifter att föreskriva vad som ska ingå i MKB-dokumentet.

Inför platsundersökningarna planerar vi att ta fram en plan för det fortsatta MKB-arbetet. Planen utarbetas i samråd med kommunen och lokala och regionala intressenter. Den ligger därefter till grund för arbetet med att ta fram de slutliga MKB-dokument som ska utgöra underlag för beslut om lokalisering och uppförande av inkapslingsanläggningen och det första steget av djupförvaret.

SKB vill ha synpunkter på MKB-arbetet och vad som bör ingå i MKB-dokumentet

Utkast till innehållsförteckning till ett MKB-dokument finns som bilaga till detta FUD-program

### MKB-samråd

- nationell nivå
- regional nivå
- lokal nivå

## 5.5 Resurser

### 5.5.1 Arbetsformer

SKB:s egen personalstyrka för genomförande av programmet är relativt begränsad. Den är huvudsakligen koncentrerad till resurser för ledning, planering och uppföljning av arbetet. Därutöver genomför SKB centrala delar av analyserna av förvarets långsiktiga säkerhet.

Forskning och utveckling drivs i samarbete med universitet, högskolor, forskningsinstitut, konsultföretag och enskilda experter i Sverige och utomlands. Projekterings-, konstruktions- och anläggningsarbeten upphandlas från konsult- och entreprenadföretag. Detsamma gäller till stor del för driften av de befintliga anläggningarna. En förteckning över de institutioner och företag som medverkar i SKB:s arbeten redovisas återkommande i våra årsrapporter.

Det internationella samarbetet är viktigt för att upprätthålla kompetens och hög kvalitet i arbetet. SKB har formella avtal om informationsutbyte med organisationer i Finland, Frankrike, Kanada, Schweiz, Spanien och USA. Inom ramen för avtalen förekommer ofta andra former av samarbete än enbart informationsutbyte. Exempelvis medverkar tio utländska organisationer från nio länder i olika projekt vid Äspölaboratoriet. Även merparten av forskningen om naturliga analogier bedrivs i bred internationell samverkan.

SKB medverkar också på olika sätt i ett antal EU-projekt. Representanter från SKB deltar i kommittéer och arbetsgrupper på kärnavfallsområdet inom EU, IAEA och OECD/NEA. Slutligen bidrar den internationella uppdragsverksamhet som SKB bedriver till att upprätthålla och utveckla kunskaper och kontakter.

### 5.5.2 Organisation

Under första halvåret 1998 har SKB:s organisation granskats och modifierats för att passa våra mål och för att kunna genomföra det som beskrivs i detta program. SKB är nu organiserat i fyra avdelningar:

- **Lokalisering** – med huvuduppgift att genomföra förstudier och sammanställa allt det underlag som krävs inför val av minst två platser för platsundersökningar. Här ingår också att genomföra MKB-samråd och ta fram MKB-dokument samt bygga upp den kunskap och det förtroende som behövs för att gå vidare med lokaliseringen av djupförvaret.
- **Säkerhet och Teknik** – med huvuduppgift att utveckla och demonstrera en säker och ändamålsenlig teknik för mellanlagring, inkapsling, transport och djupförvaring av använt kärnbränsle och långlivat låg- och medelaktivt avfall. Här har teknisk/vetenskaplig och säkerhetsanalytisk kompetens samlats för att få en effektiv överföring av kunskap från vetenskapliga studier och experiment till praktisk tillämpning i platsundersökningar, barriärutformning och byggande av anläggningar.
- **Drift** – med huvuduppgift att driva och underhålla befintliga anläggningar och transportsystem på ett säkert, miljömässigt och effektivt sätt.
- **Internationell uppdragsverksamhet** – med huvuduppgift att bedriva kvalificerad internationell konsultverksamhet inom kärnavfallsområdet. Att förbättra hanteringen av radioaktivt avfall i Ryssland och övriga Östeuropa är en viktig del av verksamheten.

Därutöver finns stabsfunktioner för bland annat administration, ekonomi, kvalitet/styrning och kommunikationsteknik.

Forskningen genomförs av universitet, högskolor etc.

SKB genomför centrala delar av säkerhetsanalyserna

Det finns ett omfattande internationellt samarbete inom kärnavfallsområdet



**PLAN-rapport**

SKB:s årliga redovisning av kostnaderna för kärnavfallsprogrammet

### 5.5.3 Kostnader

Kostnaderna för att genomföra SKB:s program redovisas varje år i en PLAN-rapport. I tabell 5-1 ges en grov preliminär bedömning av kostnaderna för den närmaste sexårsperioden. Prioriteringar och omfattning kan dock förändras då nya resultat kommer fram. Det är därför svårt att göra detaljerade bedömningar för enskilda områden och för en längre period.

**Tabell 5-1. Preliminär bedömning av kostnaderna för den kommande sexårsperioden (MSEK)**

	1999	2000	2001	2002–2004
Lokalisering				
Översiktsstudier, förstudier etc	70	60	60	–
Platsundersökningar	–	–	–	300
Forskning och säkerhetsanalys	55	60	55	160
Teknik				
Inkapslingsteknik	50	55	50	150
Djupförvarsteknik	180	175	160	400

## 6 Lokalisering

*Under den kommande treårsperioden planerar SKB att ta fram det resterande underlag som behövs för att gå vidare med att lokalisera djupförvaret. Nästa steg innebär konkreta undersökningar med borrhningar, så kallade platsundersökningar, på minst två platser. Sett i ett nationellt perspektiv ska de platser som väljs för platsundersökningar ha goda förutsättningar för ett djupförvar. Underlaget för denna bedömning kommer främst att vara översiktsstudier av i stort sett samtliga län i landet, resultat från förstudier och jämförelser med andra platser.*

*Innan SKB påbörjar platsundersökningarna kommer vi att redovisa program för hur de ska genomföras på respektive plats och kriterier för hur platserna ska utvärderas. Vidare ska synpunkter på hur områden väljs vara diskuterade i MKB-samråd.*

### 6.1 Översikt

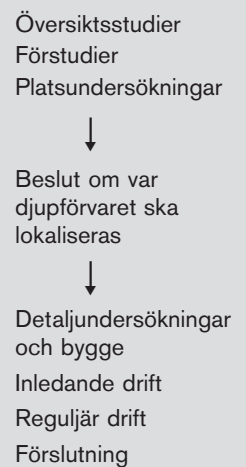
Lokaliseringsprocessen för ett djupförvar för använt kärnbränsle innefattar ett antal olika steg. Dessa är i huvudsak översiktsstudier, förstudier och platsundersökningar.

Översiktsstudier beslutas och genomförs av SKB för att klarlägga olika regioners lämplighet för ett djupförvar. Förstudier (5–10 st) ger en överblick i kommunskala och innefattar bland annat undersökningar om vad som är känt om berggrunden, hur kommunen planerar sin markanvändning samt miljöaspekter. Dessutom görs genomgångar av näringsliv och sociala aspekter. I förstudien bedöms om det i kommunen kan finnas områden av intresse för vidare studier. I platsundersökningar (minst två) görs en mera detaljerad teknisk undersökning av berggrunden. Detta steg innebär fysisk verksamhet i form av borrhningar och fältverksamhet under flera år.

Det är först efter platsundersökningar, och inför detaljundersökning på en plats, som det stora beslutet om lokalisering av djupförvaret fattas. Allt arbete före detta beslut (översiktsstudier, förstudier, platsundersökningar) ska bidra till att få fram ett bra beslutsunderlag i form av en ingående miljökonsekvensbeskrivning (MKB). Förutom miljökonsekvenserna av ett djupförvar på den utvalda platsen ska ett MKB-dokument också redovisa alternativ för lokaliseringen och alternativa metoder för att ta hand om kärnbränsleavfallet.

En viktig skillnad mellan ett djupförvar och andra berganläggningar är att bergets egenskaper måste kartläggas i detalj vad beträffar de långsiktiga säkerhetsfrågorna. I det avseendet har SKB:s undersökningar av berggrunden på flera platser i Sverige gett ny kunskap. Vår slutsats av allmänna erfarenheter och egna specifika insatser är att svenskt urberg ger goda möjligheter att finna områden med lämpliga egenskaper för att isolera det radioaktiva materialet.

Andra viktiga förutsättningar för en lokalisering är att kraven i naturresurslagens hushållningsbestämmelser, kommunala planer och andra markanvändningsintressen är tillgodosedda. Fullmäktige i den berörda kommunen ska också ha sagt ja till lokaliseringen.



**MKB**  
Miljökonsekvens-  
beskrivning

## SKI

Statens kärnkraft-  
inspektion

## KASAM

Statens råd för  
kärnavfallsfrågor

Det krävs mätningar  
i borrhål för att  
analysera säkerheten

### 6.1.1 Remissgranskning av FUD-program 95

Vid remissgranskningen av SKB:s FUD-program 95, kommenterade många arbetet med lokalisering. En utförlig sammanfattning av samtliga synpunkter finns i SKI:s gransknings-PM /6-1/. KASAM avgav också ett särskilt yttrande /6-2/. Tre skilda grundinställningar kan urskiljas:

- Remissinstansen accepterar SKB:s arbetssätt, men understryker vikten av bredd på kommande beslutsunderlag. I flera fall efterlyser remissinstansen också förtydliganden av beslutsprocessen, till exempel hur valet av områden för platsundersökningar ska gå till eller hur naturresurslagens s k vetoventil ska tolkas och tillämpas i olika beslutsskeden.
- Remissinstansen vill att platsvalet ska följa en strikt vetenskaplig systematik som stegvis leder fram till den bästa (säkraste) eller i varje fall bästa möjliga platsen. Kommunernas inställning bör inte vara styrande.
- Remissinstansen anser att SKB över huvud taget inte ska bedriva något lokaliseringsarbete ute i kommunerna. I stället ska ett fristående metodval göras och/eller ytterligare forskning genomföras. Först därefter ska arbetet inledas med att finna en lämplig plats. Några remissinstanser vill att en särskild kommission eller myndighet ska ansvara för lokaliseringen.

De som menar att det behövs en annan systematik för platsvalsprocessen tänker sig att en bästa plats kan identifieras genom att sälla i alltmer detaljerade skalor. Man ska inte ta hänsyn till opinionen, åtminstone inte i de inledande stegen, utan det är berggrundsförhållandena som ska styra platsvalet.

Vi menar att en sådan process har små förutsättningar att lyckas. Anledningen är att platsanknuten kännedom om de viktigaste faktorerna som styr säkerheten (grundvattenflöde, grundvattenkemi, förutsättningar för transport av radionuklider och bergmekaniska förhållanden) saknas på de flesta platser. Generaliserade omdömen kan ges, men det är först när borrhål och borrhålmätningar finns tillgängliga som det blir möjligt att värdera säkerheten och jämföra områden ur denna aspekt. Det är dessutom högst osäkert om kommuninvånare skulle acceptera en "bästa" plats som identifierats i en centraliserad process utan lokalt deltagande. Utländska erfarenheter ger stöd för denna uppfattning.

SKB menar att den bästa platsen är en plats som uppfyller säkerhets- och miljökraven och där djupförvaret accepteras.

### 6.1.2 Regeringsbeslut angående lokaliseringsprocessen

#### Maj 1995

I maj 1995 tog regeringen beslut om SKB:s kompletterande redovisning till FUD-program 92 /6-3/. Beslutet innehöll en rad klargöranden som har stor betydelse för det fortsatta lokaliseringsarbetet. De viktigaste punkterna kan sammanfattas enligt följande:

- De faktorer och kriterier som SKB angivit som vägledande för lokaliseringen "bör enligt regeringens uppfattning vara en utgångspunkt för det fortsatta lokaliseringsarbetet". Riktlinjerna för lokaliseringsprocessen är därmed fastlagda.
- Ansökan om att påbörja en detaljundersökning ska enligt regeringen prövas enligt såväl naturresurslagen som kärntekniklagen. I tidigare program förutsågs prövningen baseras på naturresurslagen, för att kompletteras med prövning enligt kärntekniklagen efter det att en detaljundersökning genomförts. Beslutet innebär alltså att prövningsskedet efter platsundersökningarna ges ökad tyngd.

- MKB-processen anges som ”ett viktigt instrument i kontakterna med myndigheter, berörda kommuner och allmänheten”. Vidare sägs att ”Regeringen förutsätter att länsstyrelsen i det län som berörs av förstudier, platsundersökningar eller detaljstudie tar ett samordnande ansvar för de kontakter med kommuner och statliga myndigheter som behövs för att SKB skall kunna ta fram underlag till en MKB”.
- ”De kommuner som berörs av platsvalsprocessen bör ges möjlighet att nära följa SKB:s platsvalsstudier”. Kommuner i vilka SKB genomför förstudier kan därför på begäran erhålla upp till två miljoner kronor per år för ”kostnader som möjliggör för kommunen att följa och bedöma samt lämna information i frågor som rör slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall”. Regeringen uppdrar åt SKI att administrera detta, samt anger att medlen ska tas från de fonder som byggts upp för finansieringen av kärnavfallsprogrammet.

## December 1996

Remissgranskningen av FUD-program 95 följdes av ett regeringsbeslut i december 1996. Beträffande lokaliseringen av djupförvaret konstaterar regeringen bland annat följande /6-4/:

- En säkerhetsanalys av förvarets långsiktiga säkerhet bör vara genomförd innan en ansökan om uppförande av inkapslingsanläggning inges, liksom innan platsundersökningar på två eller flera platser påbörjas.
- Innan platsvalsprocessen kan övergå i platsundersökningar bör berörda kommuner ha tillgång till SKB:s samlade redovisning av översiktsstudier, förstudier och annat bakgrunds- och jämförelsematerial som SKB kan vilja redovisa. SKB bör kunna redovisa kriterier för utvärdering av platserna, och de faktorer som utesluter fortsatta studier på en plats, samt konsekvenserna av förläggning nära kusten respektive i inlandet och konsekvenserna av förläggning i södra respektive norra Sverige.
- SKB bör samråda med SKI och SSI om de förutsättningar som bör gälla för undersökningsarbetet vid platsundersökningar.

### 6.1.3 Nationell samordning

I maj 1996 utsåg regeringen en nationell samordnare inom kärnavfallsområdet. Samordnaren ska främja samordning av de informations- och utredningsinsatser som berörda kommuner finner nödvändiga. Han ska föreslå former för informationsutbyte om hantering och slutförvaring av använt kärnbränsle samt i övrigt vara beredd att koordinera kontakter mellan de kommuner och länsstyrelser som berörs av studierna. Samordnaren har även en central roll i MKB-samrådet på nationell nivå.

### 6.1.4 Opinion

SKB anser att det är olämpligt att förlägga ett djupförvar till en kommun där invånarna motsätter sig en sådan verksamhet. Det är kommuninvånarna själva som mest berörs av de för- och nackdelar som ett djupförvar innebär. Det är också bland kommunens invånare som personalen huvudsakligen ska rekryteras. Hela lokaliseringsprocessen måste därför anpassas till dessa grundförutsättningar. Det faktum att det använda kärnbränslet kan mellanlagras i CLAB under många år ger oss möjlighet att utan tidspress genomföra lokaliseringen i samförstånd med de kommuner som kan bli aktuella.

Två miljoner per år till kommunen för bl a information

Säkerhetsanalys klar före platsundersökningar och ansökan om inkapslingsanläggning

**SSI**  
Statens  
stålskyddsinstitut

**CLAB**  
Centralt mellanlager för använt kärnbränsle

## 6.2 MKB-dokument och MKB-samråd

En miljökonsekvensbeskrivning (MKB) ska enligt svensk lagstiftning åtfölja en ansökan om tillstånd för verksamheter med konsekvenser för miljön. MKB består dels i ett dokument som ska inlämnas vid ansökan (MKB-dokument), dels av den process som använts för att ta fram dokumentet. MKB-processen är ett stöd för planeringen och ett medel för att få en god kunskap om projektets miljöaspekter innan beslut tas.

### 6.2.1 MKB-dokument

Till ansökan för att bygga och driva djupförvaret och inkapslingsanläggningen ska SKB foga miljökonsekvensbeskrivningar. Detta enligt kärntekniklagen, strålskyddslagen och den miljöbalk som träder i kraft 1 januari 1999. I en bilaga till FUD-program 98 finns ett första utkast till en innehållsförteckning till ett MKB-dokument för djupförvaret. Syftet är att initiera en diskussion om vad ett sådant dokument bör innehålla, både i samrådsgrupper och bland övriga intresserade.

Formellt sett krävs ett MKB-dokument första gången när SKB ansöker om lokaliseringsstillstånd för inkapslingsanläggningen. För djupförvaret behövs motsvarande dokument några år senare.

I miljöbalken beskrivs översiktligt vad MKB-dokumentet ska innehålla:

- en beskrivning av verksamheten med uppgifter om lokalisering, utformning och omfattning,
- en beskrivning av de åtgärder som planeras för att skadliga verkningar ska undvikas, minskas eller avhjälpas,
- de uppgifter som krävs för att påvisa och bedöma den huvudsakliga inverkan på människors hälsa, miljön och hushållning med mark och vatten samt andra resurser som verksamheten kan antas medföra,
- en redovisning av alternativa platser, om sådana är möjliga, samt alternativa utformningar tillsammans med dels en motivering varför ett visst alternativ har valts, dels en beskrivning av konsekvenserna av att verksamheten inte kommer till stånd,
- en icke-teknisk sammanfattning av de uppgifter som anges ovan.

SKI har aviserat att man avser att föreskriva innehållet med tanke på de kommande anläggningar som SKB avser att uppföra. MKB-dokumentet för djupförvaret respektive inkapslingsanläggningen ska behandla både själva anläggningen och det system för slutförvaring som den ingår i. Dokumentet ska också redogöra för hur SKB har beaktat de synpunkter på säkerhet och andra frågor som framförts av kommuner, miljöorganisationer, allmänhet m fl.

SKI och SSI ska granska säkerhetsredovisningen och MKB-dokumentet och lämna ett utlåtande till regeringen. Andra expertmyndigheter granskar andra delar av miljökonsekvensbeskrivningen. Enligt miljöbalken ska hela ansökan med tillhörande MKB-dokument också prövas i miljödomstol med offentlig förhandling.

Vad som ur miljösynpunkt skiljer djupförvaret och inkapslingsanläggningen från andra industrialanläggningar är främst frågorna kring den radiologiska säkerheten på kort och lång sikt. Radiologiska miljökonsekvenser från anläggningarna, och tillhörande transporter, kommer därför särskilt att beskrivas i MKB-dokumentet. I detta arbete kommer säkerhetsanalyser att vara en central del.

SKI avser att föreskriva vad MKB-dokumentet ska innehålla

MKB-dokument behövs för

- lokalisering av inkapslingsanläggningen
- lokalisering av djupförvaret



I förstudierna har SKB gjort översiktliga bedömningar av miljöpåverkan från andra källor. Exempel på sådan miljöpåverkan är buller och avgaser från trafik till och från anläggningarna, upplag av bergmassor och störningar på friluftsliv, natur- och kulturvärden. Konsekvenserna för miljön i de flesta avseenden blir liten i jämförelse med andra industrier av motsvarande storlek. En orsak är att verksamheterna inte innebär någon egentlig industriprocess. Såväl inkapslingsanläggningen som djupförvaret är dock stora byggprojekt och det kommer att finnas viktiga lokala miljöfrågor att behandla, t ex kring bygget av nedfartstunnlar och deponeringstunnlar i ett djupförvar. Miljökonsekvenserna kommer att redovisas då specifika platser finns utsedda, dvs i samband med platsundersökningarna. Konsekvenser i samhället av en etablering är svårare att beskriva objektivt. Här är det ofta en fråga om skilda synsätt. Exempelvis finns markant skilda uppfattningar om ett djupförvars effekter på turismen eller hur ett djupförvar kan påverka synen på en ort.

## 6.2.2 MKB-samråd på olika nivåer

Ett djupförvar är en kontroversiell anläggning. Dess utformning och lokalisering engagerar många grupper med skilda intressen och värderingar. För att ge möjlighet till en bred diskussion har SKB samråd på nationell, regional och lokal nivå med stöd av de fora som etablerats de senaste åren. Deltagare och vad som behandlas i MKB-samråden på olika nivåer visas i tabell 6-1. Tabellen visar vilka som är ständiga deltagare men vid behov kallas även andra intressenter. Arbetet med lokala MKB-samråd kommer att utvidgas med bland andra närboende när det står klart vilka platser som är huvudkandidater för djupförvaret. Vad som behandlas i respektive MKB-forum är översiktligt beskrivet. Givetvis kan alla frågor som anses viktiga tas upp till diskussion.

**Tabell 6-1. Översikt över MKB-samråd**

	Deltagare	Mötesfrekvens	Vad som behandlas
<b>Nationellt MKB-samråd</b>	Nationell samordnare (ordf), berörda förstudiekommuner och länsstyrelser, SKB, SKI, SSI, KASAM, Naturvårdsverket, Boverket och Kommunförbundet	2–3 ggr per år	Övergripande frågor som val av metod för slutförvaring, hur platsvalet ska gå till, vad som ska ingå i MKB-dokumentet.
<b>Regionala MKB-samråd</b> (exempel från Uppsala län)	Länsstyrelse (ordf), kommunen, SKB, SKI, SSI, KASAM, grannkommuner (inkl Åland), nationell samordnare, militära myndigheter, Sjöfartsverket, NUTEK	2–3 ggr per år	Vad som ska ingå i och resultat från förstudien. Information till allmänheten. Synpunkter från grannkommuner.
<b>Lokala MKB-samråd</b>	Vid förstudie bedriver kommunen och SKB var för sig arbete med att informera och erhålla synpunkter.	Kontinuerligt informationsarbete	Information och kunskapsuppbyggnad. Granskning av förstudierapporter. Synpunkter på vad som ska ingå i förstudien och i ett senare MKB-dokument.

Ett djupförvar ger troligen mindre konsekvenser för miljön än andra industrier av motsvarande storlek

### Lokal säkerhetsnämnd

Nämnd för insyn och informationsutbyte i kommun med kärnkraftverk. Ledamöterna utses av regeringen

## 6.2.3 Nationellt MKB-samråd

Ett "Nationellt MKB-forum på kärnavfallsområdet" etablerades under 1997. Där deltar samtliga berörda kommuner och länsstyrelser, myndigheter samt SKB. Den nationelle samordnaren är ordförande och svarar för sekretariatet.

Det nationella samrådet syftar främst till att skapa samförstånd om vilka frågor som bör belysas i MKB-arbetet samt på vilket sätt MKB-arbetet bör bedrivas. Även frågor av allmän betydelse för innehållet i en miljökonsekvensbeskrivning behandlas liksom övergripande frågor som alternativa systemlösningar (inkapsling-transport-djupförvaring), alternativa förvaringsmetoder och lokaliseringssunderlagets utformning.

Beredningsgrupper kan tillsättas för analys av olika sakfrågor innan dessa tas upp för mer ingående behandling i samrådet. Offentliga möten kan anordnas vid behov.

## 6.2.4 Regionala MKB-samråd

I FUD-Program 92 föreslog SKB att lokaliseringen av inkapslingsanläggningen skulle vara vid CLAB i Oskarshamn. Under granskningen av programmet uppmärksammades frågan om hur en process för att ta fram en miljökonsekvensbeskrivning skulle kunna initieras för en inkapslingsanläggning och ett djupförvar. Ett antal remissinstanser yttrade sig i frågan och bland annat efterlystes initiativ för att skapa ett forum för diskussioner om MKB-frågor. Ett myndighetssamarbete inleddes med deltagande av SKI, SSI, Naturvårdsverket, Boverket och Riksantikvarieämbetet och där KASAM deltog som observatör. Dessutom tog lokala säkerhetsnämnden i Oskarshamn initiativ till att starta en MKB-process för inkapslingsanläggningen. Säkerhetsnämnden föreslog också att en arbetsgrupp skulle bildas och att denna grupp skulle ledas av länsstyrelsen i Kalmar län.

MKB-forum i Kalmar län för CLAB och inkapslingsanläggningen arbetade under 1994-1997. Diskussionerna i MKB-forum i Kalmar ledde under december 1995 fram till rapporten "Projekt inkapsling. Planeringsrapport för miljökonsekvensbeskrivning MKB" /6-5/. Som författare till rapporten finns deltagare i gruppen från länsstyrelsen i Kalmar län, Oskarshamns kommun, SKI, SSI och SKB.

Arbets sättet i MKB-forum i Kalmar län för CLAB och inkapslingsanläggningen gav ett gott resultat och uppfattades av samtliga parter som konstruktivt. Deltagarna tyckte att arbetsformen gav goda möjligheter för dialog och insyn i projektet och att viktiga frågeställningar från de olika aktörerna tidigt kunde lyftas upp och belysas.

Vad beträffar förstudier för ett djupförvar finns regeringsbeslutet från 1995 /6-4/ som ger länsstyrelserna i respektive län ett samordnande ansvar för de kontakter med kommuner och statliga myndigheter som behövs för att SKB ska kunna ta fram underlag till en MKB. Samtliga länsstyrelser där SKB nu genomför förstudier (Kalmar län, Uppsala län och Södermanlands län) har därför startat regionala MKB-samråd där berörd kommun, grannkommuner, myndigheterna och SKB finns representerade.

I Kalmar län har ovannämnda MKB-forum ombildats till att även arbeta med frågor rörande förstudien om förutsättningarna att lokalisera ett djupförvar till Oskarshamns kommun. Totalt sedan starten år 1994 har nu MKB-forum i Kalmar län träffats ett 20-tal gånger.

I Uppsala län kallas den regionala gruppen för MKB-samråd "Referensgrupp för informationsutbyte kring det pågående förstudiearbetet i Östhammars kommun". Sedan 1996 har länsstyrelsen kallat grannkommuner, myndigheter och SKB till samrådsmöten. Mötesfrekvensen är två till tre gånger per år. Även en mindre

arbetsgrupp har bildats som består av Östhammars kommun, länsstyrelsen, SKI och SSI samt SKB. Denna grupp bereder frågor inför de större mötena där även grannkommuner, militära myndigheter, KASAM m fl deltar. Resultat i form av de frågeställningar som kommit fram under diskussionerna samt SKB:s svar på dessa finns redovisade i den preliminära slutrapporten från förstudien i Östhammars kommun /6-6/.

I Södermanlands län initierades ett MKB-samråd under 1996. Länsstyrelsen har arrangerat några möten i frågan, men verksamheten har haft lägre intensitet än i övriga län där förstudier genomförs.

### 6.2.5 Lokala MKB-samråd

De informationskontor som SKB öppnat i Nyköping, Oskarshamn och Östhammar, liksom tidigare i förstudiekommunerna Malå och Storuman, är ett viktigt lokalt stöd i MKB-arbetet. Utställningar, företags- och föreningsbesök, studieresor till SKB:s anläggningar, medverkan i informationsmöten anordnade av kommunen eller organisationer samt medverkan vid mässor är några exempel på det arbete SKB utför för att ge invånarna i förstudiekommunerna möjlighet att öka sina kunskaper i kärnavfallsfrågan.

Kommunerna gör stora insatser för att ge sina invånare möjlighet till insyn och kunskap om arbetet runt förstudierna. De ges tillfälle att ta del av utredningarnas resultat, att ställa frågor, diskutera och avge sina synpunkter och råd. Hur kommunerna har valt att organisera detta arbete varierar.

I Nyköping har kommunstyrelsen bildat en "Informations- och beredningsgrupp" med deltagare från samtliga politiska partier. Dessutom har kommunen bildat en "Tjänstemannagrupp" som försett SKB:s utredare med erforderligt material och som samtidigt följt SKB:s arbete. För att ge organisationer och allmänhet möjlighet att på nära håll följa och diskutera utvecklingen har dessutom en "Referensgrupp" bildats med ett 25-tal deltagare från kommunens föreningsliv. Representanter för kommunen har genomfört flera informationsmöten runt om i kommunen med deltagare från olika organisationer.

I Östhammar har kommunstyrelsen bildat en referensgrupp med deltagare från samtliga politiska partier i kommunfullmäktige. Vid möten av informationskaraktär inbjuds även Tierps kommun samt den lokala naturskyddsföreningen. Referensgruppen har under förstudien aktivt granskat underlagsrapporterna. Gruppen handlägger för kommunens räkning den oberoende granskning som för närvarande genomförs av den preliminära slutrapporten och anordnar informationsmöten för allmänheten.

I Oskarshamn har kommunen byggt upp en omfattande organisation för att öka kunskapen hos de egna politikerna samt skapa debatt och dialog med allmänheten. Sex olika arbetsgrupper med minst fem personer i varje grupp, varav minst tre politiker från fullmäktigeförsamlingen, har bildats. I arbetsgrupperna ingår även representanter för grannkommuner, föreningslivet, kyrkan, fackföreningar samt en representant från den lokala naturskyddsföreningen. Ett stort antal informationsmöten har hållits runt om i kommunen.

## 6.3 Översiktsstudier och förstudier

I tabell 6-2 ges en överblick av de lokaliseringsstudier som SKB hittills har genomfört och publicerat i olika rapporter samt vad vi planerar de närmaste åren. För närvarande pågår en komplettering med länsvisa översiktsstudier. Dessa kommer i stort sett att täcka hela landet. Dessutom avser SKB att grundligt pröva möjligheten att få till stånd ytterligare förstudier.

Varje kommun väljer sin egen form för information och samverkan

**Tabell 6-2. Översikt av befintligt och planerat lokaliseringsunderlag**

Underlag	Kommentar
Undersökningar av typområden (1975–1985)	Mer eller mindre omfattande platsundersökningar med djupborring och mätning av bergets egenskaper på ett tiotal olika platser runt om i Sverige. Visar bl a att platser med goda geologiska förutsättningar kan finnas på olika håll i landet. Omfattande dokumentation i tekniska rapporter. Resultaten ingår i bakgrundsmaterialet och jämförelseunderlaget för val av områden för platsundersökningar (se avsnitt 6.4.2).
Geovetenskapligt bakgrundsmaterial (1977–1995)	Utredningar om väsentliga geovetenskapliga frågor t ex rörande tektonik, strukturgeologi, jordskalv, hydrokemi, istider, bergspänningar m m. Cirka 40 tekniska rapporter som ingår i bakgrundsmaterialet för val av platser.
Översiktsstudie 95	Samlad redovisning av lokaliseringsfaktorer och lokaliseringsförutsättningar i nationell skala. Avskriver större delen av Skåne, fjällkedjan, Öland och Gotland. Belyser i nationell skala förhållandena med avseende på säkerhet (geologi), teknik, mark och miljö samt samhälle av betydelse för att bedöma lokalisering i olika delar av landet. Utgör delunderlag för SKB vid bedömningar av intresset av en förstudie. Ingår i bakgrundsmaterialet för val av områden för platsundersökningar.
Länsvisa översikter	Genomgång av lokaliseringsförutsättningar i samtliga län med undantag för Gotland. Fokus på geovetenskapliga förhållanden. Visar på områden med potentiellt lämpliga respektive olämpliga förhållanden för vidare studier.
Nord-syd/Kust-inland	Beskriver skillnader av generell natur mellan en lokalisering i norra respektive södra Sverige samt motsvarande för kust respektive inland.
Översiktsstudie av kommuner med kärnteknisk verksamhet	Belyser lokaliseringsförutsättningarna i kommuner som redan har kärnteknisk verksamhet. Anger motiven för SKB:s vilja att göra förstudier i Oskarshamn, Nyköping, Östhammar och Varberg. Avskriver Kävlinge kommun. Ingår i bakgrundsmaterialet för val av områden för platsundersökningar.
Förstudie Storuman	Kartlägger förutsättningarna i Storumans kommun. Anger två områden av intresse för platsundersökningar och prioriterar ett av dessa. Belyser möjliga konsekvenser av en djupförvarslokalisering ur regional och lokal synvinkel. Beskriver möjlig inverkan på miljön. Ingår i bakgrundsmaterialet och jämförelseunderlaget inför val av områden för platsundersökningar.
Förstudie Malå	Kartlägger förutsättningarna i Malå kommun. Anger två områden av intresse för platsundersökningar. Belyser möjliga konsekvenser av en djupförvarslokalisering ur regional och lokal synvinkel. Beskriver möjlig inverkan på miljön. Ingår i bakgrundsmaterialet och jämförelseunderlaget inför val av områden för platsundersökningar.
Förstudie Nyköping	Kartlägger förutsättningarna i Nyköpings kommun, i synnerhet i anslutning till Studsvik. Anger områden av intresse för platsundersökningar. Belyser möjliga konsekvenser av en djupförvarslokalisering ur regional och lokal synvinkel. Beskriver möjlig inverkan på miljön. Ingår i bakgrundsmaterialet, jämförelseunderlaget och (ev) urvalsunderlaget för val av områden för platsundersökningar. Preliminär slutrapport finns.
Förstudie Östhammar	Motsvarande upplägg som för övriga förstudier. Preliminär slutrapport finns.
Förstudie Oskarshamn	Liknande upplägg som för övriga förstudier. Preliminär slutrapport under 1999.
Förstudie Tierp	Startar 1998. Uppläggningsen ska diskuteras med kommunen.
Förstudie X, Y ...	Vi hoppas kunna genomföra ytterligare minst en förstudie.

### 6.3.1 Länsvisa översiktsstudier

SKB genomförde 1995 en översiktsstudie i nationell skala av lokaliseringsförutsättningar för ett djupförvar /6-7/. För närvarande håller vi på att komplettera materialet med länsvisa översiktsstudier. Resultatet från tio län kommer att publiceras under 1998 /6-8 – 6-17/. De länsvisa översiktsstudierna kommer i stort att täcka hela landet, utom Gotlands län. Att Gotlands län inte är aktuellt beror på att det saknas urberg ner till de djup som kan bli aktuella för ett djupförvar.

Syftet med de länsvisa översiktsstudierna är att:

- översiktligt bedöma var det kan finnas potentiellt lämpliga respektive olämpliga områden inom respektive län. Resultatet ska användas för att identifiera kommuner som är lämpliga för förstudier,
- ta fram ett underlag som kan användas som ett jämförelseunderlag inför val av områden för platsundersökningar,
- ta fram ett underlag för att sätta in undersökta områden i sitt regionala sammanhang.

Anledningen att län har valts som den studerade geografiska enheten är att geologiska översiktskartor, liksom uppgifter om markanvändning, huvudsakligen är indelat länvis. Vidare finns länsstyrelserna som en central tillgång både som samtalspartner och som innehavare av planeringsunderlag.

I de länsvisa översiktsstudierna är den långsiktiga säkerheten den viktigaste frågan. Det innebär i sin tur en fokusering på berggrunden. Det är SGU som genomför dessa undersökningar och gör en samlad värdering av vilka områden i varje län som är intressanta ur geologisk synvinkel. Förutom de geologiska förhållandena omfattar de länsvisa studierna också översiktliga kartläggningar av natur- och kulturskyddade områden, industriområden, vägar, järnvägar och möjliga hamnar. Markanvändningsintressen kommer att rapporteras separat från de geologiska översikterna under 1998–99.

Potentiellt lämpliga områden som framkommer i förstudier är mindre och mera väldefinierade än de större, mera generaliserade områden, som de geologiska länsöversikterna ger. Mer detaljerade undersökningar kan därför komma att visa på ogynnsamma förhållanden i delar av de områden som har bedömts som lämpliga i de länsvisa översikterna. Av samma skäl kan detaljerade undersökningar identifiera gynnsamma förhållanden i vissa områden av de delar av länet som bedöms som olämpliga i översiktsstudien. Den slutsats SGU drar är att både översiktsstudier och förstudier behövs för en heltäckande bild över de geovetenskapliga förhållandena.

För att bedöma om ett område kan vara intressant för vidare studier har SGU tillämpat följande geovetenskapliga kriterier i de länsvisa översiktsstudierna:

#### *Bergarter*

För att en bergart ska vara lämplig för ett djupförvar bör den finnas i stora volymer. Den bör inte innehålla malm eller på annat sätt vara ovanlig. Den bör vara lätt att bygga i. En homogen berggrund ger säkrare prognoser om berggrundsförhållanden mellan borrhål och underlättar vid beräkningar av termisk och mekanisk påverkan från förvaret, t ex hur värme från förvaret sprider sig i berget. I översiktsstudierna har vissa vulkaniska bergarter och grönsten i många fall bedömts som olämpliga medan gnejs och granit i de flesta fall har betraktats som lämpliga.

#### **SGU**

Sveriges Geologiska  
Undersökning

#### **Grönsten**

Samlingsnamn för  
omvandlade, vanligtvis  
mörka, kvartsfattiga  
bergarter



**Deformationszon**

Samlingsnamn för svaghetszoner i berggrunden där berggrunden på ömse sidor rört sig i förhållande till varandra

**Förkastning**

Deformationszon där rörelserna huvudsakligen har skett i ett sprött tillstånd

**Recipient**

Mottagare av grundvatten

Både lämpliga och olämpliga områden finns i de län som hittills studerats

Underlaget ger inte möjlighet att rangordna områden

### *Jordarter*

Områden med tunna jordlager och med en stor andel berg i dagen är allmänt sett bättre ur lokaliseringsynpunkt än områden med tjocka lager. Skälet är att ett tunt jordtäckte underlättar vid kartläggning av bergarter och deformationszoner. Isälvsavlagringar (exempelvis åsar) är olämpliga eftersom de är betydelsefulla grundvattentillgångar.

### *Deformationszoner*

Vissa delar av berggrunden har deformerats i långa stråk. Deformationen kan ha skett plastiskt eller sprött. I översiktsstudien har större deformationszoner betraktats som olämpliga eftersom de kan leda vatten eller vara svaghetsplan där bergrörelser kan utlösas. Zonerna kan även vara besvärliga ur byggbarhetsynpunkt.

### *Bergets stabilitet*

Sverige ligger i ett geologiskt stabilt område. Studier visar att skalv med de magnituder som har förekommit i Sverige under historisk tid troligen inte påverkar ett djupförvar /6-18/. I samband med inlandsisens avsmältning för ca 10 000 år sedan förekom dock betydligt kraftigare skalv som troligen skulle ha påverkat ett förvar i skalvets närområde.

Det finns delar av Sverige där jordbävningar inträffar oftare än på andra ställen. I översiktsstudierna visas var dessa områden finns. Vidare markeras områden där bergrörelser har förekommit i samband med senaste istiden (postglaciala förkastningsrörelser). Vid förstudier i områden med förhöjd jordskalvsfrekvens eller sena bergrörelser kommer frågan om bergets stabilitet att ges särskild uppmärksamhet.

### *Hydrogeologi*

Om vattenkapaciteten i borrhade brunnar är låg indikerar detta att genomsläppligheten för vatten på förvarsdjup också är låg, vilket är gynnsamt från förvarsynpunkt. Områden där det finns en stor recipient, t ex Östersjön, är också gynnsamma.

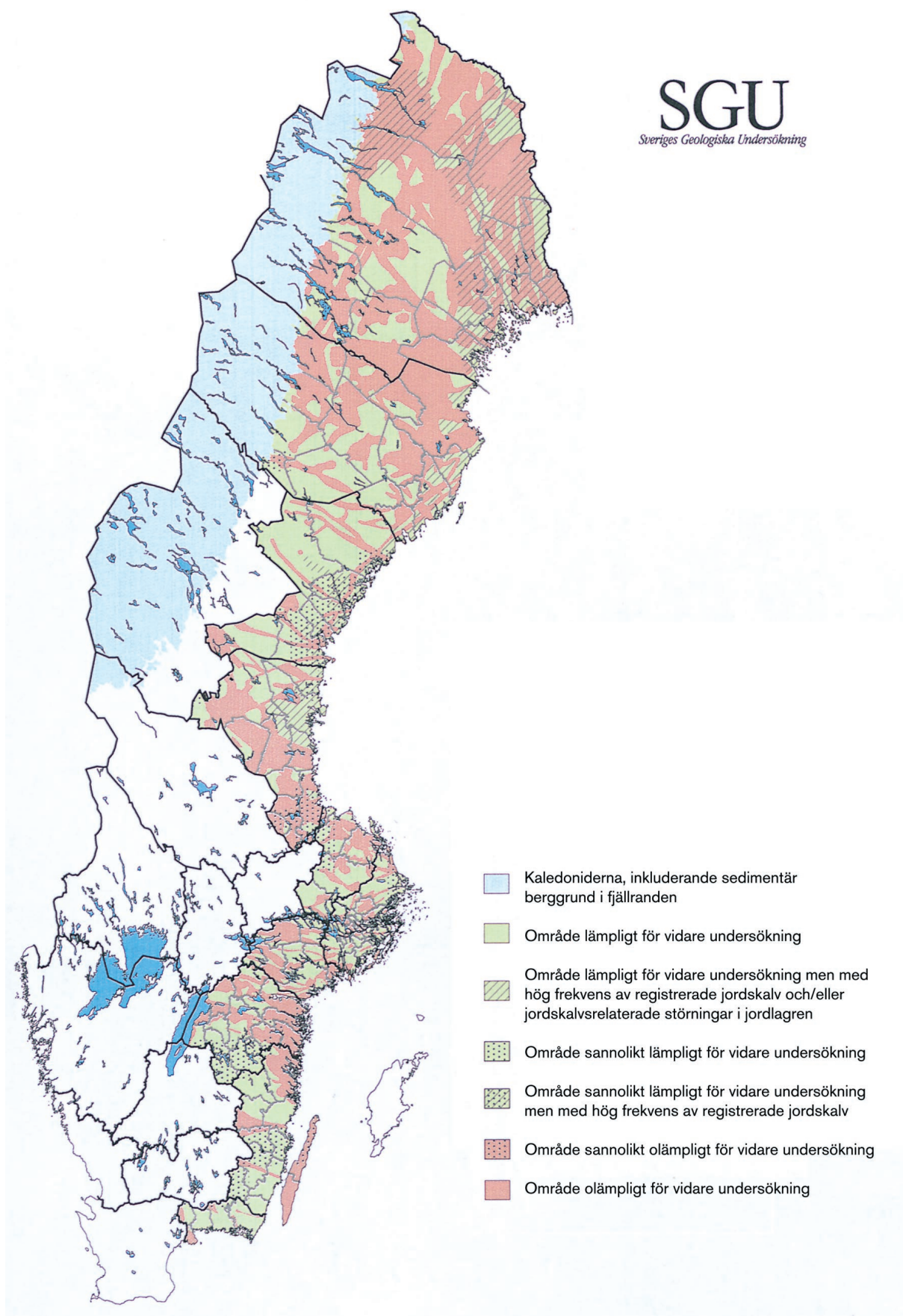
### *Samlad bedömning*

Utifrån en samlad bedömning har respektive län på geologiska grunder delats in i områden av följande kategorier:

- lämpliga (för fortsatta lokaliseringsstudier),
- sannolikt lämpliga,
- sannolikt olämpliga,
- olämpliga.

Områden som betecknas med sannolikt lämpliga respektive sannolikt olämpliga saknar såväl modern geologisk information som flygmätningar av magnetfältet. I dessa områden måste bedömningen grunda sig på gammal geologisk information och blir därför osäkrare.

Vid den samlade bedömningen har berggrundens sammansättning, malmpotential och förekomst av deformationszoner varit de viktigaste faktorerna. Som framgår av kartan i figur 6-1 finns det lämpliga och olämpliga områden i samtliga de län som hittills har studerats. Större sammanhängande områden av potentiellt lämplig berggrund finns i mellersta Norrland, Mälardalen, sydöstra Småland och Blekinge. Enligt SGU går det inte att rangordna de intressanta områdena utifrån det material som finns idag.



**Figur 6-1.** Kartan visar en översiktlig bedömning av lokaliseringspotential med avseende på geovetenskapliga faktorer för de tio län för vilka översikter publiceras under 1998. Områden med förhöjd frekvens av jordskalv och berggrörelser efter senaste istiden har särskilt markerats.

Sammanfattningsvis konstaterar SKB att det i samtliga studerade län finns berggrund som är intressant för vidare lokaliseringsstudier. Samtidigt finns det stora områden som förmodligen inte duger. Vi kommer att använda underlaget för att försöka få till stånd fler förstudier.

### 6.3.2 Nord-syd/Kust-inland

#### Utredningens syfte och omfattning

SKB har särskilt utrett för- och nackdelar med att lokalisera djupförvaret till norra respektive södra Sverige, samt aspekter av en förläggning vid kusten respektive i inlandet /6-19/. Detta med anledning av påpekanden i regeringens beslut om FUD-program 95 och synpunkter på Översiktsstudie 95 från remissinstanserna.

Syftet med utredningen har varit att:

- redovisa faktorer som kan utgöra skillnader i lokaliseringsförutsättningar vid en förläggning av djupförvaret i södra Sverige, respektive i norra Sverige,
- redovisa faktorer som kan utgöra skillnader i lokaliseringsförutsättningar vid en förläggning nära kusten, respektive i inlandet,
- belysa dessa skillnader från lokaliseringssynpunkt.

Ett viktigt inslag i utredningsarbetet har varit att bedöma betydelsen av de generella trender som för vissa lokaliseringsfaktorer framträder i ”nord-syd/kust-inland-skalan” samt hur dessa ska beaktas i relation till de variationer som man erfarenhetsmässigt vet uppträder i lokal skala. Det har inte varit möjligt att ange lämpliga områden för vidare lokaliseringsstudier, eftersom detta kräver mera detaljerade studier.

#### Bedömning utifrån viktiga lokaliseringsfaktorer

##### *Långsiktig säkerhet*

I Översiktsstudie 95 var slutsatsen att det, i den aktuella skalan, inte går att utesluta eller förorda några landsdelar eller områden. Enda undantaget är större områden som kan uteslutas därför att berggrunden radikalt skiljer sig från den urbergsmiljö som förutsätts (Fjällkedjan, Gotland och Öland samt delar av Skåne).

De jämförelser som gjorts ur perspektiven ”nord-syd” respektive ”kust-inland” har inte förändrat denna slutsats. Det hindrar dock inte att man för många geologiska egenskaper kan se skillnader i någon statistisk mening. Ett exempel är blottningsgraden, dvs andelen kalt berg. En hög blottningsgrad ger allmänt sett fördelar vid geologiska tolkningar av förhållanden på djupet. I genomsnittliga termer är blottningsgraden högre i södra Sverige än i norra. I södra Sverige är blottningsgraden också högre nära kusterna än i inlandet. Att väga in sådana skillnader i bedömningen av lokaliseringsförutsättningarna vore dock knappast meningsfullt, eftersom det inte är översiktligt beräknade genomsnittsvärden som är betydelsefulla utan de lokala variationerna.

Det finns emellertid skillnader som är generella och ”platsberoende”. Den tydligaste är klimatskillnaden mellan norr och söder och de effekter det kan ha på berggrunden. Bilden av hur klimatet kommer att förändras i tidsperspektiv på tusentals- och tiotusentals år är inte entydig. Prognoserna pekar dock mot att de norra delarna av Sverige blir istäckta inom några tusen år, medan det i söder kan dröja åtskilliga tiotusentals år längre. Likaså sker avsmältningen senare i norr än i söder.

Fjällkedjan, Gotland, Öland och delar av Skåne har olämplig berggrund

Glaciation kan få både positiva och negativa konsekvenser från säkerhetssynpunkt. Å ena sidan utgör en inlandsis en effektiv extra skyddsbarriär som skärmar av berggrunden från biosfären och som rimligen utesluter risken för mänskligt intrång i ett förvar. Detta talar för att förlägga djupförvaret till norra Sverige, där nedisningen kommer tidigare och varar längre. Å andra sidan orsakar både glaciation och, i än högre grad deglaciation, omfattande och potentiellt betydelsefulla förändringar av de mekaniska och hydrauliska förhållandena i berggrunden. Mycket tyder exempelvis på att de postglaciala förkastningsrörelser som dokumenterats på olika håll i Norrland är effekter av snabba belastningsändringar i berggrunden i samband med att den senaste inlandsisen smälte undan.

Klimatvariationerna och deras effekter ska ses i tusen- eller tiotusenårsperspektiv. Under motsvarande tidsperioder minskar farligheten hos det radioaktiva avfallet väsentligt. Förenklat kan man säga att farligheten minskar med en faktor 10 under de första tusen åren efter deponering och ytterligare en faktor 10 under de efterföljande tio tusen åren /6-20/. Detta måste beaktas när faktorer kopplade till klimatförändringar ska vägas in i bedömningarna av lokaliseringsförutsättningar. Vidare blir alla prognoser med nödvändighet mera osäkra ju längre tidsperspektivet är. Det gäller i synnerhet förutsägelser om biosfären, men i viss mån också om vilka förändringar som kan förväntas i berggrunden. Man kan av dessa skäl hävda att någorlunda beräkningsbara effekter i kortare tidsperspektiv måste tillmätas större betydelse än mera hypotetiska antaganden om förändringar på mycket lång sikt. Med detta synsätt har fördelarna med tidig utveckling av permafrost följt av glaciation i norr större betydelse än de möjliga negativa effekter som kan uppträda i samband med att isen smälter många tiotusentals år senare.

En jämförelse av förhållandena vid kusten och i inlandet visar att betydelsefulla skillnader främst är kopplade till grundvattnet. De ofta lägre hydrauliska gradienterna vid kusterna kan vara en fördel för kustnära lägen. En nackdel kan vara kortare strömningsvägar (utströmningsförhållanden) från ett förvar vid kusten jämfört med ett förvar i inlandet. Ser man till recipientförhållanden är det en fördel med en stor recipient, exempelvis havet. Andra faktorer som påverkar möjligheterna till isolering av avfallet och sådana faktorer som ger låg upplösning och långsam transport av eventuella frigjorda radionuklider i berget är dock viktigare.

En allmänt sett försvårande faktor för kustlägen kan vara att pågående och framtida förändringar av grundvattnets kemiska sammansättning och strömning medför svårigheter att förutsäga förändringar i förvarsmiljön på lång sikt. Förändringarna beror ytterst på klimatvariationer, framförallt strandlinjeförskjutningar som följer i spåren på glaciationsförlopp. Dessa fenomen kan på lång sikt orsaka ändrade strömningsmönster (utströmningsområden blir inströmningsområden eller tvärtom) samt radikalt förändra recipientförhållandena, t ex från marin miljö till fastland. Vid en jämförelse kan en lokalisering till inlandet ge grundvattenförhållanden som är väsentligt mera stabila över långa tidsrymder och därmed lättare att förutsäga.

En annan viktig faktor är förekomsten av salta grundvatten. Utan att gå in på de processer som anses styra detta fenomen kan vi konstatera att salta grundvatten är vanligare ju närmare kusten man kommer. Måttliga salthalter (storleksordningen fem gram per liter) är vanliga på förvarsdjup i kustnära lägen. Äspölaboratoriet utanför Oskarshamn ger exempel på detta. På större djup, bland annat på drygt 1 000 meters djup i ett borrhål på Laxemarhalvön några kilometer väster om Äspö, har man påträffat mycket salta grundvatten (nära saltlake).

Saltvatten kan ha både gynnsamma och ogynnsamma effekter på ett djupförvar. Salt grundvatten relativt nära ytan kan vara en indikation på låg grundvatten-cirkulation, vilket är en fördel. En annan fördel är att framtida djupborrade brunnar blir mindre sannolika i den del av berggrunden där salt grundvatten förekommer. En nackdel är de negativa effekter saltvatten kan ha på de material som diskuteras för återfyllning av djupförvarets tunnlar efter deponering. Detta

## Glaciation

Nedisning

## Deglaciation

Avsmältning

Både fördelar och nackdelar med inlandsis

Avfallets farlighet minskar med tiden medan osäkerheten ökar

## Hydraulisk gradient

Tryckskillnader som driver grundvattnet

## Strandlinjeförskjutningar

Det sammanlagda resultatet av landhöjningen och förändringar i havsytans nivå

## Saltlake

Salthalten i vattnet överstiger 10 procent



kan kompenseras genom att ändra sammansättningen hos materialet, men det kan i sin tur medföra tekniska komplikationer och fördyringar. Mycket höga salthalter bör undvikas eftersom det kan skada funktionen hos den buffert av kompakterad bentonit som omger kapslarna i djupförvaret.

### *Teknik*

Den uppenbara nackdelen med en lokalisering till norra Sverige ur teknisk/ekonomisk synvinkel är det långa transportavståndet från den planerade inkapslingsanläggningen till djupförvaret. På samma sätt är en lokalisering till inlandet ogynnsam från transportsynpunkt, eftersom det då krävs såväl sjö- som landtransport. Transportbehovet kommer att finnas under hela driftsfasen och omfattar förutom avfallet också buffertmaterial. Transportförutsättningarna kan värderas ganska väl redan i översiktlig skala, och har studerats i de förstudier som genomförts eller pågår.

Såväl svensk som utländsk erfarenhet visar att den radiologiska säkerheten i samband med transporter till djupförvaret kommer att kunna hållas på en hög nivå, oavsett transportavstånd och transportsätt. Däremot kommer transporter, i likhet med alla andra tunga transporter, att medföra såväl gängse olycksrisker som viss miljöbelastning.

Beroende på lokaliseringsort kan det krävas mer eller mindre omfattande utbyggnad av transportleder (järnväg eller väg). Detta innebär såväl miljöingrepp som fördyringar, men kan samtidigt ge regionala och lokala förbättringar av infrastrukturen. Ett beräkningsexempel hämtat från förstudierna ger en uppfattning om kostnadsaspekten. Uttryckt i relativa termer beräknas en lokalisering till Norrlands inland (sjötransport till närmaste hamn, därefter ca 15 mil landtransport inklusive betydande investeringar i transportleder) ge en fördyring av djupförvarsprojektet med storleksordningen fem procent, jämfört med en lokalisering vid ostkusten i södra Sverige (endast kortare sjötransport).

Man kan alltså konstatera att transporter är säkerhetsmässigt och tekniskt genomförbara, och att de extra kostnader som är förenade med en "avlägsen" lokalisering relativt sett är måttliga. Kanske är frågan om transporter mest av allt en fråga om attityder och opinioner. Transporter av radioaktiva material upplevs av många som farliga, alternativt olämpliga eller åtminstone onödiga. Vare sig oron är välgrundad eller ej, i teknisk mening, så är den en realitet som måste beaktas.

När det gäller förutsättningarna för att bygga och driva djupförvarets anläggningar är det svårt att peka på några faktorer som i generell mening kan ha stor betydelse ur perspektiven nord-syd eller kust-inland. Två faktorer kan emellertid nämnas. Den ena är initialtemperaturen i berggrunden som minskar mot norr. Temperaturen påverkar förvarets utformning. Högre temperatur kräver att kapslarna deponeras glesare vilket ger ett större förvar. Beräkningar visar att ett förvar i södra Sverige kan kräva 15–20 procent större yta än ett förvar i norra Sverige. Detta kan ge en fördyring av djupförvarsprojektet på ett par procent, men har knappast några avgörande konsekvenser i övrigt. Den andra faktorn är den tidigare nämnda förekomsten av salta grundvatten i kustnära lägen. Förutom säkerhetsmässiga konsekvenser kan salt grundvatten medföra att underhållsbehovet under driftstiden ökar.

### *Mark och miljö*

Större landområden som är av riksintresse för naturvården återfinns till stor del inom fjällkedjan, omkring större sjöar, längs älvdalar samt i kust- och skärgårdsområden. Naturskyddsaspekterna kan, beroende på skyddsvärde och andra omständigheter, begränsa lokaliseringsmöjligheterna i större eller mindre grad. För stora delar av landet gäller att begränsningarna är väsentligt större i kustregionen än i inlandet.

Transporterna till ett förvar i Norrlands inland höjer kostnaderna med cirka 5 procent

Den lägre temperaturen i Norrland gör att förvaret blir ett par procent billigare



I övrigt är efterfrågan på mark för olika ändamål starkt kopplad till befolkningstätheten. Detsamma gäller i stor utsträckning kulturvårdsintressen av olika slag, liksom intressen för rekreation och friluftsliv. Detta innebär att lokaliseringsförutsättningarna ur dessa synvinklar kan vara mera gynnsamma i de norra delarna av landet än i de södra, och att inlandet kan ge bättre förutsättningar än kusttrakter. Det är dock lokala omständigheter – inte övergripande genomsnittsvärden – som är avgörande.

När det gäller djupförvarsprojektets inverkan på miljön är det svårt att se några generella skillnader ur perspektiven kust-inland respektive nord-syd, med det viktiga undantaget för miljökonsekvenser av transportverksamheten.

### Samlad bedömning

SKB:s bedömning är att vi inte, utifrån generella jämförelser och överväganden i översiktlig skala, kan vare sig förorda eller utesluta en kustnära lokalisering, relativt en lokalisering till inlandet. Detsamma gäller för jämförande värderingar av lokaliseringsförutsättningar i norra respektive södra delen av landet. Bedömningar av lämpligheten måste istället grundas på studier av konkreta områden.

De bästa argumenten för att bedömningen ovan är riktig kan hämtas från de förstudier som genomförts. Dessa visar att man, i den skala som förstudierna representerar, kan identifiera områden som vid en samlad bedömning framstår som intressanta för vidare lokaliseringsstudier, i såväl två kommuner i Norrlands inland (Storuman och Malå) som i två kommuner längs ostkusten längre söderut (Östhammar och Nyköping).

### 6.3.3 Förstudier

I Storuman och Malå har förstudier genomförts och slutrapporterats. För närvarande pågår eller planeras förstudier i fyra kommuner: Nyköping, Östhammar, Oskarshamn och Tierp. En karta med de olika förstudiekommunerna visas i figur 6-2.



Figur 6-2. Kommuner där SKB gjort eller gör förstudier.

Det går inte att dra några generella slutsatser om var det är bäst i Sverige. I stället är det de lokala förhållandena som avgör



### Storuman

Västerbottens län  
Yta 7 500 km<sup>2</sup>  
Invånare ca 7 000



### Malå

Västerbottens län  
Yta 1 610 km<sup>2</sup>  
Invånare ca 4 000

Större engagemang från staten efterfrågas

## Storuman

Förstudien i Storuman slutrapporterades i februari 1995 /6-21/. Förstudien visade att det finns två områden som kan vara lämpliga för ett djupförvar varav ett prioriterades. Den befintliga infrastrukturen skulle kunna utnyttjas för transporter till djupförvaret.

I september 1995 röstade befolkningen i Storuman om SKB skulle få fortsätta söka slutförvaringsplats i Storumans kommun. Valdeltagandet var 73 procent. Resultatet var att 28 procent röstade ja och 71 procent nej. Andelen blanka röster var en procent. Sedan dess bedriver SKB ingen lokaliseringsverksamhet i Storuman.

## Malå

Förstudien i Malå slutrapporterades i mars 1996 /6-22/. Den visade att det finns två områden i kommunen som kan vara lämpliga för ett djupförvar. En utbyggnad av infrastrukturen skulle dock krävas för transporterna. Kommunen genomförde en fristående granskning av förstudien med hjälp av en expertgrupp. Överlag fann man att förstudiens utredningar väl täckte de frågeställningar som förstudien omfattade.

I september 1997 genomfördes en kommunal folkomröstning. På frågan "Ska Svensk Kärnbränslehantering AB få fortsätta söka plats för djupförvar av använt kärnbränsle i Malå kommun?" svarade 44 procent ja och 54 procent nej. Andelen blankröster var två procent och valdeltagandet 87 procent. SKB:s verksamhet i Malå har nu upphört.

## Erfarenheterna från Storuman och Malå

SKB:s och andras informationsverksamhet i Storuman och Malå har utvärderats, se bland annat /6-23/. Underlaget för utvärderingarna har bestått av:

- intervjuer med kommuninvånare och lokala företrädare för kommunen som varit engagerade på ja- respektive nej-sidan,
- analys av massmediernas bevakning,
- synpunkter från SKB-anställda som arbetat med förstudien samt från berörda personer vid centrala myndigheter och lokala organ.

Nej-sidans viktigaste argument mot ett förvar var oro över förvarsmetoden och riskerna med transporterna. Vidare ansåg man att turismen och rennäringsen skulle påverkas negativt. Andra vanliga argument var att det finns en risk för att djupförvaret skulle få ta emot kärnavfall från hela Europa samt att regeringen kan sätta naturresurslagens kommunala vetorätt ur spel om kommunen säger ja till en platsundersökning.

Ja-sidan framhöll dels det nationella ansvaret, dels möjligheterna till sysselsättning och utveckling av kommunen. Ett annat argument för en platsundersökning var att denna inte var bindande utan kommunen kan säga nej i ett senare skede av lokaliseringsprocessen.

Både ja- och nej-sidan och många andra som deltog i diskussionen, efterlyste ett större engagemang från regering, riksdag och regionala organ. En enskild kommun har inte alltid förutsättningarna för att själv ta ställning till alla delar i en så komplicerad fråga som vad en etablering av ett djupförvar kan innebära. Detta gäller såväl säkerhetsfrågor som vilken nytta kommunen kan få av ett djupförvar.

Undersökningarna visar att behovet av information i början av lokaliseringsprocessen är stort, eftersom många kommuninvånare tar ställning redan på ett tidigt stadium. En allmän erfarenhet är också att förstudierna har ökat intresset

för kärnavfallsfrågan i kommunen och i regionen på många sätt. Den regionala mediadebatten ökar samtidigt som forskare inom främst samhällsvetenskapliga ämnen intresserar sig för frågan /6-24, 6-25/. I /6-26/ redovisar samhällsvetare från Umeå universitet sina studier av opinionsbildningen inför folkomröstningen i Malå.

## Nyköping

I maj 1997 publicerade SKB en preliminär slutrapport av förstudien i Nyköpings kommun /6-27/. För närvarande granskar kommunen denna. Granskningen kan innebära att materialet behöver kompletteras inom något område eller att nya frågor måste belysas. Slutrapporten beräknas vara klar under 1999.

Kommunen har via sina arbetsgrupper kontinuerligt informerats om arbetsläget i förstudien. Vid tillfällen då delutredningar publicerats har möten ordnats, där de som ansvarat för utredningarna presenterat sina resultat och slutsatser för kommunens informations- och beredningsgrupp samt referensgruppen. Media har informerats på samma sätt. Parallellt med utredningsarbetet har MKB-samråd skett på länsstyrelsen i Södermanland. Vidare har information lämnats till allmänheten vid ett flertal tillfällen.

Infrastrukturen och den kärntekniska kompetens som finns i Studsvik är värdefulla om djupförvaret skulle lokaliseras till kommunen. Från kommunens sida är man speciellt intresserad av att få möjligheterna till att förlägga förvaret nära Studsvik utredda.

I förstudien har därför tre olika lokaliseringsfall behandlats:

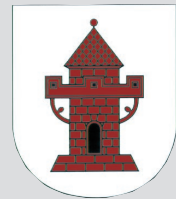
- Både ovanjordsdel och underjordsdel av djupförvaret förläggs till Studsvik.
- Ovanjordsdelen förläggs till Studsvik medan underjordsdelen förläggs en bit bort (upp till cirka 10 km). De båda delarna förbinds med en lutande tunnel.
- Både ovanjordsdel och underjordsdel lokaliseras inom kommunen men på en annan plats än Studsvik.

### Lokalisering vid Studsvik

Det finns goda möjligheter att lokalisera djupförvarets ovanjordsanläggningar vid Studsvik. Två alternativa placeringar inom befintligt industriområde har identifierats. Det ena alternativet innebär att flera av funktionerna placeras i bergtrum som anläggs intill ett befintligt bergtrum. I det andra alternativet läggs alla anläggningar ovan jord i den norra delen av Studsvik.

I båda fallen kan hamnen i Studsvik nyttjas för sjötransport av avfall till djupförvaret. Transporter av buffert- och återfyllnadsmaterial till djupförvaret och bergmassor därifrån kan ske med mindre fartyg via Studsviks hamn eller med landsvägs- och sjötransport via Oxelösunds hamn.

Det är oklart om berggrunden under Studsvik uppfyller de krav som ställs på berget för ett djupförvars underjordsanläggningar. Troligen finns det uthålliga sprickzoner i området, vilket skulle minska den tillgängliga förvarsvolymen. Vidare är området delvis täckt av mäktiga jordlager, vilket försvårar undersökningar. Det finns även oklarheter om vilken påverkan ett meteoritnedslag i Tvåren (en havsvik som gränsar till Studsvik) har haft på berggrunden. Vad som talar för Studsvik är bra bergkvalitet inom den begränsade bergvolum som kan observeras i det befintliga bergtrummet. Innan möjligheten till att placera underjordsdelen av ett djupförvar vid Studsvik avfärdas bör därför ytterligare undersökningar genomföras. Det kräver djupborring, vilket endast kan komma ifråga om det blir aktuellt med en platsundersökning i kommunen.



### Nyköping

Södermanlands län  
Yta 2 100 km<sup>2</sup>  
Invånare ca 49 000

### Studsvik

Ursprungligen centrum för kärnteknisk forskning. Anlades på 1950-talet

Numera arbetar ca 600 personer i Studsvik, dels inom Studsvikskoncernen och dels i andra företag

Studsvik omges av känslig skärgårdsnatur, bl a naturreservatet Stendörren

I Studsvik finns ett bergtrum för mellanlagring av låg- och medelaktivt avfall. Avfallet har uppkommit från verksamheten i Studsvik, men även från industri, forskning och sjukhus. Förvaret togs i drift 1984

Tre intressanta områden nära Studsvik

Tunnel minskar miljöpåverkan från transporter

Ny järnväg eller väg kan innebära ingrepp i känsliga natur- och kulturmiljöer

### Lokalisering inom tio kilometer från Studsvik

Figur 6-3 visar översiktligt gynnsamma områden från berggrunds- och markanvändningssynpunkt. Som framgår av kartan finns det tre intressanta områden i närheten av Studsvik. Det största området är beläget väster om Björksund, cirka tio kilometer västerut från Studsvik. Området har en stor andel berg i dagen och domineras av homogen gnejsgranit. Avstånden mellan uthålliga sprickzoner bedöms vara tillräckliga för att medge ett förvar. Områdets storlek gör att det finns stor flexibilitet att anpassa djupförvarets detaljutformning till lokala bergförhållanden.

De två andra områdena är belägna några kilometer nordväst om Studsvik. De är mindre än det förstnämnda området, vilket innebär lägre flexibilitet vid förvarets detaljutformning. Områdena är emellertid fortfarande intressanta, eftersom de ligger nära Studsvik och därför omfattas av de transportfördelar som detta innebär.

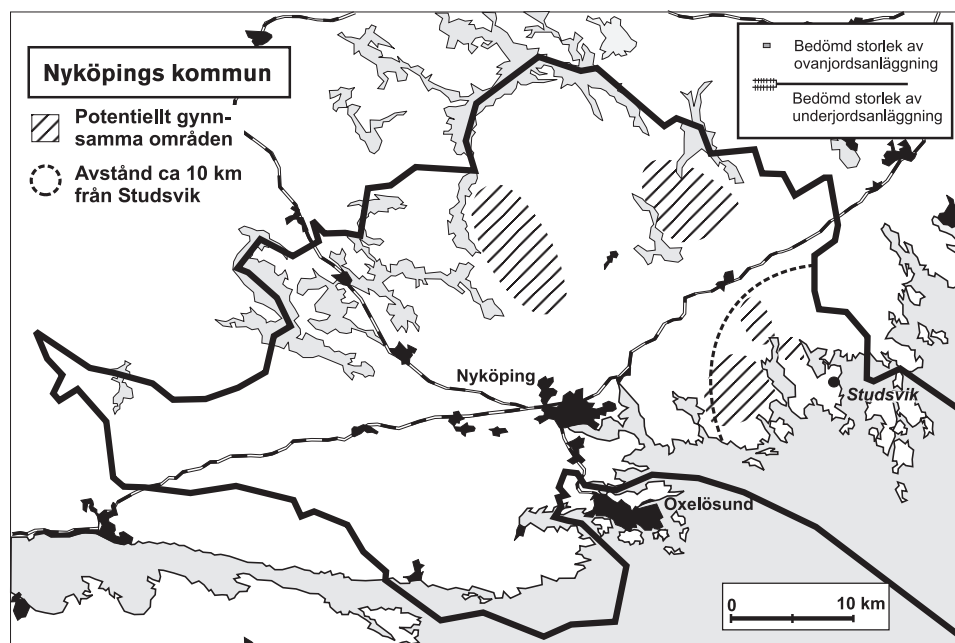
Alla tre områdena kan nås med tunnel från Studsvik, vilket innebär att ovanjordsdelen kan förläggas där. Transporterna av avfall, återfyllnadsmaterial och bergmassor kan gå genom tunneln, vilket minskar påverkan på miljön. Om tunneln blir lång kan det behövas ett ventilationsschakt längs tillfartstunneln samt ytterligare ett schakt för ventilation, annan försörjning och personaltransport till en mindre anläggning ovanför djupförvaret.

### Övriga delar av kommunen

Det finns två områden i norra delen av kommunen som är intressanta såväl med tanke på tillgänglig mark som när det gäller berggrunden. Ett område ligger öster om Lidsjön och inkluderar SKB:s typområde Fjällveden. Undersökningarna från 1980-talet visar att berggrunden där sannolikt är lämplig för ett djupförvar. Det andra intressanta området ligger i den nordöstra delen av kommunen. Om ett djupförvar skulle förläggas till något av dessa områden behövs en ny järnväg eller nya vägar. Anläggningsarbetena för detta skulle kunna innebära ingrepp i känsliga natur- och kulturmiljöer.

### SKB:s preliminära bedömning

De områden som kan nås via en tunnel från Studsvik är mest intressanta för en eventuell platsundersökning. Vissa funktioner och den kärntekniska kompetens som finns i Studsvik kan då utnyttjas även för djupförvaret.



Figur 6-3. Potentiellt gynnsamma områden i Nyköpings kommun.

## Östhammar

Förstudien i Östhammars kommun har genomförts på liknande sätt som i Nyköping. En preliminär slutrapport /6-6/ publicerades i september 1997. Vid årsskiftet 1998/99 beräknas kommunen vara klar med sin granskning av rapporten. Kompletterande utredningar kan komma att behövas både under och efter granskningen. Slutrapporten förväntas vara klar under 1999.

Liksom i Nyköpings kommun har ett omfattande informationsprogram genomförts. Som beskrivits tidigare pågår dessutom ett inledande MKB-samråd hos länsstyrelsen i Uppsala län.

På samma sätt som Studsvikanläggningen i Nyköping ger kärnkraftverket i Forsmark fördelar när det gäller kärnteknisk kompetens och infrastruktur. Detta förhållande har särskilt beaktats i förstudien.

### Lokalisering vid Forsmark

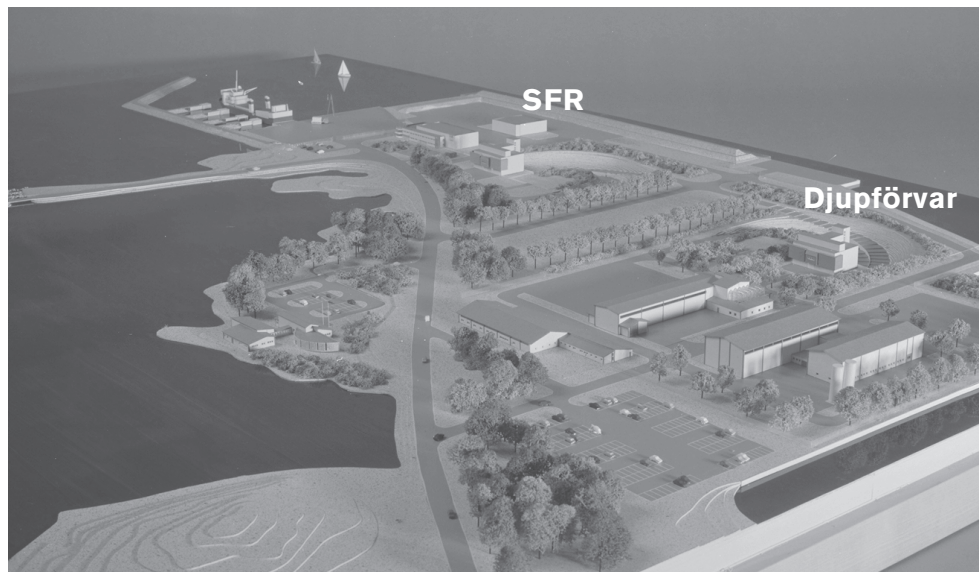
Preliminära resultat från förstudien visar att förutsättningarna att lokalisera ett djupförvar till Forsmark är goda. Ovanjordsanläggningen kan placeras på två olika platser. En ligger nordväst om Forsmarksverket och en vid SFR:s ovanjordsdel. Av dessa är placeringen vid SFR att föredra. Figur 6-4 visar hur djupförvarets ovanjordsanläggning skulle kunna utformas vid SFR:s ovanjordsanläggning.

Underjordsdelen kan då placeras mellan SFR, Forsmarksverket och Bolundsfjärden, se figur 6-5. Befintliga data indikerar att berggrunden där är homogen, med få deformationszoner och utan malmfyndigheter. Nackdelar är att området är relativt litet, att det delvis är vattentäckt och att det finns vissa geologiska frågetecken. De sistnämnda frågorna kräver djupborrning för att besvaras.

Om djupförvaret byggs vid Forsmark kommer huvuddelen av det radioaktiva avfallet i Sverige att samlas på en plats. Det blir inga avfallstransporter på allmänna vägar eller järnväg. Landtransporterna av övrigt material blir också få. Bevakning och service kan samordnas med Forsmarksverket, så länge det är i drift.

### Lokalisering inom tio kilometer från Forsmark

I detta alternativ förläggs ovanjordsdelen av anläggningen till SFR och underjordsdelen upp till cirka en mil därifrån. De båda anläggningarna förbinds med en tunnel. Om tunneln blir lång kan det behövas ett ventilationsschakt längs



**Figur 6-4.** Exempel på utformning av djupförvarets ovanjordsanläggningar vid SFR:s ovanjordsanläggning.



### Östhammar

Uppsala län

Yta 2 790 km<sup>2</sup>

Invånare ca 22 000

I Forsmark finns tre reaktorer med en sammanlagd effekt på 3 090 MW. Forsmarksverket svarar för en sjättedel av den svenska elproduktionen. Antalet anställda är ca 900

Forsmarksverket sköter även driften av SFR

### SFR

Slutförvar för radioaktivt driftavfall

Förvaret har varit i drift sedan 1988



tillfartstunneln samt ytterligare ett schakt för ventilation, annan försörjning och personaltransport till en mindre anläggning ovanför djupförvaret. I detta fall framstår området sydost om Forsmarksverket som det lämpligaste men då under förutsättning att anläggningen kan utformas så att de särskilda naturintressen som finns i detta område kan tillgodoses.

Det är också möjligt att bygga förvaret under havet utanför Forsmark. Det går dock inte att göra några bedömningar av havsområdets lämplighet utifrån det material som finns idag. För detta krävs som ett minimum kompletterande flygmätningar och geologisk kartläggning av öar.

### Övriga delar av kommunen

De geologiska utredningarna framhåller nio områden som är intressanta för fortsatta studier ur geologisk synvinkel. Flera av dessa är emellertid direkt olämpliga från miljö- och markanvändningssynpunkt.

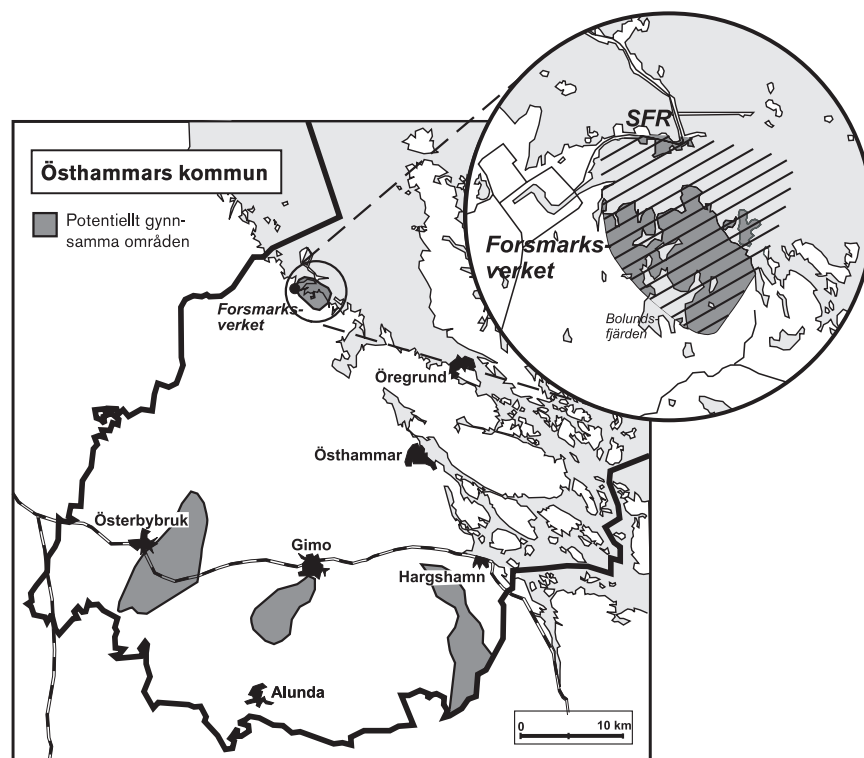
Figur 6-5 visar översiktligt tre områden i södra delen av kommunen där berggrunden är intressant för fortsatta studier och där det inte finns några särskilda markanvändningsintressen redovisade i officiella planer. Alla tre områden ligger utefter järnvägen, vilket är en fördel från miljösynpunkt.

### SKB:s preliminära bedömning

Utifrån det vi vet idag är området i Forsmark mellan SFR och Bolundsfjärden det mest intressanta för vidare studier. Då har vi tagit hänsyn till geologiska faktorer, markanvändningsintressen, miljöpåverkan och transportmöjligheter.

Djupförvarets ovanjordsanläggning kan förläggas i anslutning till den befintliga SFR-anläggningen. Områdets känsliga naturvärden kan därigenom skyddas från större ingrepp. Vissa funktioner hos Forsmarksverket och SFR kan utnyttjas gemensamt och förvaret får tillgång till den kärntekniska kompetens som finns där.

Ovanjordsanläggningen i anslutning till SFR ger fördelar



Figur 6-5. Potentiellt gynnsamma områden i Östhammars kommun samt lokalt vid Forsmarksverket.

## Oskarshamn

I oktober 1996 fattade fullmäktige i Oskarshamns kommun beslut om att medverka i en förstudie om lokalisering av ett djupförvar. Beslutet föregicks av ett förberedande arbete där såväl kommunens politiker och tjänstemän som allmänheten var involverade. Bland annat genomfördes ett omfattande informationsprogram där kommunens ungdomar var starkt engagerade.

Beslutet innehöll följande villkor för förstudien /6-28/:

- Kommunfullmäktige ska godkänna och besluta om ett detaljerat förstudieprogram, vilket i huvudsak bygger på erfarenheten från övriga förstudiekommuner samt besluta om en organisation för kommunens medverkan i studien.
- Kommunfullmäktige ska utgöra referensgrupp för förstudien och arbetet med miljökonsekvensbeskrivningar (MKB).
- Beslutsprocessen och MKB-förfarandet ska samordnas nationellt.
- Kommunstyrelsen ansvarar för löpande beslut i förstudien.
- Oskarshamns grannkommuner ska löpande informeras och efter avslutad förstudie beredas tillfälle att kommentera förstudiens resultat.
- Om Oskarshamns kommun efter avslutad förstudie avböjer vidare studier ska detta respekteras.
- Inga beslut kommer att fattas i Oskarshamn om eventuella fortsatta studier i form av platsundersökningar förrän:
  - samtliga förstudier i landet är avslutade, granskade och kommenterade av berörda myndigheter med avseende på tekniskt och vetenskapligt innehåll,
  - det finns ett platsundersökningsprogram som granskats och kommenterats av myndigheterna,
  - tydliga platsvalskriterier finns redovisade för val av djupförvarsp plats,
  - förutsättningarna under vilka vetoventilen kan användas i den frivilliga lokaliseringsprocessen klagörs.

SKB tog under våren 1997 fram ett arbetsprogram för förstudien /6-29/. Samtidigt bildade Oskarshamns kommun en förstudieorganisation för att följa vårt arbete i syfte att öka kunskapen om kärnavfallsfrågor samt att informera kommunens invånare. Det tekniska utredningsarbetet började sommaren 1997. De utredningar och det informationsarbete som görs liknar det som gjorts i övriga förstudier. En preliminär slutrapport beräknas vara klar under våren 1999. Pågående arbete och resultat redovisas efter hand.

## Tierp

I slutet av maj 1998 informerades kommunstyrelsen i Tierps kommun om SKB:s intresse av att genomföra en förstudie i kommunen. Anledningar till intresset är dels att den regionala översiktsstudien av Uppsala län visar att det kan finnas intressant berggrund i kommunen, dels att ett eventuellt djupförvar i Forsmarksregionen berör både Östhammars och Tierps kommuner. Den 16 juni beslöt kommunfullmäktige i Tierp enhälligt att medverka i en förstudie. För närvarande utarbetas ett arbetsprogram för förstudien. Utredningarna beräknas starta under hösten 1998 och en preliminär slutrapport bör kunna vara klar till årskiftet 1999/2000. Förstudien bör kunna vara avslutad under år 2000.

## Återstående underlag

Länsstudierna avslutas under 1998 eller början av 1999. Därmed finns ett bra underlag för att bedöma lokaliseringsförutsättningar i olika delar av landet. Det arbete som pågår med att initiera nya förstudier kommer att baseras på detta underlag. Liksom tidigare kommer SKB bara att bedriva förstudier i kommuner som vill medverka till detta.



### Oskarshamn

Kalmar län

Yta 1 050 km<sup>2</sup>

Invånare ca 27 000

På Simpevarps-halvön norr om Oskarshamn finns tre reaktorer med en sammanlagd effekt på 2 272 MW. Den första reaktorn togs i drift 1972 och är landets första reaktor i kommersiell drift. OKG Aktiebolag har ca 1 100 anställda. OKG sköter också driften av CLAB, det centrala mellanlagret för använt kärnbränsle.

Samtliga förstudier ska vara avslutade innan Oskarshamn tar ställning till en ev platsundersökning



### Tierp

Uppsala län

Yta 1 540 km<sup>2</sup>

Invånare ca 20 000

Förstudierna i Nyköping, Östhammar och Oskarshamn kan förmodligen avslutas under 1999. Förstudien i Tierp och ytterligare förstudier kan dra fördel av de erfarenheter och den metodik som nu finns väl utprovad. Förutsatt att nya förstudier kan starta under 1998/99 bör SKB kunna välja minst två områden för platsundersökningar under år 2001.

### 6.3.4 Program för det fortsatta arbetet

SKB:s mål att välja områden för platsundersökningar under 2001 innebär att ett stort underlag behöver tas fram och utvärderas. Vi planerar att bedriva arbetet som två parallella projekt: ett för sammanställning av jämförelse- och bakgrundsunderlag och ett för framtagning, strukturering och värdering av urvalsunderlaget (de aktuella förstudierna). Sammanställningar av jämförelse- och bakgrundsunderlag kommer att publiceras innan arbetet med att välja områden för platsundersökningar påbörjas.

Liksom tidigare kommer lokaliseringsarbetet att ske öppet och med kontinuerlig information om hur arbetet fortskrider. Förutom att delta i informationsmöten och i den övriga samhällsdebatten kommer vi särskilt att informera de kommuner som deltar i förstudierna, säkerhetsmyndigheterna samt deltagare i MKB-samråd på olika nivåer. SKB:s lokalkontor i förstudiekommunerna kommer att arbeta med information till närboende och övriga intresserade invånare i kommunen och regionen.

Sett på sex års sikt hoppas vi ha kommit en bra bit på väg med platsundersökningarna. Arbetet med att ta fram nödvändigt underlag för en ansökan om att lokalisera och uppföra ett djupförvar på en av dessa platser har då också påbörjats.

## 6.4 Val av områden för platsundersökningar

Valet av minst två områden för platsundersökningar är i praktiken ett viktigt steg i lokaliseringsprocessen. Det är inte formellt reglerat i nuvarande lagstiftning. Regeringen har dock, i beslut om FUD-program 95, satt upp vissa villkor (avsnitt 6.1.2). Det är SKB:s ansvar att göra urvalet. SKI och flera remissinstanser har efterlyst en tydlig redovisning av hur vi planerar att genomföra detta steg i lokaliseringsprocessen. Här redovisas det underlag som vi planerar att basera valet på. Vidare diskuteras hur underlaget kan struktureras och värderas. Procedur och kriterier för urvalet kommer att diskuteras vidare i MKB-samråd och eventuellt modifieras.

### 6.4.1 Myndighetsutlåtanden inför platsval

SKB menar att platsundersökningar knappast kan starta utan att myndigheterna (SKI/SSI) delger sin uppfattning om vald förvarsmetod och valda platser. Sådana myndighetsutlåtanden har efterfrågats i det nationella MKB-samrådet, bland annat av representanter för kommuner där förstudier bedrivs.

#### *Metod*

I anslutning till FUD-program 98 redovisar vi alternativa metoder för att långsiktigt ta hand om det radioaktiva avfallet samt motiverar och beskriver den metod som SKB anser ger de största fördelarna (systemanalysen). Innan val av platser sker behövs enligt vår mening ett utlåtande från myndigheterna som anger om SKB:s redovisning av denna metod är tillräcklig för att motivera platsundersökningar (myndighetsutlåtande om metodval inför platsundersökning).

Innan platsundersökningar bör myndigheterna ge sin syn på förvarsmetod och valda platser

## Plats

SKB kommer att redovisa ett brett underlag i lokaliseringsfrågan samt ett strukturerat och motiverat val av minst två platser. SKB kommer också redovisa ett program för platsundersökning med kriterier för platsutvärdering. Vi menar att det behövs ett utlåtande från myndigheterna som anger om SKB:s redovisning och motivering för val av platser är tillfyllest för att gå vidare med platsundersökningar (myndighetsutlåtande om platsval inför platsundersökningar).

### 6.4.2 Tillgängligt och planerat underlag inför platsval

Innan områden för platsundersökningar väljs kommer ett omfattande underlag att sammanställas och redovisas. Redovisningen kommer att bestå av bakgrundsmaterial, jämförelseunderlag och urvalsunderlag.

Bakgrundsmaterialet är den allmänna kunskapsbas på vilken olika bedömningar och urval ska baseras. Hit hör exempelvis allmänna översikter eller speciella utredningar av i synnerhet geovetenskapliga frågor. Översiktsstudie 95, liksom de länsvisa genomgångarna, ingår också i bakgrundsmaterialet. Detsamma gäller de mera speciellt inriktade lokaliseringsstudierna, till exempel den i avsnitt 6.3.2 redovisade utredningen rörande Nord-syd/Kust-inland /6-19/.

Jämförelseunderlaget består av sammanställningar av lokaliseringsförutsättningar i andra områden. Där ingår de typområden där vi tidigare gjort undersökningar, områden som identifierats i regionala översikter eller som identifierats i de kommuner som avböjt vidare medverkan i lokaliseringsprocessen. Även information som kommit fram vid de finska platsundersökningarna kan bli aktuell, eftersom det rör sig om samma typ av berggrund.

Urvalsunderlaget består av resultat från förstudier i de kommuner som medverkar i lokaliseringsprocessen. En stor del av det material som ingår i de olika underlagen finns redan, se figur 6-6. I tabell 6-3 finns en översikt av detta. Det befintliga materialet har tidigare beskrivits kortfattat i tabell 6-2.

Förutom det lokaliseringsunderlag som beskrivs ovan kommer SKB att redovisa ett omfattande material beträffande förvarsmetoden och platsundersökningarna. Materialet inkluderar en säkerhetsanalys, ett platsundersökningsprogram, kriterier för platsutvärdering samt en samlad redovisning av urvalsunderlag med motiv för val av områden. Detta samlade underlag som SKB kommer att hänvisa till vid val av områden för platsundersökningar tas fram successivt under de kommande tre åren på det sätt som framgår av tabell 6-4. Förutom det underlag som beskrivs i tabellen tillkommer synpunkter från MKB-samråd.

**Tabell 6-3. Underlag för val av områden för platsundersökningar**

Befintliga utredningar	Bakgrundsmaterial	Jämförelseunderlag	Urvalsunderlag
Typområdesundersökningar, 1979-85		X	
Speciella utredningar, 1977-95	X		
Finska platsundersökningar		X	
Översiktsstudie 95	X		
Översiktsstudie, kärntekniska kommuner		X	
Utredning "Nord-syd/Kust-inland "	X		
Länsvisa översiktsstudier	X	X	
Förstudier		X	X

Underlag vid val av platsundersökningar

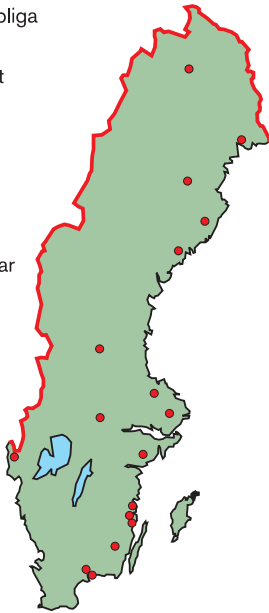
- Urval
- Jämförelser
- Bakgrundsinformation

### Geovetenskapligt bakgrundsmaterial

Tekniska - vetenskapliga rapporter om:

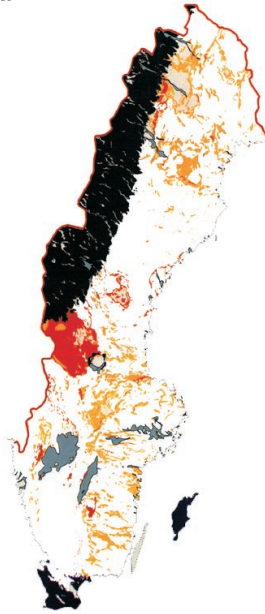
- ▶ Geologi - allmänt
- ▶ Tektonik
- ▶ Hydrogeologi
- ▶ Geokemi
- ▶ Bergmekanik
- ▶ Klimatförändringar
- ▶ ...

### Typområdesundersökningar



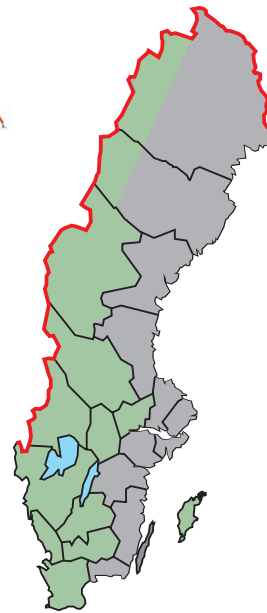
Platser med mätdata från ytan och/eller i borrhål.

### Översiktsstudier



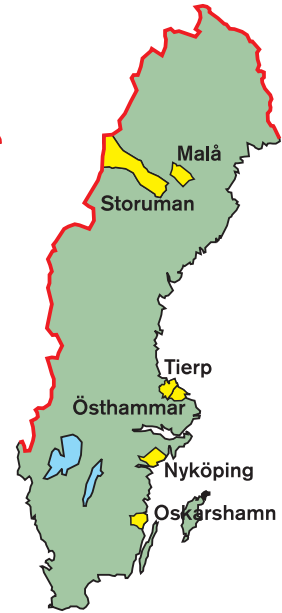
Hela landet. Fjällkedjan, Gotland och delar av Skåne uteslutna.

### Regional studier



De första 10 länen.

### Förstudier



Figur 6-6. Lokaliseringsunderlag i olika skalor.

Tabell 6-4. Tidsplan och sekvens för kommande redovisningar

År	SKB-redovisning	Remissutlåtande, myndigheternas utlåtanden, regeringsbeslut
1998	<ul style="list-style-type: none"><li>- FUD-program 98</li><li>- Alternativredovisning</li><li>- Systemredovisning (KBS-3) inkl nollalternativ</li><li>- Lägesrapport avseende kriterier för platsutvärdering</li><li>- Utredning "Nord-syd/Kust-inland"</li><li>- 10 regionala översiktsstudier</li></ul>	
1999	<ul style="list-style-type: none"><li>- 13 regionala översiktsstudier (resterande länsstudier)</li><li>- Säkerhetsanalys (SR 97)</li><li>- Generellt platsundersökningsprogram och program för platsutvärdering med kriterier</li><li>- Slutrapport förstudier Nyköping, Östhammar</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Remissynpunkter på FUD 98</li><li>• SKI-yttrande FUD 98</li><li>• KASAM-yttrande FUD 98</li><li>• Regeringsbeslut om FUD 98</li></ul>
2000	<ul style="list-style-type: none"><li>- Sammanställning av jämförelseunderlag</li><li>- Slutrapport förstudier Oskarshamn, Tierp, Kommun X, Y ...</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Internationell granskning av säkerhetsanalysen</li><li>• SKI:s/SSI:s synpunkter på säkerhetsanalys och platsundersöknings- utvärderingsprogram</li></ul>
2001	<ul style="list-style-type: none"><li>- Samlad redovisning av urvalsunderlag med strukturerat/motiverat val av områden för platsundersökningar</li><li>- FUD-program 01</li><li>- Program för platsundersökningar i kommun A och B</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Myndigheternas utlåtande om SKB:s underlag och val av platser</li><li>• Berörda kommuner tar ställning till platsundersökningar</li></ul>
2002	<ul style="list-style-type: none"><li>- Platsundersökningar startar</li></ul>	



### 6.4.3 Urvalsprocedur

Valet av områden för platsundersökningar kommer att ske i nära samråd med myndigheter, kommuner och andra berörda inom ramen för MKB-processen. Urvalet baseras på ovannämnda underlag. De valda områdena ska, vid en samlad värdering av tillgängliga data, ha goda utsikter att uppfylla de krav på säkerhet och miljöskydd som kommer att ställas på lokaliseringen av djupförvaret. Vidare ska platserna ligga i kommuner som accepterar att medverka i lokaliseringsprocessen.

Det är viktigt att val av områden för platsundersökningar görs på ett väl motiverat och väl dokumenterat sätt. Nedan beskrivs det tillvägagångssätt som planeras. Proceduren innehåller tre moment: strukturering av fakta, värdering av fakta samt val av områden, se figur 6-7.

#### Strukturering av faktaunderlaget

Resultaten från samtliga förstudier som ingår i urvalsunderlaget sammanställs på ett strukturerat sätt. Därvid tillämpas den sedan länge använda strukturen med lokaliseringsfaktorer ordnade i huvudgrupperna säkerhet (geologi), teknik, mark och miljö samt samhälle, se figur 6-8. Beskrivningar görs av de områden som i förstudierna identifierats som intressanta för vidare studier. För varje område anges områdets egenskaper i olika avseenden och de oklarheter och osäkerheter som finns rörande faktaunderlaget. Olika parter kan göra skilda värderingar av de olika faktorerna. Struktureringen av underlaget ska därför förenkla för andra att göra sina egna värderingar.

#### Värdering av faktaunderlaget

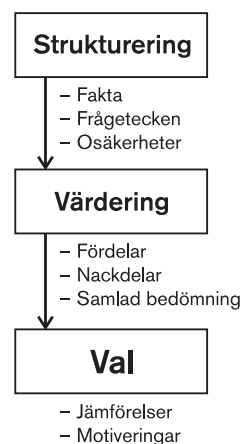
För varje område värderas respektive huvudgrupp av lokaliseringsfaktorer. De viktigaste för- respektive nackdelarna anges. Värderingen baseras på resultaten från respektive förstudie. Exempel på värderingsgrunder ges i nästa avsnitt.

Det kommer att finnas goda möjligheter att värdera olika områdens förutsättningar beträffande infrastruktur, markanvändning, miljökonsekvenser och samhällsliga förhållanden. Möjligheterna är sämre när det gäller att värdera förhållanden av betydelse för den långsiktiga säkerheten, eftersom data från berggrunden på förvarsdjup i stort sett saknas. I de inledande stegen av lokaliseringsprocessen måste därför områden väljas på ett ofullständigt och osäkert underlag. Vi kan dock ge en prognos av troliga förhållanden, inklusive en beskrivning av osäkerheter och frågor som särskilt bör studeras vid fortsatta studier. Lokaliseringsprocessen måste vara upplagd så att den avbryts om olämpliga förhållanden påträffas. Omstart kan då ske på en ny plats.

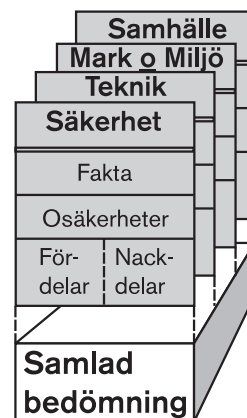
#### Val av områden

Valet av områden för platsundersökningar görs utifrån en samlad bedömning av alla lokaliseringsfaktorer, se figur 6-9. Eftersom samtliga områden som ingår i urvalsunderlaget uppfyller de krav som kan ställas i detta skede av lokaliseringsprocessen så kan de alla vara lämpliga. Det kommer inte att finnas underlag för att strikt vetenskapligt/säkerhetsmässigt visa att utvalda platser är de lämpligaste. Det ska därför klart framgå vilka fakta, bedömningar och värderingar som ligger till grund för valet av platser. Det ska också framgå vilka oklarheter och osäkerheter som finns kring de valda områdenas egenskaper och förhållanden.

Bristen på data från förvarsdjup kan till viss del vägas upp av jämförelser med andra områden i liknande geologiska miljöer – men där data från förvarsdjup finns tillgängliga. Även mera generella databaser kan utnyttjas. Detta jämförelse- och bakgrundsmaterial kan därmed användas för att kontrollera och underbygga valet av platser. Som underlag utnyttjas bland annat de säkerhetsanalyser som genomförts för några av de områden som ingår i jämförelsematerialet.

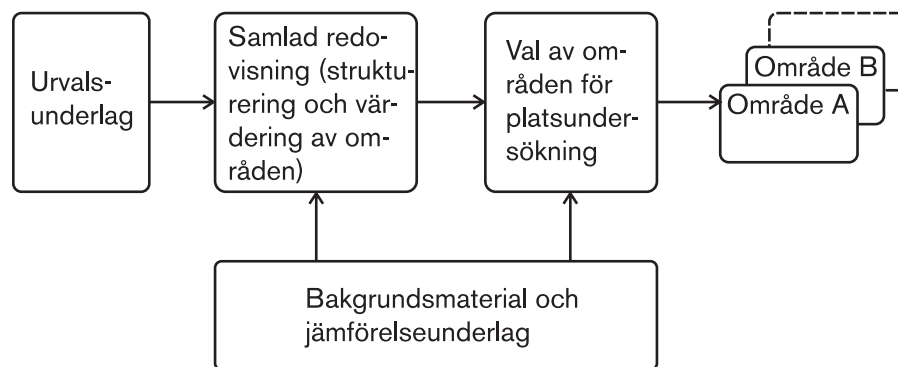


Figur 6-7. Moment vid platsval.



Figur 6-8. Strukturering av faktaunderlaget.

Undersökningarna avbryts om platsen är olämplig



Figur 6-9. Procedur vid platsval.

De områden som inte väljs kvarstår som intressanta för vidare studier och kan bli aktuella om undersökningarna på någon av de först utvalda platserna måste avbrytas. Skulle en ny plats behöva väljas ut görs det på samma sätt som tidigare, dvs genom en strukturerad genomgång av intressanta områden från förstudierna.

#### 6.4.4 Exempel på möjliga värderingsgrunder

När det slutliga valet ska ske mellan de platser som undersökts ligger det ett värde i att det finns distinkta alternativ. Ett grundkriterium som SKB har är därför att urvalet ska ske så att platserna ligger i olika kommuner. Urvalet kommer att vara en fråga om bedömningar och värderingar. Det är inte möjligt att i detalj reglera hur olika aspekter ska värderas och vägas mot varandra. Många viktiga aspekter kommer att vara specifika för varje område och kan inte förutses eller värderas i förväg. Därför är det viktigt att urvalsproceduren är känd från början och att det blir möjligt för utomstående att granska SKB:s urval och tydligt se vilka bedömningar och värderingar som tillämpats.

I det följande ges exempel på möjliga värderingsgrunder (kriterier i detta skede av lokaliseringsprocessen) vid val av platser för platsundersökningar.

##### Långsiktig säkerhet

Urvalet kommer att göras bland områden som i förstudier har identifierats som lämpliga för vidare studier. Samtliga områden har en god prognos att uppfylla de långsiktiga säkerhetskraven. Eftersom inga borrhningar görs i förstudierna kommer det att finnas mer eller mindre stora frågetecken (osäkerheter) om berggrunden på förvarsdjup. Vid val av områden för platsundersökningar bedöms osäkerheternas betydelse, vilka undersökningsinsatser som krävs för att undanröja dessa och vilka insatser som krävs för att erhålla ett fullgott underlag inför val av område för detaljundersökningar. Bland annat har områdets storlek betydelse eftersom ett stort område ger bättre möjligheter att hantera överraskningar. Ur denna aspekt värderas ett stort homogent område med få osäkerheter högre än ett mindre och delvis inhomogent område. Områdena värderas även i förhållande till det befintliga jämförelsematerialet och de säkerhetsbedömningar som gjorts för vissa av de där ingående områdena.

##### Teknik och säkerhet i driftskedet

Förutsättningarna för byggnation av djupförvarets anläggningar värderas liksom förutsättningarna för transporter till och från djupförvaret. För byggnation av djupförvarets ovanjordsdel finns ofta goda möjligheter till en tillförlitlig värdering i detta skede medan förutsättningarna är sämre för underjordsdelen. Generellt värderas områden med befintlig infrastruktur högre än områden där sådan behöver nyanläggas.

Svårt att värdera berggrunden på djupet efter förstudie

Goda möjligheter att värdera förutsättningar för transporter och bygge ovan jord

Säkerhet och strålskydd vid transporter och vid anläggningarna är viktiga aspekter. Även om det i dag är svårt att se att dessa faktorer kan variera mellan olika platser kommer analyser så långt som möjligt att göras för varje aktuell plats.

## Mark och miljö

Det är gynnsamt om det finns få konkurrerande markanvändningsintressen och om ett djupförvar i det aktuella området kan anses överensstämmande med kommunens översiktsplan. Vidare är det gynnsamt om platsundersökningarna kan genomföras med liten påverkan på miljön.

Områden med ringa natur- och kulturvårdsintressen värderas högre från markanvändningssynpunkt än områden med starka sådana intressen. Områden som inte kräver långa transporter på allmänna vägar eller järnväg värderas högre från miljösynpunkt än områden som kräver sådana. Områden med bra möjligheter att hantera bergmassorna värderas högre än områden som saknar sådana.

## Samhälle

Det är vanskligt att värdera olika områdens förutsättningar från samhällssynpunkt. Förändringar kan ske snabbt i ett samhälle. Vidare är värderingar ur denna aspekt till stor del en fråga om synsätt. Som framgår av bland annat remissvaren till FUD-program 95 finns det olika åsikter om hur opinion ska värderas. SKB menar att en positiv opinion i den aktuella kommunen är en förutsättning för etablering av ett djupförvar. Vidare är det gynnsamt med tillgång till arbetskraft som passar djupförvarets behov (exempelvis bergarbetare och personal med kärnteknisk utbildning). Kommuner där samhällsprognoser pekar på en långsiktig stabil tillgång på arbetskraft, och där man kan och vill ta till vara en djupförvarsetablering för lokal och regional utveckling, bör enligt vår uppfattning värderas högre än kommuner där så inte är fallet.

Förstudierna av inlandskommunerna Storuman och Malå visade att eventuella framtida transporter av använt kärnbränsle på allmän väg eller järnväg oroar människor som bor i närheten av tilltänkta transportleder. Även om denna oro inte är sakligt befogad är den reell och kan kräva mer informationsinsatser än vid förläggning till en kustkommun. Andra samhällseliga frågor är påverkan på besöksnäring och fastighetspriser, liksom psykosocial påverkan.

## 6.5 Platsundersökningar och platsutvärdering

Att genomföra en platsundersökning beräknas ta mellan fyra och åtta år. SKB räknar med att om valet av två platser sker år 2001 så kan arbetet komma i gång år 2002. Undersökningen kan delas in i två steg: inledande och kompletta platsundersökningar. Vad som ingår i de olika stegen finns beskrivet i FUD-program 95.

Det inledande steget syftar till att ge en översiktlig bild av berggrunden i det aktuella området. Med denna som grund avgränsas det område som ska undersökas vidare. Om utvärderingen av det inledande steget visar att området inte motsvarar förväntningarna övervägs möjligheterna att påbörja undersökningar i ett annat område. Exempel på förhållanden som kan leda till att undersökningarna avbryts ges senare i detta kapitel. Parallellt med de geovetenskapliga undersökningarna utreds även förutsättningarna för transporter till och från djupförvaret samt miljö- och samhällsaspekter.

Med utgångspunkt från platsundersökningen gör SKB plats-specifika säkerhetsanalyser. För att en plats ska bli aktuell för detaljundersökning måste dessa analyser visa att förutsättningarna för att förvaret är säkert på lång sikt är goda. Vidare ska undersökningarna visa att förvaret kan byggas utan större svårigheter

Goda möjligheter att värdera områden avseende mark och miljö

Vanskligt att värdera områden från samhällssynpunkt

Platsundersökning tar 4–8 år

Säkerhetsanalyser för varje plats

och att personalens säkerhet och hälsa kan säkerställas under bygge och drift. En annan förutsättning är att detaljundersökningen sannolikt kan undanröja de frågetecken som finns kvar efter platsundersökningarna.

### 6.5.1 Geovetenskapliga platsundersökningar

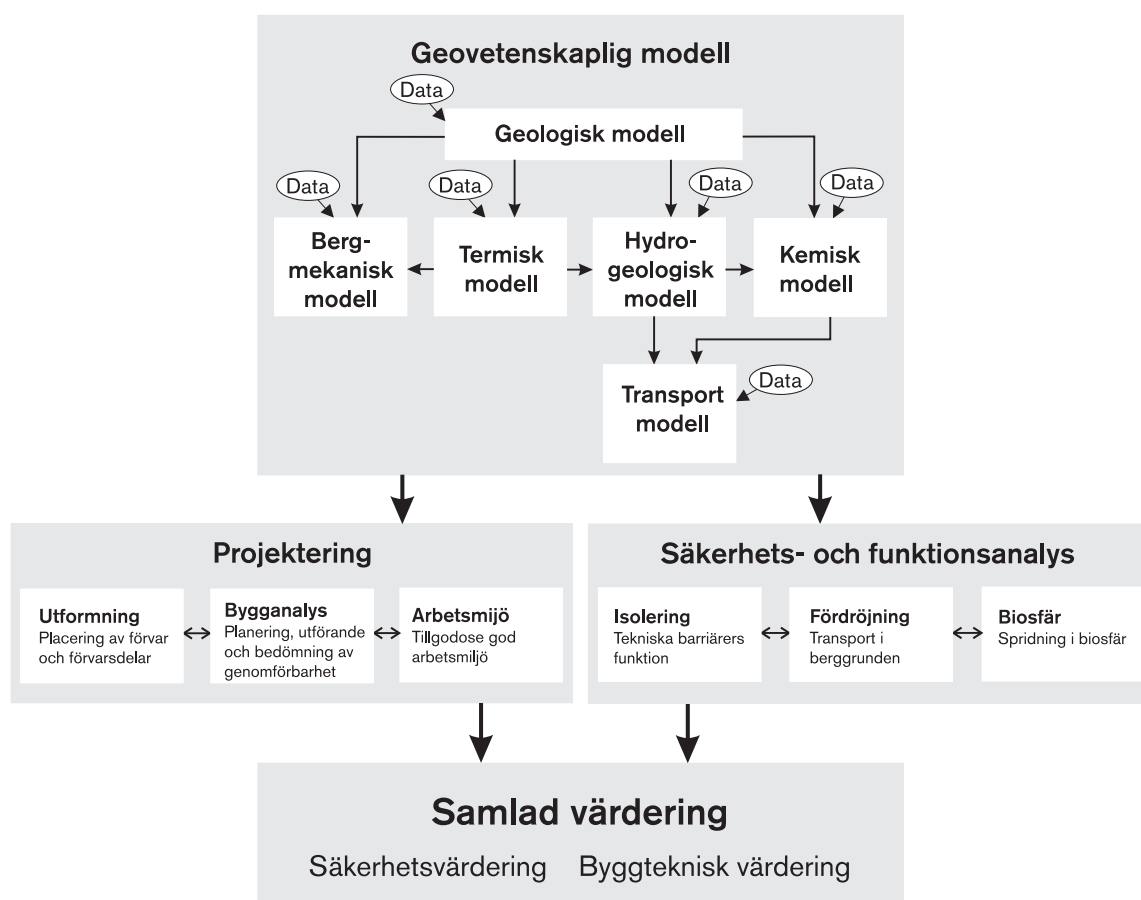
Målen med platsundersökningarna är att få fram de geovetenskapliga data som behövs för att kunna avgöra:

- hur förhållandena i berget är i dag och hur dessa kan förändras i framtiden,
- hur förvaret ska utformas i detalj och om det kommer att vara säkert ur radiologisk synvinkel under lång tid.

Skedet med platsundersökningar inleds när SKB presenterat de områden som valts som kandidater för ett djupförvar och undersökningsverksamheten, bland annat borrningar påbörjas. Även dessförinnan kan vissa begränsade geologiska undersökningar genomföras i syfte att komplettera någon av förstudierna, dock ej djupbörning i intressanta områden.

SKB har gjort en sammanställning av de geovetenskapliga parametrar som på ett eller annat sätt kommer att få betydelse under en platsundersökning /6-30/. Det pågår också en utveckling av kriterier och värderingsfaktorer som ska tillämpas när platsernas lämplighet ska utvärderas, se avsnitt 6.6.

Resultaten av undersökningarna kommer att ställas samman i en geovetenskaplig beskrivning av platsen. Den geovetenskapliga beskrivningen kommer att byggas upp i form av ämnesspecifika modeller som är starkt kopplade till varandra, se figur 6-10.



Figur 6-10. Schematisk illustration över hur information överförs mellan olika geovetenskapliga modeller och hur dessa utnyttjas för säkerhetsanalys och bergprojektering.

## 6.5.2 Erfarenheter från platsundersökningar

Äspölaboratoriet har gett SKB möjlighet att pröva och utveckla metodik för platsundersökningar. Baserat på förundersökningarna gjorde vi prognoser om geologiska, grundvattenkemiska och bergmekaniska förhållanden liksom om grundvattenflöden och förutsättningarna för hur lösta ämnen transporteras i berget innan laboratoriet byggdes. Sedan jämfördes prognoserna med observationer och mätningar i tunnlar och borrhål under jord. Utvärderingar visar att undersökningar på markytan kombinerat med analyser och modellberäkningar av olika slag gör det möjligt att ge en tillförlitlig beskrivning av de egenskaper och förhållanden i berget som är viktiga för ett djupförvar /6-31, 6-32, 6-33/.

En rad forskningsprojekt har också bidragit med värdefulla erfarenheter av geovetenskapliga undersökningar. Detta gäller särskilt studierna av sprickzoners egenskaper vid Finnsjön /6-34/, Stripa-projektet /6-35/ samt djupborrningarna vid Laxemar /6-36/.

Det finns även utländska erfarenheter som kan tas tillvara. För närvarande genomförs platsundersökningar på fyra platser i Finland. En av dessa platser väntas år 2000 väljas som förvarsplats. En beskrivning av det finska programmet för slutförvaring av använt kärnbränsle finns i /6-37/.

## 6.5.3 Geovetenskaplig platsutvärdering

Platsundersökningarna kommer att ge upphov till omfattande datamängder som ska analyseras och utvärderas. Den geovetenskapliga platsutvärderingen är den process som krävs för att hantera informationsflödet under platsundersökningarna, fatta beslut om hur arbetet ska drivas vidare och utvärdera platsens lämplighet.

För att detta ska kunna ske på rimlig tid krävs att:

- informationsflödet fungerar mellan olika aktiviteter,
- information från de pågående undersökningarna vägs samman genom en väl förberedd metodik vid tidpunkter som är tydligt angivna och lämpligt valda.

Platsutvärderingen ska kontrollera att grundläggande säkerhetskrav och andra väsentliga tekniska förutsättningar är uppfyllda samt att djupförvaret på bästa sätt anpassas till platsens förutsättningar. Utvärderingen bör också ge underlag för att kunna jämföra olika platser, i första hand med avseende på långsiktig funktion och säkerhet, men även med avseende på övriga värderingsfaktorer. Figur 6-11 visar vilka aktiviteter som ingår i utvärderingen, samverkan mellan dem samt vilka produkter de bidrar med.

## 6.5.4 Program för det fortsatta arbetet

Under den kommande treårsperioden kommer SKB att redovisa ett generellt program för platsundersökningar och platsutvärdering. Om detta ska vi (enligt regeringens beslut rörande FUD-program 95) samråda med SKI och SSI.

Platsundersökningar bör kunna starta år 2002. Innan dess ska det generella programmet anpassas till förhållandena på respektive plats. Programmen ska även innehålla en beskrivning av undersökningarnas konsekvenser för miljön och vilka åtgärder som planeras för att påverkan ska bli så liten som möjligt.

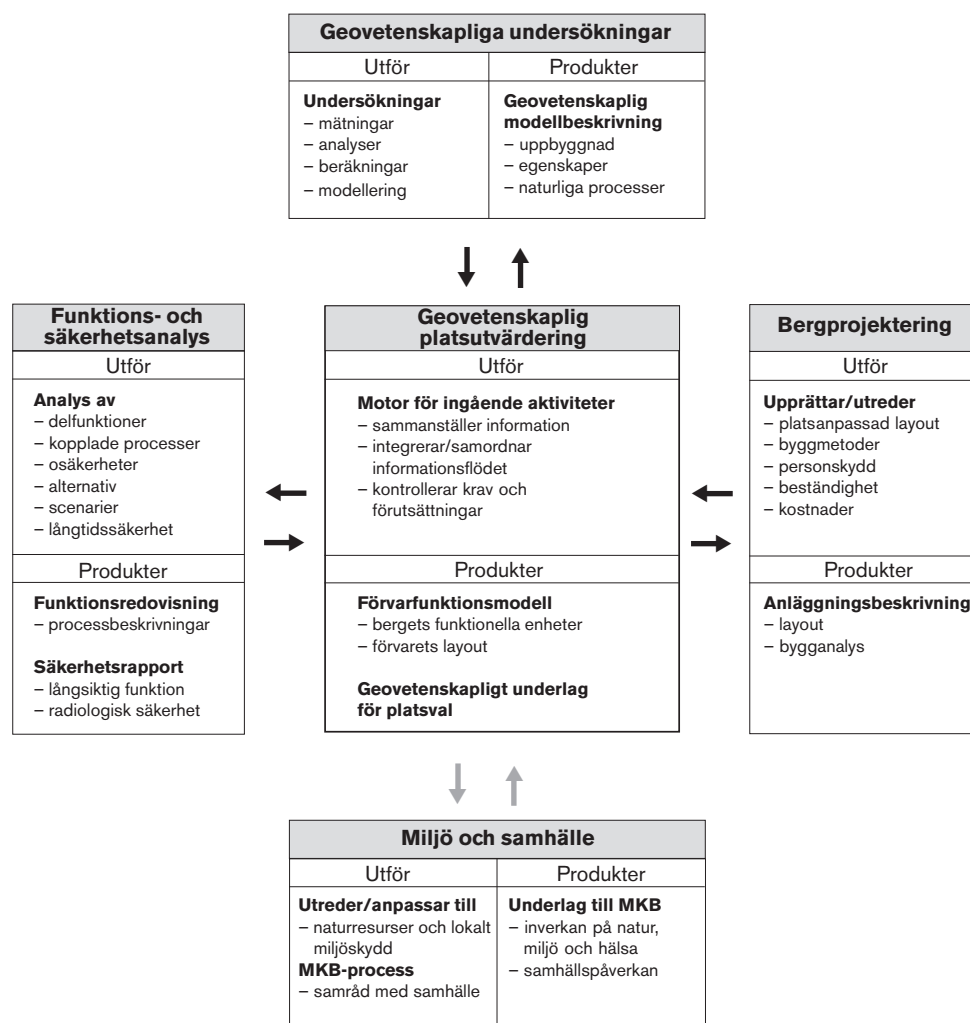
Platsundersökningsprogrammen kommer att presenteras för bland annat närboende och kommunen inom ramen för MKB-processen och deras synpunkter ska beaktas vid programmets slutliga utformning och genomförande.

Förundersökningarna för Äspölaboratoriet – en generalrepetition för platsundersökningar

Vi kan lära av andra länders platsundersökningar

Generellt platsundersökningsprogram ska anpassas till förhållandena på valda platser





*Figur 6-11. Platsutvärderingens roll som motor för samordning och informationsutbyte under platsundersökningar.*

Andra uppgifter under de närmaste åren är att organisera arbetet inför platsundersökningarna, fortsätta instrument- och metodutvecklingen (se avsnitt 6.7) samt att upprätta program för datahantering och kvalitetskontroll.

## 6.6 Kriterier vid platsundersökningar

Innan platsundersökningar startar ska SKB presentera värderingsfaktorer och kriterier vid platsutvärdering. I dag finns en lägesrapport publicerad där bland annat krav och önskemål på ett förvarsberg finns presenterade /6-38/.

### 6.6.1 Begrepp och definitioner

Vid lokalisering, undersökning och utvärdering används ofta olika begrepp för att ange om en plats har förutsättningar för att uppfylla de säkerhetskrav som ställs på ett djupförvar. Begrepp som krav, önskemål, värderingsfaktorer samt kriterier har därför förtydligats. Vårt förslag till definition av begreppen finns i tabell 6-5. Begreppet lokaliseringsfaktor har inte tagits med i tabellen, eftersom lokaliseringsfaktorer ska ses som samlingsnamn för alla de hänsyn som ska tas vid värdering av platser, dvs även tekniska, miljömässiga och samhälleliga förhållanden. Vissa lokaliseringsfaktorer kan inte hanteras objektivt, utan subjektiva bedömningar blir nödvändiga. Ett exempel är de olika synsätt som kan finnas på djupförvarets påverkan på den lokala samhällsutvecklingen.

Kriterier för hur platsundersökningarna ska utvärderas måste finnas innan undersökningarna startar

Krav och önskemål på förvarets funktion och säkerhet kan sättas upp från början och är desamma genom hela lokaliseringsprocessen. Värderingsfaktorer och kriterier är beroende av vad man kan veta i ett visst skede och måste därför väljas med hänsyn till den kunskap som finns tillgänglig när en bedömning måste göras.

I de inledande stegen av lokaliseringsprocessen finns vanligtvis endast översiktliga data tillgängliga. I dessa steg är det inte möjligt att ange detaljerade kriterier. Platsundersökningar däremot ger sådana data att detaljerade kriterier är meningsfulla.

Vid drift av djupförvaret kan nya kriterier anges för att uppfylla de krav som SKB och/eller säkerhetsmyndigheterna ställer på funktion, säkerhet och strålskydd. Det kan exempelvis gälla stabiliteten hos tunnlar och vatteninläckage hos deponeringshål.

Utvärderingen av djupförvarets säkerhet och tekniska funktion baseras bland annat på sammanvägda resultat från säkerhets-, funktions- och bygganalys. Dessa utgår i sin tur från en geovetenskaplig modell av förvarsområdet baserad på mätdata och observationer från den aktuella platsen.

Utifrån allmänna säkerhetskrav kan man utarbeta specifika funktionskrav, vilka i sin tur kan leda till att man ställer upp gränsvärden/krav på vissa parametrar (för berget). Detta är dock inte alltid meningsfullt eftersom förvaret med bibehållen säkerhetsnivå ofta kan anpassas till förhållanden på en specifik plats. Säkerheten för ett djupförvar på en viss plats måste till slut alltid utvärderas med en integrerad säkerhetsanalys som använder data från just den platsen. Definitioner av parameter och funktion ges i tabell 6-6.

**Tabell 6-5. Begrepp i kortform som föreslås användas vid undersökning och utvärdering. Exempelen avser ett KBS-3-förvar och baseras på dagens kunskap**

Begrepp	Definition	Exempel
Krav	Avser sådana villkor som måste uppfyllas. Kan avse såväl funktion som parameter.	Salthalten i grundvattnet på förvarsdjup får ej överskrida 100 g/l (TDS) för att bentoniten ska behålla sin isolerande förmåga.
Önskemål	Avser sådana villkor som bör uppfyllas. Kan avse såväl funktion som parameter. Uppfyllda önskemål leder i allmänhet till lägre kostnader, enklare undersökningar och/eller enklare konstruktion av förvaret. Samtliga önskemål behöver inte vara uppfyllda för att en plats ska godkännas för ett djupförvar.	Radonhalterna bör ej förorsaka onormala ventilationsbehov.
Värderingsfaktorer	Mät- eller skattningsbara platsspecifika egenskaper och förhållanden som i ett visst lokaliseringsskede kan användas för att bedöma om platsen kommer att uppfylla krav och önskemål.	<i>Vid förstudie:</i> Salthalter i brunnar. Berggrundens naturliga strålning. <i>Vid platsundersökning:</i> Salthalt på förvarsdjup. Radiumhalt och vattengenomsläpplighet på förvarsdjup.
Kriterier	Kännetecken (mått) på om en eller flera värderingsfaktorer kommer att uppfylla krav och vissa önskemål vid färdig anläggning. Kriterier kan vara olika i olika lokaliseringsskeden.	<i>Vid förstudie:</i> Salthalter i brunnar bör ej vara högre än havsvatten. Områden med kraftigt förhöjda strålningsnivåer bör undvikas. <i>Vid platsundersökning:</i> Salthalt i grundvattnet på förvarsdjup får ej överskrida 100 g/l TDS. Radiumhalter tillsammans med vattengenomsläpplighet bör ej indikera ohanterligt höga radonhalter i färdigt förvar.

#### TDS

Total Dissolved Solids  
Total salthalt

**Tabell 6-6. Definitioner av parameter och funktion vid identifiering av krav, önskemål, värderingsfaktorer och kriterier**

Begrepp	Definition	Exempel
Parameter	Fysikalisk/kemisk egenskap och förhållande.	Termisk ledningsförmåga.
Funktion	Uppgift som djupförvaret är ämnat att fullgöra.	Temperatur på kapselyta med de förhållanden som råder på en specifik plats.

### 6.6.2 Krav och önskemål på djupförvarets funktion

Utifrån allmänna säkerhetskrav har SKB i tidigare arbeten, främst i den kompletterande redovisningen till FUD-program 92 och i förstudierna, formulerat funktionskrav och önskemål beträffande djupförvarets isolerande funktion, dess fördröjande funktion samt recipientförhållanden. Arbetet med projektering av djupförvaret utgår på motsvarande sätt från krav och önskemål vad gäller utformning, bygganalys och arbetsmiljö.

#### Grundläggande krav på djupförvaret

Det finns grundläggande krav som måste uppfyllas av ett djupförvar. Dessa definieras av lagar och föreskrifter från myndigheterna. Föreskrifter för djupförvaret utarbetas för närvarande av SKI och SSI. Huruvida de grundläggande kraven uppfylls för ett djupförvar på en specifik plats prövas i samband med att myndigheterna granskar de säkerhetsanalyser och miljökonsekvensbeskrivningar som SKB kommer att redovisa när vi ansöker om lokaliseringstillstånd.

#### SKB:s krav och önskemål på säkerhet

SKB har i olika sammanhang presenterat en detaljerad kravbild av djupförvarets funktion. En viktig del av denna redovisning togs fram i samband med kompletteringen av FUD-program 92. Här redovisades grundläggande säkerhetskrav på ett djupförvar, allmänt gynnsamma förhållanden samt förhållanden som innebär att undersökningarna avbryts på en plats. Utifrån dessa krav och förhållanden identifierades lokaliseringsfaktorer, se figur 6-12.

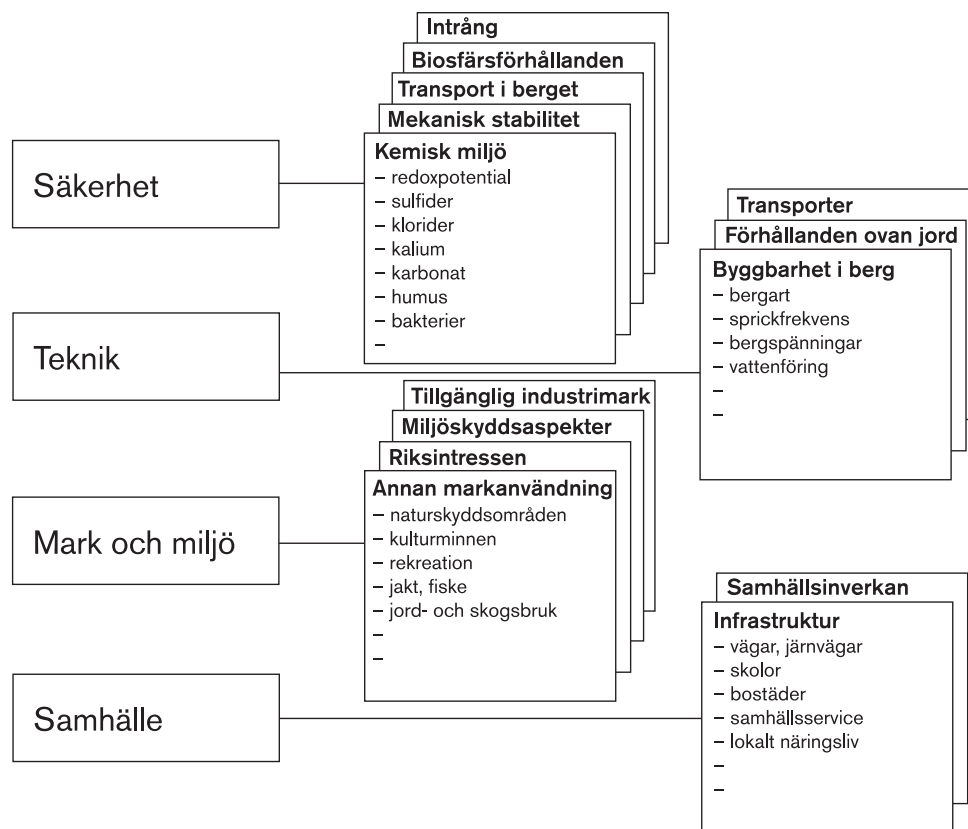
SKB:s krav och önskemål på djupförvarets funktion kan formuleras enligt följande:

- *Isolering kapsel* – Kapseln ska isolera avfallet från omgivningen.
- *Isolering bentonit* – Bentoniten ska ge bidrag till isoleringen av avfallet, främst genom att skapa gynnsamma betingelser för kapseln.
- *Isolering berg* – Berget ska bidra till avfallens isolering, främst genom att skapa gynnsamma betingelser för bentonit och kapsel.
- *Intrång* – Avfallet ska vara skyddat mot intrång för att förhindra frivillig eller ofrivillig exponering.
- *Fördröjning bränsle* – Avfallens upplösning, dvs radionuklidens frigörelse, ska ske mycket långsamt.
- *Fördröjning kapsel* – Kapseln ska, om isoleringen inte fungerar, hindra eller fördröja transporten av radionuklider från bränsle till bentonit.
- *Fördröjning bentonit* – Bentoniten ska hindra eller fördröja frigjorda radionuklidens transport till berget/geosfären.
- *Fördröjning berg* – Transport av radionuklider (samt även transport av grundvatten med mindre lämplig kemi) ska fördröjas.

Föreskrifter för djupförvaret utarbetas för närvarande av SKI och SSI

#### Bentonit

Lera vanligen av vulkaniskt ursprung



Figur 6-12. Den struktur för diskussion kring krav på säkerhetsfunktioner och lokaliseringsfaktorer som infördes i samband med kompletteringen av FUD-program 92.

- *Biosfär* – Effektiva stråldoser till individer i kritisk grupp ska understiga nivåer angivna i SSI:s föreskrifter. Dessutom ska inverkan av djupförvaret på biologisk mångfald vara liten. Det är ett önskemål att det sker en utspädning till låga halter innan lätttrörliga radionuklider når biosfären.

### Detaljerade krav och önskemål på djupförvarets funktion

I den genomgång som nu genomförs /6-38/ har en detaljering av krav och önskemål gjorts med hjälp av tabeller indelade i ämnesområdena kemi, hydrogeologi, transportegenskaper i berget, termiska egenskaper, bergmekanik och geologi. Varje ämnesområde ger upphov till en tabell där radindelningen bestäms av de allmänna kraven på säkerhetsfunktioner. Faktainnehållet i tabellerna tas fram i expertgrupper. Vetenskapliga framsteg och erfarenheter från säkerhetsanalyser gör att återkommande granskning av faktainnehållet är nödvändigt. Arbetet med funktionstabellerna pågår. Från det hittills utförda arbetet kan följande slutsatser noteras:

- Det finns relativt få krav. Däremot går det att identifiera ett stort antal parametrar och förhållanden där önskemål finns om lämpliga värdeintervall. Detta beror på att det är den samlade bilden av en mängd samverkande faktorer som avgör om ett område är lämpligt eller ej.
- Önskemålen anger värdeområden som kan preciseras genom funktionsanalyser. De kan dessutom innehålla en del krav som ännu inte är kvantifierade men som kommer fram med funktionsanalyser.
- Krav och önskemål behöver stämmas av mot säkerhetsanalysen, SR 97. Delar av de funktionsanalyser som beskrivs i tabellerna genomförs inom ramen för SR 97.

### Redoxkapacitet (Eh)

Kapaciteten att förbruka ett oxiderande ämne, t ex syre

## 6.6.3 Geovetenskapliga värderingsfaktorer

I föregående avsnitt diskuterades djupförvarets funktion. I vissa fall är det, utifrån krav och önskemål på denna funktion, också möjligt att diskutera krav och önskemål på enskilda parametrar. Begreppet parameter har getts en mycket vid tolkning och kan utgöras av mätbara data, tolkad information eller härledda parametrar för en given beskrivande (konceptuell) modell.

SKB har identifierat vilka geovetenskapliga parametrar som ska bestämmas vid en platsundersökning /6-30/. Dessa utgör värderingsfaktorer om något av följande villkor är uppfyllt:

- Ett direkt krav eller ett väsentligt önskemål har formulerats för parametern.
- Parametern har förväntat stor inverkan på resultatet av en eller flera viktiga funktionsanalyser.

Varje geovetenskapligt ämnesområde ger upphov till en tabell i vilken radindelningen gjorts med hänsyn till samtliga de geovetenskapliga parametrar som bestäms i en platsundersökning. För varje parameter anges krav och önskemål vilket resulterar i en bedömning om den ska anses vara en värderingsfaktor. Vidare anges troliga intervall inom vilka parametern varierar samt vilken kunskap som kan uppnås i olika stadier av lokaliseringsprocessen. Ett exempel visas i tabell 6-7. Exemplet är hämtat från ämnesområdet "grundvattenkemi", närmare bestämt parametern redoxkapacitet "Eh".

**Tabell 6-7. Struktur som används för att identifiera och motivera geovetenskapliga parametrar av betydelse för ett djupförvar (värderingsfaktorer)**

<b>Geovetenskaplig parameter</b>	Eh
<b>Krav på parameter</b>	Obetydlig förekomst av löst syre på förvarsdjup. Indikeras av lågt Eh, Fe(II) eller sulfid i grundvattnet.
<b>Önskemål på parameter</b>	Värdet för Eh är en funktion av pH och Fe(II). För pH runt 7 gäller önskemålet att $Eh < -100$ mV.
<b>Värdeområde i svensk kristallin berggrund</b>	Nära idealiska förhållanden råder på djup under 100 m. För säkerhetsanalysen SR 97 används Eh i intervallet $-308$ mV – $(-202$ mV)
<b>Lämplig/tänkbar värderingsfaktor/motivering</b>	JA – eftersom parametern är kopplad till krav och starka önskemål.
<b>Kunskap som kan/bör uppnås efter förstudier, platsundersökning och detaljundersökning</b>	<i>Generisk:</i> Se värdeområden. <i>Förstudie:</i> Tillför inget nytt. <i>Platsundersökning:</i> Vattenprover från borrhål medger kvalificerad skattning. <i>Detaljundersökning:</i> Ingen väsentlig ny kunskap.

Faktainnehållet i tabellerna tas fram i expertgrupper. Representanter för olika discipliner sammanförs och arbetar utifrån här redovisad metodik. Återkommande granskning av faktainnehållet är en nödvändighet. Arbetet med parametertabellerna pågår. Från det hittills utförda arbetet kan följande slutsatser noteras:

- Tabellerna är framför allt nödvändiga för att erhålla en systematik i arbetet. För en komplett redovisning finns även ett behov av beskrivande texter. Sådana texter tas fram i anslutning till varje tabell, dvs för varje ämnesområde.
- Det är i regel svårt att direkt ange kraven på en geovetenskaplig parameter. Parametern utgör ibland bara en av flera parametrar som bestämmer en funktion och tillåtet värdeområde beror ofta på värdet av de andra parametrarna. Parametern kan också påverka flera funktioner och det är inte uppenbart att bra värdeområden för en funktion också är bra för andra funktioner.



- De värdeområden som analyseras i pågående säkerhetsanalys SR 97 är en värdefull hjälp för att senare kunna konkretisera önskemål.
- För att kunna ange om en parameter är en lämplig värderingsfaktor, men framför allt för att kunna göra en bedömning utifrån krav och önskemål, behövs kunskap om vilken precision som kan förväntas i parameterskattningen. Kunskapen om parametern ökar från förstudie, platsundersökning och detaljundersökning. Däremot varierar betydelsen av de olika undersökningsstegen starkt mellan olika parametrar. Givetvis kan även ambitionsnivån för de olika undersökningsskedena påverka i vilken utsträckning en parameter kan bestämmas.

### **Förhållanden som innebär att undersökningarna avbryts**

I arbetet med att definiera vilka krav och önskemål som platsen ska uppfylla ingår även att definiera förhållanden som innebär att undersökningarna avbryts på den aktuella platsen. Sådana diskriminerande förhållanden finns beskrivna i kompletteringen till FUD-program 92. Dessa förhållanden är följande:

- Extrem grundvattenkemi, exempelvis oxiderande grundvatten.
- Brytvärda malmer eller mineral i förvarsområdet.
- Flera tätt liggande vattenförande sprickzoner.
- Extrema bergmekaniska förhållanden t ex höga bergtryck och/eller låg hållfasthet på berget.

I samband med den detaljering av krav och önskemål som nu pågår sker en uppdatering och komplettering av diskriminerande förhållanden. I det arbetet kommer bland annat enskilda parametrar att beskrivas. Om ett krav på en enskild parameter inte uppfylls innebär detta att undersökningarna på platsen avslutas. Även om samtliga parametrar vid en platsutvärdering uppfyller kraven krävs en samlad säkerhetsanalys för att visa om platsen är lämplig eller ej.

### **6.6.4 Program för det fortsatta arbetet**

I samband med FUD-program 98 publicerar SKB en lägesrapport rörande krav och önskemål på funktioner i djupförvaret och på parametrar och värderingsfaktorer. När vi inhämtat interna och externa synpunkter kommer SKB att presentera ett uppdaterat och komplett förslag till kriterier som kan användas under och efter platsundersökningar. Resultat från säkerhetsanalysen SR 97 kommer att vara en viktig grund för detta arbete. Efter inarbetande av synpunkter presenteras en slutrapport.

Arbetet med att ta fram värderingsfaktorer och kriterier är starkt kopplat till arbetet med att ta fram program för platsundersökningar. Det är viktigt dels att de parametrar som är av betydelse verkligen mäts vid platsundersökningarna och dels att platsutvärderingen särskilt behandlar de funktioner hos djupförvaret som är kopplade till krav och önskemål på platsens och förvarets egenskaper. Samtidigt ska kriterierna hänvisa till parametrar som är möjliga att mäta eller skatta. Arbetet med att ta fram program för platsundersökningarna och kriterier för hur dessa ska utvärderas kommer därför att bedrivas parallellt under den kommande treårsperioden.

#### **SR 97**

blir viktig för att bestämma krav och önskemål på djupförvaret

## 6.7 Instrument- och metodutveckling för platsundersökningar

Mätmetoder och instrument för platsundersökningar måste underhållas och vidareutvecklas i takt med den tekniska utvecklingen i omvärlden. Flera av instrumenten som används i det svenska kärnavfallsprogrammet är så avancerade eller specialiserade att de inte finns på marknaden. Det innebär att SKB får driva utvecklingen och svara för tillgängligheten av tekniken. Av det skälet äger vi egna instrument och mätsystem samt organiserar förrådshållning och service av dessa. Behovet av utrustning och kompetens för platsundersökningar förstärks ytterligare av att undersökningar avses genomföras parallellt på minst två platser. Detta kommer att medföra viss nyanskaffning av instrument under de närmaste åren.

Program för utveckling av specifika instrument och metoder under den kommande treårsperioden beskrivs nedan. Förutom instrument- och metodutveckling kommer vi de närmaste åren att inventera vilka resurser som finns tillgängliga för att försäkra oss om möjligheten att kunna genomföra parallella platsundersökningar.

### 6.7.1 Ytgeofysik

Platsundersökningar inleds med att kartlägga berggrundsförhållanden från markytan. För detta ändamål används bland annat geofysiska mätningar. Omfattande erfarenheter av dessa metoder finns från bland annat typområdena och Äspö. Under de senaste åren har nya elektriska metoder prövats. Syftet har bland annat varit att se om det går att detektera djupet till salt grundvatten. Flera tester planeras under kommande år innan det går att fastställa dessa metoders användbarhet.

En annan metod som bedöms ha stor potential för förbättringar är reflektionsseismik. Här har uppmuntrande resultat erhållits vid tester i Finnsjöområdet och på Ävrö. Ytterligare fälttester av denna metod planeras i olika geologiska miljöer. Vid arbetet med att tolka seismiska data kommer ett nyutvecklat program för modellering av berggrunden (RVS) att provas.

Andra seismiska studier rör tredimensionella reflektionsseismiska mätprogram och hur data från seismiska undersökningar i djupa borrhål (VSP) kan samtolkas med reflektionsseismik.

### 6.7.2 Inmätning

För att bestämma läget av mätpunkter och borrhål på markytan kommer GPS alltmer att användas, medan traditionell inmätning fortfarande kommer att användas vid höga krav på noggrannhet. Vad beträffar inmätning av borrhålens riktning och krökning bedöms tillgängliga metoder vara tillfredsställande. Däremot är noggrannheten i längdmätningen otillfredsställande för vissa borrhålssonder. Den i FUD-program 95 beskrivna utvecklingen av längdkalibreringssystem i borrhål har testats i fält. Metoden visade sig då inte uppfylla funktionskraven. Utvecklingsarbetet har därför fortsatt med annan teknisk inriktning, där spår på bestämda djup fräses in i borrhålsväggen. Nyligen har ett fälttest genomförts med gott resultat.

### 6.7.3 Borrteknik och mätningar under borrhållning

Vid borrhållning kan ras inträffa i instabila avsnitt av borrhålet. Det behövs därför en teknik som bättre än nu kan bevara borrhålen intakta. För- och nackdelar med olika tekniker för att stabilisera borrhål kommer att utvärderas under den kommande treårsperioden. Dokumentationen från borrhållningsarbetet kommer att

#### RVS

Rock Visualisation System

Datorprogram för att illustrera borrhål, tunnlar, mätresultat och geologiska objekt i tre dimensioner

#### VSP

Vertical Seismic Profiling

Seismiska mätningar mellan borrhål och markyta

#### GPS

Global Positioning System

Lägesbestämning med hjälp av satelliter

ses över för att vi bättre ska kunna tillgodogöra oss den information som själva borringen ger.

SKB har etablerat ett nytt instrumentförråd med tillhörande verkstad i anslutning till Kapsellaboratoriet i Oskarshamn. Från förrådet planeras ett borrhål där utrustningar kan testas. När detta hål borras kommer metoder relaterade till borring och tester under borring att provas.

#### 6.7.4 Metoder för hydrauliska tester och grundvattenkemi

Undersökningarna på Äspö, Stripa och typområdena har inneburit att flera olika metoder har tagits fram för att bestämma vattengenomsläpplighet, mäta grundvattentryck, bestämma grundvattenflöde samt detektera hydrauliska samband mellan borrhål. En granskning av olika mät- och utvärderingsmetoder vid hydrauliska tester har genomförts av en grupp bestående av representanter från SKB:s och Posivas geo-program /6-39/. Gruppens bedömning är att det nu finns väl utprovade metoder för hydrauliska tester men att dessa behöver utvecklas med avseende på mätdatas representativitet och resursbehov. Exempel på utvecklingsinsatser är att:

- ta fram ytterligare ett rörgångssystem för att kunna genomföra två platsundersökningar parallellt,
- modernisera multivagnar för såväl hydrauliska tester som grundvattenprovtagning,
- prova den finska differensflödesloggen för mätning av hydrauliska parametrar,
- prova ut lämplig metodik för bland annat flödesloggning i djupa borrhål med salt grundvatten,
- ta fram metoder för bestämning av absoluta grundvattentryck.

Vattenprovtagning i samband med borring ger goda förutsättningar för att erhålla ostörda vattenprover. Teknik för detta har utvecklats och provats i fält. Under den kommande treårsperioden kommer arbeten att genomföras med att ytterligare utveckla metoden.

#### 6.7.5 Borrhålsgeofysik och bergspänningsmätningar

SKB har utvecklat en metod för att integrera kartläggning av borrhåls-TV-bilder (BIPS-bilder). Metoden innebär att den geologiska borrhålsdokumentationen effektiviseras samtidigt som kvaliteten blir högre. Under de kommande åren kommer vi att pröva att integrera geofysisk tolkning, radar och borrhålsseismik i denna borrhålsdokumentation.

Beträffande bergspänningar har SKB tillgång till de båda kompletterande metoderna överborring och hydraulisk spräckning. Den senare har nyligen moderniserats i samband med att en ny 1 000 meter multislång monterats.

#### 6.7.6 Datahantering och kvalitetssäkring

De verktyg och grundrutiner för datahantering och kvalitetssäkring som utarbetats vid Äspölaboratoriet kommer att tillämpas under kommande platsundersökningar. Databasen SICADA och det nyutvecklade tredimensionella programmet för att visualisera berggrunden (RVS) kommer att provas och utvecklas i samband med pågående undersökningar i Äspölaboratoriet.

Vi gör en löpande översyn och förbättring av instruktioner och teknisk dokumentation av undersökningsmetoder och instrument. Syftet är att åstadkomma full spårbarhet i alla undersökningar och datautvärderingar. En analys av säkerhet och hälsa för undersökningspersonalen och av miljöeffekter vid undersökningsverksamheten ingår i kvalitets- och säkerhetsarbetet.

#### Posiva

SKB:s motsvarighet i Finland

#### Rörgångssystem

Mätutrustning där man med hjälp av sammankopplade rör kan ta vattenprover eller mäta berggrundens vattengenomsläpplighet i borrhål

#### Multivagn/ multislång

Mätutrustning där man med hjälp av en lång slang kan ta vattenprover eller mäta berggrundens vattengenomsläpplighet i borrhål

#### Differensflödeslogg

Instrument för mätning av vattengenomsläpplighet i borrhål

#### BIPS

Borehole Image Processing System

Borrhåls-TV som förutom att visa bilder av borrhålsväggen kan beräkna sprickorienteringar

#### Spårbarhet

Möjlighet att kunna spåra tillbaka till ursprungliga mätdata hur värdet på en viss storhet har erhållits

## 7 Teknik

*Arbetet med att ta fram tekniken för djupförvarssystemet har pågått i mer än 20 år. Vi har nu nått så långt att komponenter och delsystem kan provas i full skala och realistisk miljö. Därmed inleds ett nytt skede i teknikarbetet.*

*Kapsellaboratoriet, som SKB nyligen har byggt i Oskarshamn, blir ett centrum för utveckling av inkapslingsteknik och utbildning av personal för inkapslingsanläggningen. Parallellt med detta vidareutvecklas tekniken för tillverkning av kopparrör och gjutna insatser. Vid Äspölaboratoriet planeras försök som i full skala simulerar alla steg i djupförvaringen – borrhning av deponeringshål, deponering av kapslar och bentonitbuffert, återfyllning och förslutning. Därtill utvecklas teknik för eventuellt återtag av redan deponerade kapslar.*

*Utvecklingen vid Kapsellaboratoriet och Äspölaboratoriet bildar tillsammans med annan teknikutveckling och befintlig kunskap grunden för den pågående tekniska planeringen av inkapslingsanläggningen och djupförvaret. Platsundersökningarna kommer sedan att ge de data som behövs för att anpassa djupförvaret till berggrunden på plats och lokala förutsättningar i övrigt.*

### 7.1 Grundläggande tekniska krav

Djupförvarets främsta funktion är att *isolera* avfallet. Kapseln svarar för den direkta isoleringen men även bufferten och berget behövs för att kapseln ska kunna fylla sin isolerande funktion. För att få en god isolering ställs en rad krav på dessa tre barriärer.

Om isoleringen skulle brytas har djupförvaret dessutom till uppgift att *fördröja* transporten av radionuklider från bränslet. Även för denna funktion samverkar kapsel, buffert och berg. Den fördröjande funktionen ställer ytterligare krav på barriärerna.

Utöver kraven för den långsiktiga säkerheten tillkommer krav för tillverkning, bygge och drift.

#### 7.1.1 Krav på kapseln

Så länge kapseln är intakt förhindras all spridning av radioaktivitet till omgivningen. Om det skulle bli ett genombrott på kapseln fördröjer och dämpar de övriga barriärerna spridningen av radionuklider till acceptabla nivåer. De krav som ställs på kapseln kan delas in i krav för dels den isolerande, dels den fördröjande funktionen. För att uppnå isolering ska kapseln:

- vara tät vid deponeringen,
- vara beständig i den kemiska miljö som förväntas i djupförvaret,
- tåla de mekaniska belastningar som förväntas i förvaret.

### Kriticitet

Under speciella förhållanden klyvs atomkärnor i en självunderhållande kedjereaktion (t ex i en kärnreaktor)

### BWR

Boiling Water Reactor  
Kokvattenreaktor

### PWR

Pressure Water Reactor  
Tryckvattenreaktor

### Bränslebox

Kanal som omger bränslestavarna i ett BWR-element

### Sorption

Upptag av lösta ämnen på t ex sprickytor

### Kolloider

Partiklar som är så små att de inte sjunker till botten i t ex vatten

Den kemiska beständigheten innebär att kapseln inte ska påverkas utvändigt av korroderande ämnen i grundvattnet eller av skadliga ämnen som kan tillföras då förvaret byggs. Kapseln ska inte heller korrodera invändigt som följd av skadliga ämnen som kan finnas kvar eller bildas i kapseln.

De mekaniska belastningar som kapseln utsätts för i djupförvaret orsakas av grundvattnets tryck och trycket från den svällande bentoniten. Framtida istider eller större bergrörelser kan också medföra mekaniska påfrestningar på kapseln.

För den fördröjande funktionen ska kapseln, i så liten utsträckning som möjligt, påverka de kemiska egenskaperna hos bufferten och berget. Detta innebär en begränsning av värme och stråldos till närområdet. Kapseln ska utformas så att utflödet av radionuklider fördröjs om kapseln skadas. Materialet i kapseln ska inte påverka upplösningstakten av bränslet eller egenskaperna för radionuklidernas transport genom buffert och berg. Utformningen ska också säkerställa att det aldrig kan uppstå kriticitet, även om vatten tränger in i kapseln.

De krav som nämnts ovan rör den långsiktiga säkerheten i djupförvaret. Dessutom ska kapseln utformas så att det råder hög säkerhet under inkapsling, transport och deponering. Kapseln ska uppfylla de krav som ställs vid såväl normala som onormala driftfall under hanteringen. Detta innebär att kapseln ska kunna hanteras så att missöden som kan förutses inte leder till oacceptabla stråldoser till personalen eller utsläpp av radioaktiva ämnen till omgivningen. Kapseln ska kunna transporteras, deponeras och, vid behov, återtas från djupförvaret på ett säkert sätt. Ytterligare ett krav som ställs är att kapseln ska kunna serietillverkas enligt specificerade kvalitetskrav.

Samtliga bränsletyper som lagras i CLAB ska kunna kapslas in i kapslar som har samma ytterdimensioner. BWR-bränsle ska kunna inkapslas med tillhörande bränslebox och PWR-bränsle med styrstavar. Kapslarna ska även kunna användas för inkapsling av bränsleelement som innehåller skadade bränslestavar.

## 7.1.2 Krav på bufferten

Kraven på bufferten kan, liksom kraven på kapseln, delas in i krav för den isolerande respektive den fördröjande funktionen. För den isolerande funktionen ska bufferten:

- helt omsluta och skydda kapseln under lång tid samt hålla den centrerad i deponeringshålet,
- hindra strömning av grundvatten genom bufferten och därmed hindra att korrosiva ämnen transporteras till kapseln på annat sätt än genom diffusion.

Dessa krav ställer i sin tur krav på att bufferten ska stanna kvar i deponeringshålet och att den är kemiskt stabil under lång tid. Ett annat krav är att bufferten, tillräckligt effektivt, ska leda bort värme från kapseln.

Flera av kraven för den isolerande funktionen gynnar också buffertens fördröjande funktion. För den funktionen ska bufferten ge en miljö där transport av radionuklider sker genom diffusion och där radionuklider sorberar på ytan av lerpartiklarna. Bufferten ska även filtrera kolloider som kan bildas vid upplösning av bränslet. Gas som kan bildas inuti en skadad kapsel ska tillåtas att komma ut.

När det gäller driftperioden ska block av buffertmaterial kunna tillverkas, transporteras och placeras i deponeringshålen på ett sätt som säkerställer erforderlig kvalitet.



### 7.1.3 Krav på berggrunden

Även berget har en isolerande och en fördröjande funktion. För den isolerande funktionen ska berggrunden:

- utgöra en mekaniskt stabil miljö för djupförvaret,
- ge en kemisk miljö som är långsiktigt stabil och gynnsam med avseende på de övriga barriärernas funktion,
- minimera risken för framtida intrång och alternativa användningar (t ex gruvor).

För den fördröjande funktionen ska grundvattnets sammansättning vara sådan att radionuklidernas löslighet begränsas. Berggrunden ska också begränsa radionuklidernas transport med grundvattnet till biosfären.

Utöver kraven för den långsiktiga säkerheten tillkommer krav för utbyggnad och drift. Berggrunden ska ha sådana egenskaper att djupförvaret kan byggas och drivas med betryggande säkerhet och känd teknik. Det innebär bland annat att stabila bergutrymmen ska kunna byggas och att driften ska kunna ske med god kontroll över stabilitet och inläckage av vatten.

Egenskaperna hos de konstruerade komponenterna i systemet – kapsel, buffert, återfyllning och förslutning – kan påverkas genom materialval, konstruktion och tillverkningsprocesser. Så är inte fallet med berggrunden. Av det skälet blir tillvägagångssättet för att möta kraven på berggrunden principiellt annorlunda än för övriga komponenter. Principen är att, med hjälp av successivt allt mer detaljerade undersökningar, välja en plats där berggrunden uppfyller grundläggande krav och ger gynnsamma förutsättningar i övrigt, samt att anpassa förvarets utformning till förhållandena på platsen.

### 7.1.4 Krav på återfyllnadsmaterialet

När kapslarna har deponerats fylls deponeringstunnlarna igen. Även övriga utrymmen i djupförvaret planeras att återfyllas helt när samtliga kapslar är deponerade. Det återfyllnadsmaterial som används ska bidra till att tunnlar förblir stabila och hålla bentoniten kring kapslarna på plats. Återfyllningen ska också förhindra eller begränsa vattenflödet kring kapselpositionerna. Vidare ska materialet i återfyllningen inte medföra att grundvattnets kvalitet försämras samt vara kemiskt stabilt under lång tid.

### 7.1.5 Krav på förslutningarna

Tunnlarna och schakten i djupförvaret kan, tillfälligt eller permanent, behöva förslutas med hjälp av pluggar. Tillfälliga pluggar kommer att behövas under driftskedet för att avskilja återfyllda deponeringstunnlar eller andra områden som temporärt behöver avskiljas från områden som står öppna och tillgängliga. Kraven på dessa förslutningar är då att de dels håller buffert och återfyllnadsmaterial i det inneslutna området på plats, dels förhindrar eller reducerar vatten-transport från det inneslutna området innanför pluggarna till det öppna området utanför.

Permanent förslutningar kan bli aktuella för att reducera vattenflöden i eller längs tunnlar eller för att isolera tunnelavsnitt som skärs av vattenförande sprickzoner. En precisering av kraven på permanenta förslutningar kräver tillgång till data från aktuell plats och resultat av funktionsanalyser.

## 7.2 Utformning av kapseln

Dimensionering och utformning av kapseln sker stegvis genom att grundförutsättningar, egenskapskrav och konstruktionsförutsättningar ställs samman. Parallellt med detta görs praktiska prov med tillverkning och förslutning av kapslar. Den slutliga kapselutformningen kommer att vara ett resultat av både teoretiska analyser och praktiska prov.

Grundförutsättningar och egenskapskrav utgår från de krav som ställs på kapseln enligt avsnitt 7.1.1 och leder till vissa konstruktionsförutsättningar. Dessa grundar sig dels på resultaten från analyser av den långsiktiga säkerheten i djupförvaret, dels på säkerheten vid hanteringen. Kapselns konstruktionsförutsättningar och konstruktion sammanfattas nedan. I /7-1/ ges en mer detaljerad redovisning.

### 7.2.1 Konstruktionsförutsättningar

#### Täthet

Kapseln ska motstå alla kända korrosionsprocesser så att den bedöms kunna förbli intakt i djupförvaret under minst 100 000 år. Metoderna för tillverkning, förslutning och kontroll ska garantera att bara några få kapslar kan innehålla fel som skulle kunna leda till att vatten tränger in tidigare än beräknat.

Kapseln ska konstrueras för att klara de mekaniska påfrestningar som uppstår i ett djupförvar i granitiskt berg ned till 700 meters djup. Detta innebär att kapseln ska klara att belastas med dels upp till 7 MPa hydrostatiskt tryck från grundvattnet, dels cirka 7 MPa svälltryck från bentoniten. Dessa belastningar verkar på kapseln från alla håll och antas vara oberoende av varandra vilket innebär att kapseln ska klara totalt upp till cirka 14 MPa yttre tryck. Dimensioneringen för denna belastning ska göras med sedvanliga säkerhetsmarginaler (en faktor 2,5 för denna typ av konstruktion). Detta innebär att kapseln ska dimensioneras för ett yttre tryck på 35 MPa.

Vid dimensioneringen av kapseln ska hänsyn tas till belastningar som kan förväntas under en istid. Med en antagen maximal istjocklek på 3 000 meter och motsvarande ökning av grundvattentrycket skulle det maximala yttre tryck som kapseln kan utsättas för bli 44 MPa, vilket betraktas som ett extremfall där inga extra säkerhetsmarginaler krävs. Belastningen vid en istid blir alltså det dimensionerande lastfallet.

Under tiden som bentoniten tar upp vatten och svälltrycket utvecklas kan trycket på kapseln från bentoniten bli ojämnt fördelat. Vissa ojämnheter i lastfördelningen kan kvarstå även efter det att bentoniten har mättats med vatten. Vid dimensioneringen hanteras kvarstående belastningar med gängse säkerhetsmarginaler. För övergående ojämnheter i lastfördelningen tillämpas inga extra säkerhetsmarginaler.

#### Påverkan på andra barriärer

Ett av de krav som ställs på kapseln är att kapselmaterialet inte påtagligt ska kunna försämra buffertens funktion eller på annat sätt leda till att kapselns integritet hotas. Detta gäller även kapselmaterialets korrosionsprodukter. För att uppfylla detta krav ska ytttemperaturen på kapseln inte överstiga 100°C. Ytdosraten ska vara högst 1 Gy/h. Kapselns konstruktion ska också säkerställa att det aldrig kan uppstå kriticitet, även om vatten tränger in i kapseln.

#### MPa, Megapascal

Tryck anges i enheten Pascal  
1 Megapascal =  
1 000 000 Pascal

#### Hydrostatiskt tryck

Tryck från ovanliggande vatten

#### Svälltryck

Bentonitbufferten sväller när den tar upp vatten, vilket ger upphov till tryck på kapsel och berg

#### Ytdosrat

Strålning per tidsenhet, anges t ex i Gray per timme (Gy/h)

## Hantering

Kapselkonstruktionen ska medge serietillverkning av cirka 200 kapslar per år enligt specificerade kvalitetskrav. Eventuella hanteringsmissöden som kan förutses vid inkapsling, transport och deponering ska inte kunna orsaka oacceptabla stråldoser till personalen eller utsläpp av radioaktiva ämnen till omgivningen. Kapseln ska dessutom konstrueras så att den, på ett säkert sätt, kan återtas från djupförvaret.

## 7.2.2 Kapselns konstruktion

### Materialval

För att uppfylla kravet på kemisk beständighet i den miljö som råder i djupförvaret har koppar valts som barriär mot korrosion. Koppar bedöms dels ha den livslängd som erfordras, dels ha minimal påverkan på övriga barriärer i djupförvarssystemet.

När det gäller den mekaniska hållfastheten ska kapseln tåla 44 MPa, se avsnitt 7.2.1. För laster av denna storleksordning kan en kopparkapsel inte göras självbärande. Bärförmågan måste därför förbättras genom att den tomma volymen i kapseln fylls med ett material som kan ta upp delar av trycket eller genom att kopparkapseln förses med en tryckbärande insats.

### Referenskapselns utformning

Den referenskapsel som SKB har valt består av en yttre korrosionsbarriär av koppar och en tryckbärande insats av segjärn, se figur 7-1. Kapseln rymmer antingen tolv BWR-element eller fyra PWR-element. Diametern är 1 050 mm och längden 4 830 mm. Den totala vikten, inklusive bränsle, är cirka 25 ton för en BWR-kapsel och cirka 27 ton för en PWR-kapsel.

Kopparmaterialet motsvarar UNS 10100 (eller EN133/63, Cu-OF1), med en tillsats av ca 50 ppm fosfor för att öka materialets krypduktilitet. För att ge det korrosionsskydd som krävs måste godstjockleken vara minst 15 mm. Konservativa uppskattningar visar att denna tjocklek, för 100 000 år, ger en säkerhetsfaktor 3 mot korrosionsgenombrott. Dessa uppskattningar tar även hänsyn till eventuellt inflöde av syresatt vatten i samband med avsmältning av en inlandsis.

Den tryckbärande insatsen tillverkas av segjärn motsvarande SS 14 07 17. Vid tillverkningen gjuts insatsen, med botten, i ett stycke. Insatsens lock tillverkas av stål och skruvas fast med en bult i centrum. Locket är försett med en ventil som gör det möjligt att ersätta luften i insatsen med ädelgas utan att locket behöver lyftas av. Avståndet mellan bränslekanalerna är 50 mm och det minsta avståndet från bränslet till utsidan av insatsen är 50 mm. Det kritiska yttre övertrycket för en gjuten insats för BWR-bränsle, som har den lägsta hållfastheten, har beräknats till cirka 80 MPa. Detta är nästan dubbelt så mycket jämfört med vad som krävs, se avsnitt 7.2.1. Kontrollberäkningar visar att insatsen har tillräcklig hållfasthet för samtliga konstruktionsstyrande lastfall.



Figur 7-1. Kopparkapsel med gjuten insats av järn för BWR-bränsle.

### Segjärn

Gjutjärn som behandlas på ett sätt som ger bra mekaniska egenskaper

### Krypduktilitet

Egenskap som anger hur segt materialet är vid långsam deformation

### Het isostatisk pressning

Formpressning av pulver under högt tryck och hög temperatur

### Elektronstråle-svetsning

Svetsning med en tunn elektronstråle som smälter ihop delarna

### TWI

The Welding Institute  
Cambridge, England

Experimentella undersökningar har visat att segjärnets korrosionsegenskaper i den miljö som antas råda i djupförvaret är minst lika goda som egenskaperna hos det konstruktionsstål som har studerats tidigare /7-2/. Ytterligare experimentella studier, av framför allt korrosionsförloppet i spalten mellan insatsen och kopparkapseln, kommer dock att genomföras. Eftersom segjärn har betydligt bättre gjutbarhet än gjutstål har segjärn valts som referensmaterial i insatsen.

För att uppfylla kravet på en ytdosrat som inte överstiger 1 Gy/h måste den totala godstjockleken vara minst 100 mm. Den valda utformningen på insatsen leder därför till att kopparkapselns väggtjocklek måste vara 50 mm. Om enbart skyddet mot korrosion beaktas kan dock, som nämnts tidigare, koppertjockleken minskas till 15 mm. Insatsens utformning skulle då behöva ändras så att den totala godstjockleken på 100 mm bibehålls. Vid en sammanvägning av kraven på korrosionsbeständighet och mekanisk hållfasthet samt kraven från tillverkning och hantering förefaller 30 mm vara en lämplig väggtjocklek. Tillverkningsprov med en 30 mm kopparkapsel pågår för närvarande.

SKB har tidigare studerat andra utformningar av kapseln. I ett alternativ fylls tomrummet i kopparkapseln med smält bly och i ett annat tillverkas en homogen kopparkapsel genom het isostatisk pressning. Båda dessa alternativ går troligen att genomföra men de kräver att inkapslingen sker vid en hög temperatur vilket undviks med den nuvarande referenskapseln. Med den "kalla" inkapslingsprocess som nu planeras begränsas riskerna i samband med inkapslingen. Detta har varit avgörande vid valet av kapselkonstruktion, eftersom den långsiktiga säkerheten bedöms vara likvärdig för de tre kapselalternativen.

## Förslutning och oförstörande provning

Referenskapseln har en horisontell svetsyta mellan kopparlocket och kopparröret. Lock och rör fogas samman med elektronstrålesvetsning i vakuum. För att inte smält koppar ska rinna ut under svetsningen har det varit nödvändigt att förse locket med en utvändigt stödkant. Kanten kan dock göra det svårt att fjärrstyrt placera locket på kapseln under hanteringen i inkapslingsanläggningen. För att undvika detta har en alternativ utformning med en vinklad svetsyta provats vid TWI i Cambridge. Svetsproven visade goda resultat men indikerade att det finns vissa problem med stabiliteten i den smälta zonen under svetsningen. Fortsatta prov med vinklad elektronstrålesvetsning kommer därför att utföras vid Kapsellaboratoriet.

Vid Uppsala Universitet pågår utveckling av metoder för oförstörande provning av kopparsvetsar med ultraljud. Utöver laboratorieprov utvecklas och provas program för att modellera utbredningen av ultraljudvågor i koppar och metoder för att reducera bruset. Det pågår samtidigt arbete med att utveckla metoder för oförstörande provning med röntgen. Huvuddelen av detta arbete kommer i framtiden att utföras i Kapsellaboratoriet.

## 7.2.3 Program för det fortsatta arbetet

Vid granskningen av FUD-program 95 påpekade SKI att vissa kapselfrågor behövde utredas ytterligare. Detta gällde bland annat krypegenskaperna hos den fosforhaltiga koppar som SKB har valt som kapselmateriale. Orsakerna till ökningen av koppars krypduktilitet vid tillsats av fosfor utreds för närvarande och arbetet förväntas fortsätta även under den kommande treårsperioden. Detsamma gäller krypprovning av det kopparmaterial som används vid provtillverkningen av kapslar.

Synpunkter som framförts på SKB:s korrosionsstudier har beaktats under den gångna treårsperioden. Arbete pågår med att uppdatera den termodynamiska databasen för koppar och experimentella studier genomförs av förutsättningarna för och modellering av gropfrätning. Utförligare undersökningar av förutsätt-

ningarna för bakteriell korrosion pågår också. Resultaten av dessa undersökningar kommer att avgöra i vilken utsträckning ytterligare arbete krävs. Undersökningar av känsligheten för spänningskorrosion hos de kopparkvaliteter som övervägs pågår för närvarande och planeras fortsätta även under den kommande treårsperioden.

Efter komplettering med de ovan nämnda studierna är enligt vår uppfattning kunskapsbasen för kopparkorrosion tillräcklig för att medge tillförlitliga bedömningar av korrosionsangreppen på kapseln under 100 000 år, i den miljö som förutses råda i djupförvaret. Detta kommer dock inte att leda till en nedprioritering av korrosionsfrågorna. Däremot kommer inriktningen på undersökningarna att förändras så att tonvikten läggs på korrosionen i det inledande skedet, innan reducerande förhållanden råder.

I kommentarerna till FUD-program 95 påpekade SKI att SKB måste redovisa kapselns hållfasthetsegenskaper vid ojämn belastning. Som tidigare nämnts har konstruktionsstyrande laster och kontrollberäkningar av kapselns hållfasthet vid dessa laster därför genomförts /7-1/. Ytterligare utredningar av kapselns bärförmåga och krypegenskaper kommer att genomföras. Utredningarna kommer att kompletteras med experimentella undersökningar på både skalmodeller och fullskalekapslar för att verifiera beräknade data.

Under den kommande perioden kommer tekniken för förslutning och oförstörande provning av kapseln att vidareutvecklas. Detta arbete kommer främst att utföras vid Kapsellaboratoriet, se avsnitt 7.6.2.

## 7.3 Inkapsling och transport till djupförvaret

### 7.3.1 Tillverkning av kapslar

De tomma kapslarna som bränslet ska kapslas in i kommer att tillverkas i en speciell kapselfabrik. I /7-3/ redovisas en preliminär utredning om hur en sådan fabrik skulle kunna utformas. En grundläggande princip i den layout som presenteras är att hanteringen av koppar och segjärn är separerad hela vägen fram till det att insatsen lyfts ner i kopparhöljet.

I den tänkta fabriken tillverkas kopparrören genom rullformning av valsad plåt till rörhalvor som sedan svetsas samman med längsgående elektronstrålesvetsning. Efter svetsningen avspänningsglödgas rören och maskinbearbetas till korrekta mått. Kopparlock och kopparbottnar maskinbearbetas fram ur smidda ämnen. Därefter elektronstrålesvetsas bottenarna på kopparrören. Samtliga svetsar provas med både ultraljud och röntgen.

Gjutna och grovbearbetade insatser i segjärn levereras till kapselfabriken för slutbearbetning. Ämnen till insatslock skärs ut ur valsad stålplåt och färdigbearbetas därefter i fabriken. Efter rengöring av samtliga delar lyfts insatsen ned i kopparhöljet. Därefter färdigställs kapseln för leverans till inkapslingsanläggningen.

#### Faktaruta

**Kapselfabriken**, inklusive underhållsverkstad, kontor och kontrollaboratorium, beräknas omfatta ca 7 000 m<sup>2</sup>.

Enligt överslagsberäkningar blir de totala investeringskostnaderna ca 300 miljoner kronor.

Personalbehovet uppskattas till ca 30 personer.



#### Avspänningsglödga

Värmebehandla för att ta bort oönskade spänningar i materialet



Var kapselfabriken kommer att lokaliseras är ännu inte beslutat. Frågor som måste beaktas vid lokaliseringen rör bland annat transporter till och från fabriken samt samhällsaspekter, som tillgång till arbetskraft och industrimiljö. Alternativ som kommer att studeras är en lokalisering i samma region som inkapslingsanläggningen eller djupförvaret, men även helt andra alternativ kan bli aktuella. SKB får ofta frågor om t ex tillgången på koppar, tillverkningsprocesser, miljöpåverkan och priser. En sammanställning har därför gjorts för att ge en samlad bild av kopparmarknaden /7-4/. Den mängd koppar som kommer att gå åt när inkapslingsanläggningen är i full drift och producerar cirka 200 kapslar per år motsvarar knappt 1,5 procent av den koppar som förbrukas i Sverige, eller en tiondels promille av världsproduktionen.

### 7.3.2 Inkapslingsanläggning

För att kapsla in det använda kärnbränslet behöver SKB bygga en inkapslingsanläggning. I denna anläggning ska samtliga bränsletyper från de svenska kärnkraftverken kunna kapslas in. Kapslarna ska förslutas med högt ställda kvalitetskrav och ska kontrolleras noga innan de transporteras till djupförvaret. Det ska även ställas höga krav på driftsäkerheten så att kapslar kan levereras i den takt som deponeringen i djupförvaret kräver.

Inkapslingsanläggningen ska utformas så att personalen och omgivningen skyddas mot strålning. Detta innebär bland annat att själva inkapslingen kommer att ske fjärrstyrt bakom kraftigt strålskärmande väggar. Även hanteringen av kapslar kommer att ske fjärrstyrt i så stor utsträckning som möjligt. Under arbetet med att konstruera inkapslingsanläggningen utnyttjas erfarenheterna från CLAB och SFR, men även från olika utländska anläggningar.

Arbetet med att projektera inkapslingsanläggningen sker, liksom för djupförvaret, i fem steg. I det första steget (skede E) görs en förstudie av anläggningens utformning. Därefter genomförs ett projekteringssteg (skede D) som ligger till grund för ansökan om att få bygga inkapslingsanläggningen. Medan ansökan behandlas av myndigheterna tas det konstruktionsunderlag (skede C) fram som behövs för att börja bygga anläggningen. I nästa steg (skede B) som pågår under tiden som anläggningen byggs görs detaljkonstruktionen. När inkapslingsanläggningen är färdigbyggd och driftsättning pågår avslutas projekteringsarbetet med att byggnadsutformning och konstruktioner slutdokumenteras (skede A).

#### Lokalisering av inkapslingsanläggningen

Inkapslingsanläggningen kan antingen lokaliseras vid CLAB, vid djupförvaret, vid en befintlig kärnteknisk anläggning eller på någon annan plats. Det är en fördel om anläggningen kan samordnas med befintlig verksamhet och om det finns tillgång till kompetens och erfarenhet av radiologisk verksamhet. Vidare måste transporterna av använt kärnbränsle, resursutnyttjande, miljöpåverkan och samhällsliga aspekter beaktas vid lokaliseringen.

SKB:s huvudalternativ är att inkapslingsanläggningen byggs i direkt anslutning till CLAB eftersom detta alternativ ger en rad fördelar /7-5/. En av fördelarna är att den erfarenhet av bränslehantering som finns hos personalen vid CLAB bäst kan tas tillvara om inkapslingsanläggningen byggs på samma plats. Vidare kan flera av de befintliga systemen och anläggningsdelarna i CLAB utnyttjas även för inkapslingsprocessen. Ingen ny mark behöver tas i anspråk och det krävs inga nya vägar eller kylvattenanläggningar. Dessutom ger CLAB och Oskarshamnsverket värdefull tillgång till andra kärntekniska resurser, t ex kompetens inom strålskydd och hantering av radioaktivt avfall.

En lokalisering vid CLAB är också gynnsam från transportsynpunkt, eftersom överföringen av bränsle från mellanlagring till inkapsling då inte kräver några transporter utanför anläggningarna. Om inkapslingsanläggningen inte lokaliseras

vid CLAB måste bränslet först transporteras på samma sätt som vid dagens transporter från kärnkraftverken till CLAB. Transporterna till djupförvaret blir enklare om bränslet är inkapslat. Antalet transporter blir däremot fler jämfört med en lokalisering vid djupförvaret, eftersom en transportbehållare med en kapsel rymmer färre bränselement än dagens transportbehållare för oinkapslat bränsle. Om inkapslingsanläggningen varken lokaliseras vid CLAB eller vid djupförvaret ökar transportbehovet ytterligare.

## Anläggningsutformning

Inkapslingsanläggningens utformning är beroende av var anläggningen lokaliserar. Eftersom SKB:s huvudalternativ är att bygga inkapslingsanläggningen vid CLAB beskrivs här en sådan anläggning. Om anläggningen lokaliseras på någon annan plats behöver denna utformning modifieras.

Arbetet med att projektera en inkapslingsanläggning förlagd vid CLAB påbörjades 1993 och huvuddragen av detta arbete presenterades i FUD-program 95. Efter 1995 har inkapslingsanläggningen vidareutvecklats och vissa förändringar har skett. Det arbete som pågår i Kapsellaboratoriet kommer att resultera i ytterligare förändringar. En utförlig beskrivning av den nuvarande utformningen ges i /7-6/. Anläggningen är konstruerad så att det finns flexibilitet för framtida ändringar och eventuella utbyggnader. Det finns även viss flexibilitet om kapselns utformning skulle ändras i framtiden.

Inkapslingsanläggningen omfattar en inkapslingsbyggnad och förråd för fyllda transportbehållare. Inkapslingsbyggnaden är tänkt att byggas vägg i vägg med CLAB:s mottagningsbyggnad och vara ansluten till bränsehissen som förbinder mottagningsbassängerna med förvaringsbassängerna. Ett flertal av de befintliga systemen i CLAB, t ex kylsystem, vattenreningsystem och elsystem, utökas för att även täcka behoven i inkapslingsanläggningen.

I ett första skede kommer endast använt bränsle att kapslas in, men anläggningen är förberedd för att senare kompletteras med utrustning för hantering av långlivat låg- och medelaktivt avfall. Inkapsling av använt bränsle och hantering av övrigt avfall kommer att ske i separata kampanjer.

## Säkerhet vid drift

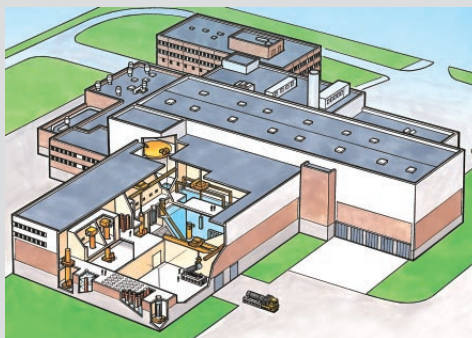
För att skydda personal och personer i omgivningen ställs höga krav på säkerheten vid driften av inkapslingsanläggningen. De uppställda kraven gäller bland annat strålskydd och brandskydd. Det använda bränslet ska alltid hanteras utan att det råder risk för kriticitet. Kraven på safeguards från såväl svenska som internationella kontrollmyndigheter ska tillgodoses. Inkapslingsanläggningen ska, i huvudsak, uppfylla samma säkerhetskrav som gäller för CLAB.

### Faktaruta

**Inkapslingsanläggningen** är dimensionerad för att färdigställa ca 200 kapslar med bränsle eller ca 100–200 kokiller med hårdkomponenter per år.

Anläggningens yta blir ca 65x80 m och höjden ca 25 m, vilket motsvarar höjden på mottagningsbyggnaden i CLAB. De totala investeringskostnaderna beräknas bli ca 2 miljarder kronor.

Utöver personalen i CLAB kommer det att krävas ca 40 personer för drift av anläggningen.



### Safeguards

System för kontroll av klyvbart material

Under konstruktionsarbetet analyseras tänkbara missöden. Inkapslingsanläggningen ska konstrueras så att en skada vid ett eventuellt missöde minimeras för att inte ge några allvarliga utsläpp av radioaktiva ämnen. Samtliga lyftanordningar för bränsle och kapslar ska säkerställa att hanteringen kan avslutas till ett säkert läge även om det blir strömavbrott. Säkerheten i inkapslingsanläggningen beskrivs närmare i /7-6/.

## Inkapslingsprocessen

Inkapslingen av det använda bränslet utförs i ett antal steg. I figur 7-2 ges en översiktlig bild över den tänkta inkapslingsprocessen.

Tomma kapslar transporteras från kapselfabriken till inkapslingsanläggningen i speciella transportlådor som förhindrar att insatsen börjar rosta under transporten. När kapslarna anländer till inkapslingsanläggningen kontrolleras de noga innan de förs vidare in i inkapslingsprocessen.

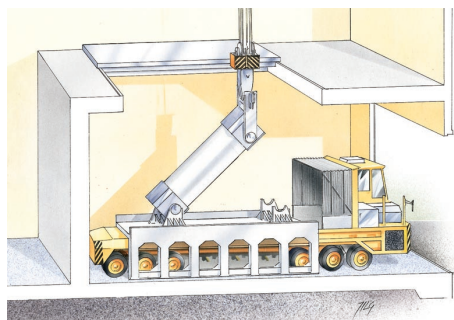
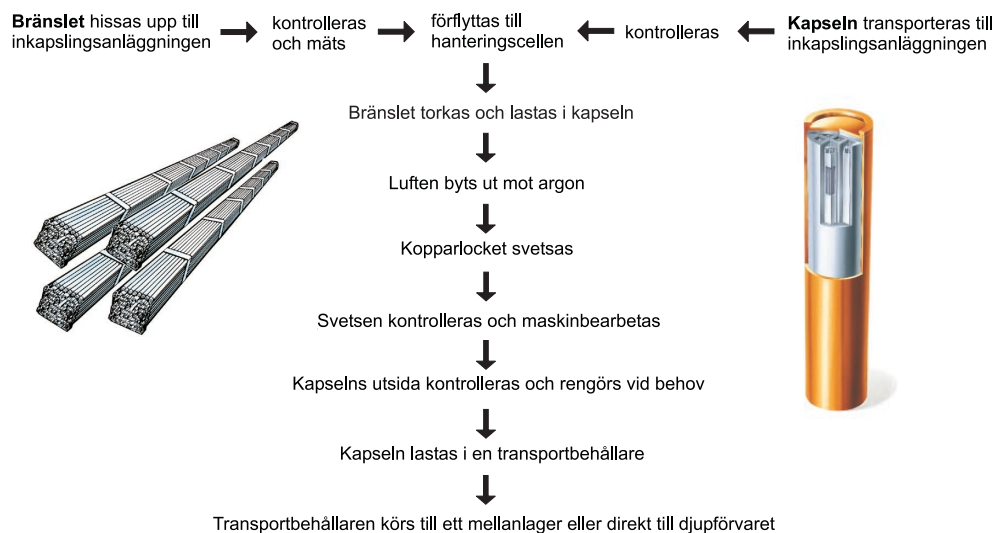
För att transportera bränsle från lagringsbassängerna i CLAB till bassänger i inkapslingsanläggningen används den befintliga bränslehissen. Liksom i CLAB har vattnet i inkapslingsanläggningens bassänger till uppgift att dels kyla det använda bränslet och dels skärma av strålningen. I inkapslingsanläggningen kontrolleras först bränslets identitet med hjälp av en kamera. Därefter lastas elementen om och placeras i en transportkassett som har plats för tolv BWR-element eller fyra PWR-element, dvs samma antal element som får plats i en kapsel. Vid omlastningen kan elementen passera en mätstation för att verifiera t ex utbränning och resteffekt.

### Utbränning

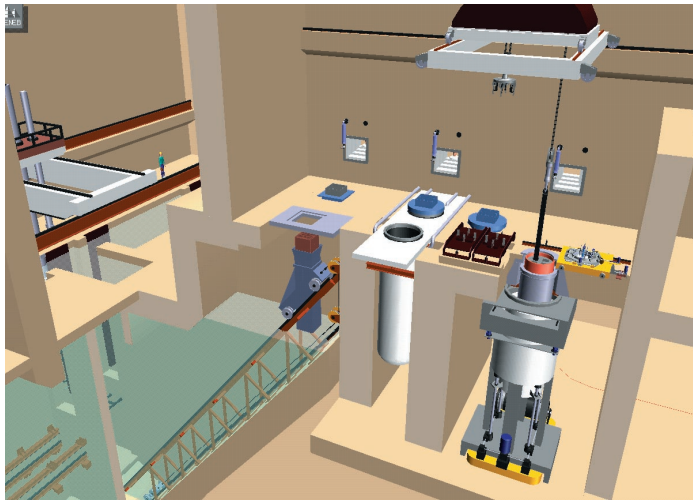
Den energimängd som har tagits ut ur bränslet

### Resteffekt

Den effekt som använt kärnbränsle avger p g a radioaktivt sönderfall



Figur 7-2. De olika stegen i processen för inkapsling av använt kärnbränsle.



*Figur 7-3. Bränslet förs via en ramp till hanteringscellen där bränslet torkas och lastas över i en kapsel.*

När en transportkassett är fylld förs den till en vagn som befinner sig i det nedre läget på en ramp i en av bassängerna. Vagnen med kassetten förflyttas uppför rampen tills kassetten är över vattenytan. För att skydda personalen från strålning sker all hantering av bränsle, från och med detta moment, bakom strålskärmade väggar eller med strålskärmad utrustning.

Vid rampens övre läge lyfts kassetten över till en hanteringscell, se figur 7-3. I cellen placeras kassetten i en torkposition där bränslet torkas med varm luft. När bränslet är torrt lyfts elementen ur och placeras i en kapsel som är dockad till en annan del av cellen. Kapseln befinner sig i en strålskärmad lastbärare som används för förflyttning av kapslar inom anläggningen. När kapseln är fylld bultas ett stållock fast på insatsen. Lastbäraren hämtas därefter av en fjärrstyrd luftkuddetruck.

Kapseln förflyttas till en station där den tomma volymen i insatsen, via en ventil i stållocket, vakuumpumpas och därefter fylls med argon. På detta sätt begränsas den mängd luft som finns kvar i kapseln till en acceptabel nivå. Innan kapseln lämnar stationen täthetsprovas stållocket.

I nästa station dockas kapseln till en vakuumkanmare. Luften i kammaren pumpas ur så att det även blir vakuum i spalten mellan kopparkapseln och den gjutna insatsen. Kopparlocket, som har transporterats till stationen separat, placeras på kapseln och försluts med elektronstrålesvetsning.

Bearbetning och oförstörande provning av svetsen sker i en separat station. Här görs först en visuell kontroll och en viss maskinbearbetning av svetsen. Därefter sker oförstörande provning med både röntgen och ultraljud.

Om svetsen blir underkänd vid den oförstörande provningen, men innehåller defekter som går att reparera, förs kapseln tillbaka till svetsstationen där den svetsas om. Därefter kontrolleras svetsens kvalitet på nytt. I de fall då svetsen ej går att åtgärda genom omsvetsning ställs lastbäraren med den underkända kapseln åt sidan, så att den normala produktionen inte hindras. Vid lämpligt tillfälle skärs kopparlocket upp varpå kapseln förs tillbaka till hanteringscellen. Där lastas bränslet över i en tom transportkassett som står i en av torkpositionerna. Kapseln dekontamineras och skickas till återvinning medan de urlastade bränslelementen i hanteringscellen lastas över i en ny kapsel.

När en kapsel har blivit godkänd vid den oförstörande provningen görs en slutlig maskinbearbetning av svetsen. Därefter förs kapseln till en position där den lyfts upp ur lastbäraren och förs över till nästa station. Detta lyft görs med en speciell kapselhanteringsmaskin som även används för att placera tomma kapslar i lastbärare. I stationen kontrolleras att kapseln inte är kontaminerad genom att strykprover tas på kapselns utsida. Stationen är utrustad med högtrycksvatten som används om det skulle visa sig att kapseln behöver dekontamineras.

Svetsen kontrolleras med röntgen och ultraljud

#### **Kontaminering**

Radioaktiv nedsmutsning



I det sista momentet i inkapslingsbyggnaden lyfts kapseln över till en transportbehållare. Kapseln sänks ned i behållaren som därefter förses med ett lock. Med en travers lyfts den fyllda transportbehållaren till en lastbärare som är placerad i en transportsluss. Behållaren transporteras ut ur anläggningen med hjälp av ett specialbyggt fordon. Liknande hantering av transportbehållare sker i dag rutinemässigt i CLAB. Från inkapslingsbyggnaden körs kapseln antingen direkt till djupförvaret eller till ett förråd för fyllda transportbehållare.

### 7.3.3 Mellanlagring av fyllda kapslar

Inom det inhägnade området för CLAB och inkapslingsanläggningen planerar SKB att bygga ett förråd där transportbehållare med färdiga kapslar kan mellanlagras i väntan på leverans till djupförvaret. Förrådet byggs i sektioner, där varje sektion utgörs av en betongplatta i en byggnad som rymmer cirka tio transportbehållare. Genom att bygga i sektioner kan lagringskapaciteten byggas ut successivt.

Mellanlagring av kapslar kan även ske i ett liknande förråd vid djupförvaret. Detta ger ökad flexibilitet och minskar risken för störningar om leveranserna av kapslar försenas. Antalet transportbehållare som behöver få plats i de två förråden beror på var djupförvaret och inkapslingsanläggningen lokaliseras.

### 7.3.4 Transport till djupförvaret

Det transportsystem som krävs för att överföra kapslar med bränsle från inkapslingsanläggningen till djupförvaret kommer att bygga på samma principer som dagens system för transporter från kärnkraftverken till CLAB. För att uppfylla de mycket höga säkerhetskrav som ställs kommer kapslarna att transporteras i särskilda transportbehållare. Behållarnas huvuduppgift är att skärma av den radioaktiva strålningen från bränslet. Transportbehållarna kan därmed hanteras av personalen utan några extra strålskyddsåtgärder. Utanpå fordon och eventuella järnvägsvagnar blir nivåerna så låga att de inte har någon påverkan på förbi-passerande.

Säkerheten mot att kapslarna skadas fås främst från transportbehållarna som, med god marginal, tål de påkänningar som rimligen kan tänkas uppstå även vid en allvarlig olycka. Transportbehållarna ska godkännas enligt de internationella krav som ställs i IAEA:s transportrekommendationer. Från säkerhetssynpunkt behövs inga skyddsåtgärder för de närboende när kapslarna transporteras till djupförvaret. Säkerheten vid transporter till djupförvaret redovisas närmare i /7-7/.

Den långa erfarenhet som finns av att transportera radioaktivt avfall – i Sverige och utomlands – kommer att tas tillvara vid utformningen av det framtida transportsystemet för inkapslat bränsle. Jämfört med dagens transporter till CLAB blir hanteringen i samband med transporter till djupförvaret enklare eftersom bränslet då är inkapslat i täta kapslar. Under mellanlagringen vid CLAB har strålningen från bränslet dessutom minskat avsevärt.

Transporterna till djupförvaret kan komma att ske till sjöss eller på land. Såväl järnväg som landsväg är möjliga alternativ vid transporter på land. Det kan även bli aktuellt att kombinera de olika transportsätten. Hur transportsystemet kommer att utformas beror på var djupförvaret lokaliseras.

### 7.3.5 Program för det fortsatta arbetet

I FUD-program 95 bedömde SKB att en tillståndsansökan för inkapslingsanläggningen skulle kunna lämnas in vid årsskiftet 1997/98. Det skede som ska ligga till grund för tillståndsansökan är nu genomfört men en ansökan kommer



att lämnas in först när platsundersökningar för djupförvaret påbörjats, dvs tidigast 2002. Med anledning av detta så planerar vi att förlänga det skedet.

Inkapslingsprocessen kommer att ses över för att undersöka om en vidareutveckling kan göras. Erfarenheterna från Kapsellaboratoriet kommer också att inarbetas. Vi planerar dessutom att låta göra fördjupade studier av hanteringen av härdkomponenter i inkapslingsanläggningen.

Under de närmaste åren kommer SKB att ta fram underlag för en tillståndsansökan. I ansökan kommer en preliminär säkerhetsrapport och en miljökonsekvensbeskrivning att ingå. Den anläggningsutformning som ska ligga till grund för ansökan utgörs av resultatet av det ovan nämnda arbetet.

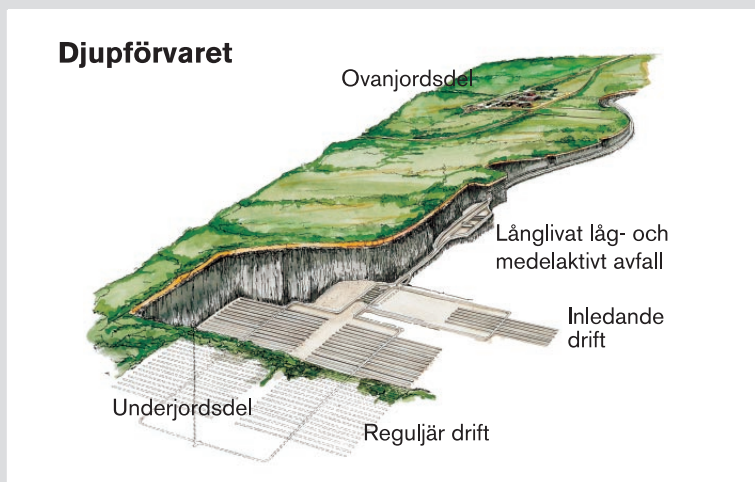
En stor del av utvecklingsarbetet under den närmaste perioden kommer att utföras i Kapsellaboratoriet. Programmet för detta arbete redovisas i avsnitt 7.6.2.

När det gäller den framtida kapselfabriken kommer SKB, under de närmaste åren, att göra mer detaljerade analyser av t ex anläggningsutformning, personalbehov och investeringskostnader. Program för provtillverkning av kapslar redovisas i avsnitt 7.6.1.

## 7.4 Utformning av djupförvaret

Arbetet med att utforma djupförvaret innefattar dels ett sammanhållet och stegvis genomfört projekteringsarbete, dels stödjande utvecklingsarbete inriktat på enskilda frågor eller systemkomponenter som kräver att befintlig teknik modifieras eller att ny teknik tas fram. Resultaten från utvecklingsarbetet matas successivt in i projekteringen.

### Faktaruta



#### Under jord

Områden för deponering av inkapslat bränsle och annat långlivat avfall, tunnlar och schakt för kommunikation och ventilation.

*Djup:* 400–700 m

*Utrymmesbehov:* 1–2 km<sup>2</sup>

*Tunnlar:* ca 15 km vid inledande drift  
ca 45 km fullt utbyggt

*Bergvolym:* ca 0,5 milj m<sup>3</sup> vid inledande drift  
ca 1,3 milj m<sup>3</sup> fullt utbyggt

*Personalbehov:* Ca 150 personer vid inledande drift, ca 220 personer vid full drift.

*Kostnad:* Totalt ca 13 miljarder kronor, varav ca hälften för bygge och inledande drift.

#### Ovan jord

Godsterminal, byggnader för hantering av transportbehållare, bentonit och återfyllnadsmaterial, nedfarter till anläggningar under jord, verkstäder, kontor, restaurang och besöksmottagning.

*Utrymmesbehov:* 0,1–0,3 km<sup>2</sup>

*Byggnadsvolym:* ca 100 000 m<sup>3</sup>

### Projektering

Samlingsterm för den process där allt tekniskt underlag samlas och bearbetas för att så småningom kunna omsättas till bygghandlingar och konstruktionsritningar

Djupförvarets utformning är än så länge baserad på allmänna data om berget

Den systematik som utarbetats för projekteringen av djupförvaret presenterades i kompletteringen till FUD-program 92 och senare även i FUD-program 95. I den senare lämnades också en detaljerad redovisning av kunskapsläge och program för teknisk planering och byggande av djupförvaret. Innehållet i programmet gäller fortfarande men tidsplanen har reviderats och anpassats till lokaliseringsprocessen. I det följande sammanfattas nuläget för projektering och teknikutveckling.

## 7.4.1 Projektering

Projekteringen är den sammanhållna process där det vittförgrenade tekniska planerings- och utvecklingsarbetet samlas och koordineras, för att därefter omsättas till konkret underlag för byggande och drift. Processen omfattar såväl anläggningar och utrustningar ovan och under jord, som planering av själva verksamheterna under bygg- och driftskedena. På samma sätt som för inkapslingsanläggningen projekteras djupförvaret i steg som svarar mot successivt ökande detaljeringsnivå. Under arbetets gång görs systemstudier, där alternativa utformningar och delkonstruktioner utreds.

Projekteringsarbetet ska ytterst utmynna i att djupförvaret får en utformning och konstruktion som:

- möjliggör att djupförvaret byggs med beprövad teknik och god kontroll på utförandet,
- tillåter säker och rationell drift,
- tillåter eventuellt återtag av kapslar,
- uppfyller alla fastställda krav på funktion efter deponering och förslutning.

Av kraven följer att projekteringen hela tiden måste drivas väl samordnad med forskningen, säkerhetsanalysen och lokaliseringsarbetet.

Tidigare skeden av projekteringsarbetet har bland annat resulterat i en anläggningsbeskrivning med exempel på hur djupförvaret kan utformas /7-8, 7-9, 7-10/. Exempelen är inte knutna till någon viss plats, utan bygger på generella data om berggrunden och allmänna konstruktionsförutsättningar i övrigt. De är ändå relativt detaljerade och innefattar alla djupförvarets delar ovan- och under jord, liksom olika sätt att förbinda anläggningarna.

Anläggningsbeskrivningen är det första samordnade förslaget till utformning av djupförvaret och är grunden för den fortsatta projekteringen. Tillsammans med andra data har den utgjort underlag för den systemanalys med tillhörande studie av säkerheten vid drift av djupförvaret som redovisas parallellt med FUD-program 98 /7-5, 7-11/. Vidare ger anläggningsbeskrivningen viktiga förutsättningar för att välja bergbrytningsteknik, utforma maskiner och fordon samt för att ta fram systemlösningar för viktiga funktioner under jord, exempelvis ventilation, bergdränage och elförsörjning.

Hittills har projekteringsarbetet nästan helt baserats på generella data. Detta är en följd av att lokaliseringsarbetet befinner sig i ett tidigt skede. De översiktstudier och förstudier som genomförts eller pågår ger inte de data om berggrunden som behövs för att närmare studera hur anläggningarna under jord skulle kunna anpassas till lokala förhållanden. Data som behövs för att platsanpassa anläggningarna ovan jord är mera lättillgängliga. Förstudierna har därför i några fall inkluderat skisser till utformningar för speciellt studerade lägen. Bland annat har möjligheterna att ansluta djupförvarets ovanjordsanläggningar till befintliga kärntekniska anläggningar studerats för Forsmark (Östhammars kommun) /7-12/ och Studsvik (Nyköpings kommun) /7-13/. Detta beskrivs närmare i avsnitt 6.3.

Nästa huvudskele i projekteringsarbetet kommer när platsundersökningar inletts. Då börjar arbetet med att anpassa djupförvarets utformning i stort (layout) och konstruktion (design) till förhållanden på den plats som undersöks, se figur 7-4. För varje studerad plats kombineras och anpassas dellösningar till en helhet. Byggnalys görs för att utvärdera lösningarna vad avser byggtkniskt viktiga faktorer, möjliga byggmetoder, resursbehov m m.

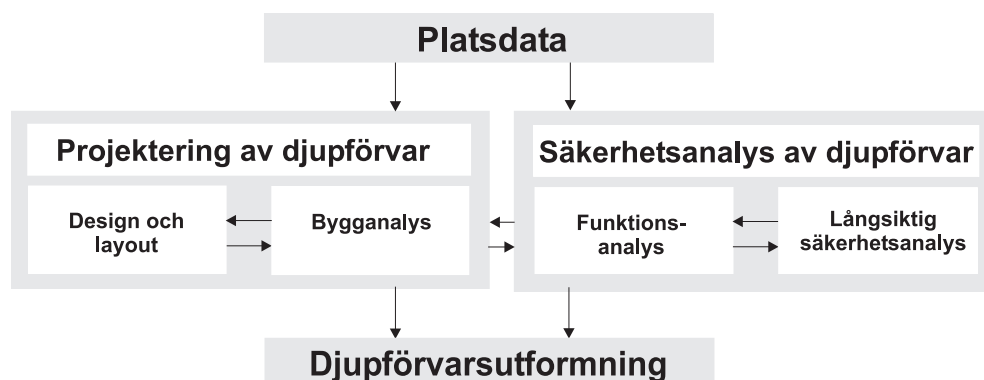
Projekteringen görs mer och mer detaljerad i den takt data blir tillgängliga från platsundersökningarna. En första fas bedöms kunna starta ungefär ett år efter det att platsundersökningar påbörjats. Då anpassas lägen och utformning av ovan- och underjordsdelarna i grova drag till platsens förutsättningar. Vidare bestäms hur delarna ska förbindas med varandra (schakt eller ramp). Situationsplaner över anläggningarna och layoutritningar för tunnelsystem och nedfarer tas fram. I en andra fas, med start ett par år senare, utarbetas ritningar och annat underlag som beskriver såväl utformning och funktion av enskilda anläggningsdelar, som hur delarna knyts ihop till en helhet. Slutprodukten blir en platsanpassad utformning av djupförvaret som ingår i underlaget för ansökan om detaljundersökning och bygge.

## 7.4.2 Systemstudier

### Alternativa deponeringsmetoder

Parallellt med utvecklingen av KBS-3-metoden har SKB studerat och utvärderat andra deponeringsmetoder. En jämförelse redovisades 1992 /7-14/, varvid KBS-3-metoden framstod som mest fördelaktig. Studierna av alternativa deponeringsmetoder har dock fortsatt. Ett av de alternativ som redovisades 1992 var deponering i mycket djupa borrhål (flera tusen meter). För att bättre kunna utvärdera detta alternativ har befintlig kunskap om förhållandena på stora djup sammanställts /7-15/. Detta behandlas närmare i kapitel 9.

Mera tekniskt inriktade studier har gjorts av dels varianter av KBS-3-metoden, dels ett alternativ med horisontell deponering i medellånga tunnlar (MLH-metoden). De varianter av KBS-3-metoden som har studerats är placering av flera kapslar i samma deponeringshål samt horisontella deponeringshål borrhåll i tunnelväggen. Förutom själva placeringen av kapslarna har studierna också omfattat olika sätt att genomföra deponeringen och principerna för strålskärning m m /7-16/. Arbetet har bland annat resulterat i slutsatsen att strålskydd som helt omsluter kapseln är att föredra. Ett annat resultat är att metoder för borrhåll eller fräsning av deponeringstunnlar med önskade tvärsnitt bör utredas närmare.



*Figur 7-4. Schematisk bild av kopplingarna mellan data från platsundersökningar, projektering och säkerhetsanalyser.*

Djupförvaret ska anpassas till bergförhållanden på plats. Till det behövs data från platsundersökningar

### MLH

Medium Long Holes

Förvaringsmetod där kapslarna deponeras horisontellt i små, borrade tunnlar

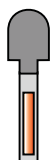
### FEBEX

Full scale engineering barriers experiment in crystalline host rock

Försök med simulering av horisontell deponering vid berglaboratoriet i Grimsel, Schweiz

### ENRESA

SKB:s motsvarighet i Spanien



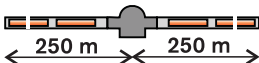
KBS-3  
Huvudalternativet



KBS-3  
Deponering av flera kapslar



KBS-3  
Deponering i horisontella hål



Medellånga tunnlar (MLH)

Systemstudierna har inte förändrat vår tidigare uppfattning att KBS-3-metoden bör vara kvar som huvudalternativ. Vi anser dock att även MLH-metoden bör studeras vidare av både tekniska och ekonomiska skäl. En möjlig fördel med MLH är att deponeringen förenklas, genom att kapsel och bentonitbuffert kan hanteras som en enhet. Jämfört med KBS-3 är emellertid MLH baserad på mer oprövade tekniska lösningar. En avgörande fråga är möjligheterna att i små, horisontella tunnlar deponera kapslar och applicera buffertmaterial så att önskad kvalitet uppnås. Andra frågor rör teknik för borrning och tätning av tunnlar. Ett fullskaleförsök med deponering i en borrad tunnel (FEBEX) pågår vid berglaboratoriet i Grimsel, Schweiz /7-17/. Försöket genomförs i ett internationellt samarbete och leds av spanska ENRESA. SKB deltar i samarbetet och vi kommer att följa försöket som ett led i utvecklingen av MLH-metoden.

SKI framförde i sitt remissvar till FUD-program 95 att MLH-metoden och relaterad maskinutveckling bör prövas vid Äspölaboratoriet. SKB delar den uppfattningen, men menar att resultaten från pågående utredningsarbeten, FEBEX-försöket i Grimsel och planerade försök med vertikal deponering i Äspö ger underlag som bör avvaktas innan ett eventuellt beslut tas att prova MLH-metoden i full skala.

## Förvar i två plan

I början av 1980-talet studerades möjligheterna att utforma djupförvaret i två plan med 100 meters nivåskillnad mellan planen. Det skulle minska förvarets horisontella utbredning, vilket kan öka flexibiliteten vid lokalisering och utformning. Konceptet ger också nackdelar. Det kan exempelvis bli svårare att ordna rationell driftskommunikation och vissa funktioner kan behöva dubbleras.

Senare har utformningar i två plan nyttjats för beräkningsexempel i pågående säkerhetsanalyser (SR 97). Vidare har termomekaniska aspekter av en sådan utformning analyserats /7-18/. I linje med strävan att ta fram ett brett allmänt underlag inför en platsanpassad utformning av djupförvaret är bedömningen att även alternativet med förvar i två plan bör studeras vidare. SKI påpekade också i sin granskning av FUD-program 95 att man önskade se en förnyad utredning och en jämförelse med förvar i ett plan.

## 7.4.3 Teknikutveckling

Bygge, drift och förslutning av djupförvaret kan till stor del ske med teknik som är känd och beprövad från andra områden. Kunskapen hämtas i stor utsträckning från den kärntekniska industrin, undermarksbyggande och konventionell anläggningsverksamhet. De speciella krav som ställs på djupförvaret och den till delar unika verksamheten innebär att det ändå krävs betydande insatser för att anpassa befintlig teknik eller, i vissa fall, utveckla ny. Detta utvecklingsarbete berör en rad teknikområden och innefattar allt från beräkningar och utredningar till försök där systemkomponenter provas i full skala.

Mål och omfattning för SKB:s teknikutveckling beskrevs i FUD-program 95. Allmänt kan sägas att tyngdpunkten gradvis förskjuts från teori, beräkningar och experiment i mindre skala, mot utprovning och demonstration av systemdelar i full skala. Ett viktigt steg i den riktningen tas nu i och med de försök och demonstrationsaktiviteter som planeras vid Äspölaboratoriet. Dessa innebär att studier av säkerhet och funktion hos systemdelar integreras med utprovning och demonstration av teknik och praktiskt genomförande. Programmet för fullskaleprovning redovisas i avsnitt 7.6.

En översikt över viktiga teknikfrågor som är föremål för utvecklingsinsatser av olika slag ges i tabell 7-1. I det följande redovisas kortfattat nuläget i utvecklingsarbetet som hänför sig till bygge, drift och förslutning av djupförvaret. Eventuellt återtag av kapslar behandlas i avsnitt 7.5.

**Tabell 7-1. Viktiga teknikfrågor för olika skeden av djupförvarsprojektet**

<b>Bygge under jord</b>	Borring av tunnlar (TBM-teknik) Borring av deponeringshål Injektering för bergtätning Detaljerad bergbeskrivning vid tunneldrivning
<b>Drift</b>	Tillverkning av bentonitblock Deponering av kapslar och buffertmaterial Återfyllning och förslutning av deponeringstunnlar
<b>Förslutning</b>	Återfyllning av tunnlar, schakt och ramper Permanent förslutning av tunnlar (pluggar) Förslutning av borrhål
<b>Återtag</b>	Friläggning och upptagning av kapslar

## Bygge under jord

### *Tunnelborring*

Drivningen av djupförvarets tunnlar kan antingen ske med konventionella metoder (sprängning) eller med tunnelborrningsmaskin (TBM) som i en operation borrar ut hela tunnelprofilen. Värdering och val av drivningsmetod för de tunneltyper och ramper som blir aktuella kommer att göras i ett relativt sent skede. Konventionell drivningsteknik finns tillgänglig för alla tunneltyper och ramper. Teknik för att borra tunnlar och ramper finns också tillgänglig, men de maskintyper som finns på marknaden är avsedda för att borra enstaka, långa tunnlar. Det krävs viss vidareutveckling och anpassning av tekniken för att kunna borra många och korta tunnlar, vilket blir aktuellt i djupförvaret.

ZEDEX-försöket vid Äspölaboratoriet har slutförts och redovisats /7-19/. Huvudsyftet med detta försök var att jämföra de mekaniska skadorna i tunnelväggarna, vid drivning med sprängning respektive borring. Försöket gav viktig kvantitativ information om skadebilden för de båda drivningsmetoderna, liksom för olika varianter av sprängning. Som väntat gav borring väsentligt mindre skador kring tunneln än sprängning.

### *Borring av deponeringshål*

Den teknik som kommer att användas för att borra deponeringshål är i grunden densamma som används för att borra horisontella tunnlar. Att borra nedåt är dock en ovanlig tillämpning, och det krävs anpassning och utprovning av tekniken. Ett första försök i nära full skala har tidigare gjorts i finska Olkiluoto i samarbete med Posiva /7-20/. Resultaten indikerade att metoden kan vidareutvecklas till erforderlig kapacitet. Borringarna i Olkiluoto har också nyttjats för att utveckla metoder att kvantitativt beskriva den zon runt borrhålet där berget påverkas mekaniskt av borringen /7-21/.

För närvarande planeras borring av ett tiotal deponeringshål i full skala vid Äspölaboratoriet. Målet med borrarprogrammet är dels att utvärdera och vidareutveckla borrar-tekniken som sådan, dels att åstadkomma de deponeringshål som behövs för planerade fullskaleförsök och demonstrationsaktiviteter. Detta behandlas närmare i avsnitt 7.6.

### *Injektering*

Djupförvarets säkerhet förutsätter inte några åtgärder för att täta berget eller påverka dess egenskaper i övrigt. Under bygge och drift av djupförvaret är det däremot viktigt att ha god kontroll på inflödet av grundvatten. SKB bedriver därför sedan länge ett aktivt utvecklingsarbete inom området injektering för

#### **TBM**

Tunnelborrningsmaskin

#### **ZEDEX**

Zone of excavation disturbance experiment

Forskningsprojekt vid Äspölaboratoriet om skador i tunnelväggarna vid borring och sprängning av tunnlar

#### **Posiva**

SKB:s motsvarighet i Finland

#### **Injektering**

Tätningemedel, oftast betong, pressas in i bergets sprickor för att täta dessa och förhindra att vatten läcker in i tunnlar



tätning av vattenförande strukturer i samband med bergbyggnad. Arbetet har utvidgats sedan FUD-program 95 presenterades, och en projektorganisation med forskningsresurser från högskolor och annan expertis har etablerats /7-22/.

Ett viktigt syfte med det pågående utvecklingsarbetet är att öka förståelsen för injekteringsförloppet och hur resultatet beror av egenskaperna hos injekteringsmaterial och berg. Detta är väsentligt för att kunna välja injekteringsteknik och göra tillförlitliga förutsägelser av resultatet, baserat på data från bergundersökningar. Vi studerar särskilt injektering under de förhållanden som kan förväntas i djupförvaret när det gäller bergkvalitet och vattentryck. Ett annat syfte med det arbete som görs är att bredda och fördjupa kunskaperna om injekteringsmaterialens beständighet och deras eventuella påverkan på de kemiska förhållandena i djupförvaret. Vikten av en ökad förståelse för dessa faktorer betonades särskilt i SKI:s granskning av FUD-program 95.

Teoretiska och experimentella arbeten om bland annat injekteringsmaterialens strömningsegenskaper har förbättrat förståelsen för injekteringsförloppet i en bergmassa /7-23/. Uppföljningar av injekteringsarbeten har visat att injekteringsförloppet kan beskrivas relativt väl. En bra bank av fältdata har också kunnat byggas upp /7-24, 7-25/. Däremot är kunskapen fortfarande otillräcklig när det gäller att överföra erfarenheter från en geologisk miljö till en annan.

## Drift

### *Tillverkning av bentonitblock*

Högkompakterad bentonit i form av block kommer att användas som buffert kring kapseln. Ett annat användningsområde för bentonitblock är som komponenter i eventuella pluggar för förslutning av tunnlar. I huvudsak finns två metoder att tillgå för framställning av bentonitblock: isostatisk pressning och enaxlig pressning /7-26, 7-27, 7-28/. Båda metoderna vidareutvecklas och provas av SKB. Syftet är att ta fram metoder och utrustning som klarar att, i industriell skala, framställa de block som behövs i djupförvaret.

Isostatisk pressning har fördelen att blocken blir homogena även om de görs stora. Nackdelen är det troligen krävs mekanisk bearbetning efter pressning. Det finns i dag ingen utrustning tillgänglig i Sverige som klarar isostatisk pressning av block i den storlek som behövs i ett deponeringshål. Försök har dock gjorts i mindre skala (cirka 1:4). Resultaten är goda både när det gäller kvalitet och möjligheterna att efterbearbeta blocken till önskade dimensioner.

Med enaxlig pressning kan tillgängliga pressutrustningar, ursprungligen avsedda för andra ändamål, användas för att experimentellt tillverka bentonitblock i full skala. En nackdel med enaxlig pressning är att blocken kan bli inhomogena. Försök har dock visat att detta problem går att lösa. Såväl stora som små block har framställts med enaxlig pressning. Denna metod kommer att användas för att tillverka de mer än 100 block som behövs för de planerade fullskaleförsöken vid Äspölaboratoriet, se avsnitt 7.6. En pressform för detta har tagits fram, och en experimentserie på drygt tio block har framställts för att slutjustera tillverkningsprocessen. Figur 7-5 visar ett av blocken.

Slutsatserna av utvecklingsarbetet hittills är att både isostatisk- och enaxlig pressning kan användas för att framställa block till bufferten kring kapslarna. För övriga block är enaxlig pressning den lämpligaste metoden.

### *Deponering av kapsel och buffertmaterial*

Deponeringen av kapseln och de bentonitblock som ska forma den omgivande bufferten innefattar en kedja av operationer där det ställs höga krav på både driftsäkerhet i själva genomförandet och på slutresultatet. Utvecklingsinsatser krävs både vad gäller deponeringsutrustning och genomförande av deponeringssekvensen.

#### **Isostatisk pressning**

Materialet belastas med lika tryck i alla riktningar

#### **Enaxlig pressning**

Materialet belastas i en riktning

En provserie av fullstora bentonitblock tillverkas



*Figur 7-5. Ringformat bentonitblock i full skala (ytterdiameter 1,65 m, höjd 0,5 m) tillverkat med enaxlig pressning. Block av denna typ kommer att användas för fullskaleförsöken vid Äspölaboratoriet.*

Stegen i den planerade deponeringssekvensen är följande:

- Kontroll, dokumentation m m av deponeringshålet, samt preparering genom bottenavjämning.
- Applicering av solida bentonitblock som ska ligga under kapseln och ringformade block som ska omge kapseln.
- Deponering av kapseln.
- Applicering av bentonitblock ovanför kapseln.
- Återfyllning med bentonit och grus upp till tunnelnivån.

Hela processen med deponering av kapseln måste ske i strålskyddad miljö. Vi har studerat olika principer för detta och beslutat att strålskyddet ska ha en utformning som innebär att kapseln helt omsluts av strålskärm ända tills deponeringen är genomförd. Strålskyddet med kapseln inuti kan då parkeras över deponeringshålet, och flyttas bort först när kapseln deponerats och täckts med bentonitblock som skärmar av strålningen. En viktig faktor är vilken bentonittjocklek som behövs ovanför kapseln för att tillåta arbete i tunneln utan hänsyn till strålning. Beräkningar visar att ett cirka 0,5 meter tjockt lock av högkompakterad bentonit ger tillräckligt strålskydd under normala förhållanden.

Vattenmättnadsförloppet i bentonitblocken, liksom den täthet som uppnås efter vattenmättnad, är väsentliga parametrar för buffertens funktion. Dessa parametrar kan påverkas i samband med deponeringen. Det finns bland annat olika alternativ vad gäller blockens initiala vattenkvot. En initiiellt förhöjd vattenkvot underlättar värmeledningen genom bufferten efter deponering. Den lägre täthet som fås kan kompenseras genom att fylla spalten mellan bentonitblock och berg med pellets av bentonit. Olika metoder för detta studeras. Försök har visat att det är praktiskt möjligt att tillverka block med förhöjd vattenkvot.

En annan åtgärd som kan förbättra värmeledningen i initialskedet efter deponering är att vattenfylla spalterna mellan kapsel och bentonitblock, respektive mellan bentonitblock och berg. Av bland annat detta skäl undersöks olika möjligheter att artificiellt tillföra vatten i spalterna.

Deponering i strålskyddad miljö

#### **Vattenkvot**

Viktförhållandet mellan vatten som avgår från materialet vid temperaturen 105°C och det kvarvarande torra materialet

Utvecklingsarbetet avseende fordon och annan utrustning för deponeringen har intensifierats. För närvarande tillverkas en prototyp av en deponeringsmaskin i full skala. Detta redovisas närmare i avsnitt 7.6.

### *Återfyllning och förslutning av deponeringstunnlar*

Återfyllningen av deponeringstunnlarna planeras att utföras med lager av återfyllnadsmaterial som kompakteras på plats. Det utvecklingsarbete som pågår syftar till att ta fram material och driftsmässiga metoder för applicering, som uppfyller de mekaniska, kemiska och hydrauliska krav som ställs på återfyllningen.

Olika material har tagits fram och provats i laboratorium /7-29/. Blandningar av bentonit och krossat berg, eller bentonit och kvartssand, har visat sig uppfylla kraven. Lämplig materialsammansättning påverkas starkt av yttre förhållanden där grundvattnets salthalt är en viktig parameter. Ökad salthalt kräver en större andel bentonit för att materialet ska få önskade svällningsegenskaper. En annan möjlighet som studeras är att använda enbart bergkross som återfyllnadsmaterial, möjligen i kombination med permanenta tunnelförslutningar som begränsar möjligheterna till vattenflöde längs tunnlar efter deponering.

Inledande fältförsök med blandning, återfyllning och packning i tunnlar har gjorts vid Äspölaboratoriet. Exempel på praktiska aspekter som har studerats är olika metoder för komprimering samt särskilda åtgärder som krävs för att återfylla närmast tunneltaket. Ytterligare fältförsök planeras, se avsnitt 7.6.

Efter återfyllning ska deponeringstunnlarna temporärt förslutas så att de avskiljs från anslutande transporttunnel. Förslutningarna måste konstrueras så att de är tillräckligt täta och kan motstå de vatten- och svälltryck som byggs upp i återfyllningen. Tunnelförslutningar av betong är känd teknik och därför studerar SKB olika betongkonstruktioner för deponeringstunnlarna. Övergången mellan förslutning och berg är en viktig del av konstruktionen. I en sprängd tunnel måste även den sprängskadade zonen kring tunneln tätas, vilket kan åstadkommas genom att förslutningen går in i en slits i bergväggen. Försök i Stripa har visat att god tätning mellan berg och betong då kan fås med hjälp av en "O-ring" av bentonit /7-30, 7-31/. Den inverkan som förslutningarna kan ha på grundvattnet och den kemiska miljön på längre sikt är underordnad, eftersom de kan tas bort i ett senare skede.

## **Förslutning**

### *Permanenta pluggar*

Permanent förslutningar som täcker hela tunnelprofilen kan bli aktuella för att reducera grundvattenflödet i och längs med återfyllda tunnlar och schakt. Förslutningar kan också behövas för att isolera sprickzoner som skär genom deponeringstunnlar.

Permanent förslutningar i form av pluggar har analyserats i flera studier, vad avser effekter på grundvattenströmning och bergmekaniska aspekter /7-32, 7-33, 7-34/. Pluggfunktionen har utvärderats för en rad olika antaganden beträffande tunnelåterfyllningens och den störda zonens hydrauliska egenskaper. Möjliga utformningar och konstruktioner av pluggar har också studerats.

Inför det fortsatta utvecklingsarbetet kvarstår två huvudfrågor, nämligen att avgöra:

- om permanenta pluggar överhuvudtaget behövs, och i så fall hur många. Denna fråga bör anstå tills dess att kriterier för flöden fastställts och plats-specifika data finns tillgängliga,

Olika material för att återfylla tunnlar provas

Betongkonstruktioner för att tillfälligt försluta återfyllda deponeringstunnlar utvecklas

Pluggar kan komma att användas för att permanent försluta tunnlar och schakt. Möjliga konstruktioner utreds, men behovet avgörs först när det finns data från platsundersökningar

- hur permanenta pluggar ska utformas. De viktigaste frågorna är här att avgöra vilka material som kan tillåtas i pluggarna och hur man, helt eller delvis, kan utnyttja tidigare byggda temporära förslutningar av deponeringstunnlar.

### *Förslutning av borrhål*

Vid plats- och detaljundersökningar, och även under byggskedet, kommer ett stort antal hål att borraras för att undersöka berget kring djupförvaret. Vid förslutning måste hålen tätas permanent för att förhindra vattentransport.

Pågående teknikutveckling syftar till att ta fram rationella och effektiva metoder för att täta borrhål slagna från markytan eller från tunnlar. Planeringen är att i första hand gå vidare med teknik som utvecklats i Stripa. Där gjordes försök med tätningar baserade på bentonitpluggar /7-35/.

## **7.4.4 Program för det fortsatta arbetet**

### **Projektering**

Programmet för den samlade projekteringen av djupförvaret anpassas till lokaliseringens verksamhet. Med planerad start för platsundersökningar om drygt tre år innebär det att verksamheten under den närmaste treårsperioden baseras på befintliga anläggningsbeskrivningar och generella berggrundsdata. Det underlag som vi tar fram bör vara så pass brett att de olika tekniska lösningar som, allt efter lokala förhållanden, kan bli aktuella i det platsanpassade skedet också finns genomarbetade i tillräcklig grad när detta skede börjar.

Under de kommande tre åren planeras särskilda utredningsinsatser, framförallt när det gäller:

- deponeringsmetoder,
- utformning av berganläggningar (tunnlar, berggrum, schakt, ramper),
- inbördes placering av tillfarter och områden under jord, samt inbördes placering av tunnlar och deponeringshål,
- faktorer som styr utformning, byggteknik och deponeringsteknik.

I ett sexårsperspektiv bedömer vi att platsundersökningarna har kommit en bra bit på väg och att en första fas av platsanpassad projektering har påbörjats. Val av vissa tekniska delsystem aktualiseras redan i inledningsskedet av den platsanpassade fasen. Det gäller bland annat tillfartsalternativ, transportsystem och drivningsmetoder för tunnlar.

När principlösningar för dessa delsystem fastställts beror projekteringsarbetet av det geovetenskapliga underlag som kommer fram från platsundersökningarna. Det underlag som kan förväntas finnas inom en sexårsperiod används för att ta fram en grov, platsanpassad utformning av djupförvaret. Det innebär att läge, yttre begränsningar och utformning av anläggningarna ovan jord redovisas preliminärt. Anläggningsdelar under jord placeras preliminärt och avgränsas med hänsyn till geologin, speciellt med avseende på lägen av större deformationszoner.

### **Alternativ för deponering**

De varianter för deponering som vi enligt 7.4.2 identifierat för huvudmetoden utvärderas under den kommande treårsperioden. MLH-metoden vidareutvecklas genom att de jämförelsevis oprövade tekniska lösningarna som ingår i metoden studeras vidare. Beroende på resultatet av dessa studier kan därefter försök med

Inom en sexårsperiod förväntas platsundersökningarna ge underlag för en preliminär platsanpassad utformning av djupförvaret

Studierna av alternativa deponeringsmetoder fortsätter



horisontell deponering vid Äspölaboratoriet övervägas. Konceptet med förvar uppdelat i två plan avser vi att bearbeta vidare till en detaljeringsnivå som motsvarar underlaget för platsanpassad projektering.

## Teknikutveckling

Utveckling och konstruktion av maskiner och fordon är en huvuduppgift under de närmaste åren. Verksamheten vid Äspölaboratoriet är basen för huvuddelen av maskinutvecklingen. Programmet för provning i full skala av teknik för bygge och drift innebär att:

- ett antal deponeringshål borras,
- en prototyp av en deponeringsmaskin tillverkas och provas,
- deponeringssekvensen provas,
- återfyllningstekniken provas.

Planeringen för dessa aktiviteter redovisas i avsnitt 7.6.

Parallellt med teknikprovningen vid Äspölaboratoriet kommer vi att fortsätta utvecklingsarbetet inom de områden som beskrivs i avsnitt 7.4.3. Tekniken för borrning av tunnlar bevakas även fortsättningsvis. Det gäller både den maskintekniska utvecklingen och erfarenheter av applikationer på olika håll.

### *Injektering*

Inom området injektering för bergtätning planerar vi att under den kommande treårsperioden fortsätta studierna av modeller som beskriver berget ur injekteringssynpunkt och simulerar injekteringsförloppet. Vi avser också att utveckla en hydraulisk testmetod för fältprovning av bergets injekteringsegenskaper. Vidare planeras undersökningar av olika injekteringsmaterials strömningsegenskaper, tätningsförmåga och beständighet. Huvuddelen av de experimentella studierna görs i laboratorium. Mot slutet av treårsperioden planeras ett större verifierande fältförsök vid Äspölaboratoriet. Injekteringsmaterialens egenskaper ur miljösynpunkt kommer att kartläggas innan de används.

### *Tillverkning av bentonitblock*

Teknikutvecklingen för tillverkning av bentonitblock kommer att drivas vidare. Under de närmaste tre åren planerar vi att:

- tillverka de block som behövs för försöken vid Äspölaboratoriet (enaxlig pressning),
- fortsätta utvecklingen av tekniken för isostatisk pressning,
- jämföra metoderna enaxlig respektive isostatisk pressning, tekniskt och ekonomiskt,
- fortsätta utvärderingen av vilken betydelse bentonitkvalitet och förbehandlingsmetoder har för blockens kvalitet och funktion.

### *Förslutning av tunnlar och borrhål*

Tunnelförslutningar i form av pluggar av den typ som planeras för att tillfälligt försluta deponeringstunnlar kommer att ingå i flera av fullskaleförsöken vid Äspölaboratoriet. De mätresultat som blir tillgängliga från försöken kommer att användas för att analysera pluggarnas hydrauliska och mekaniska funktion. Med detta som grund vidareutvecklas förslagen till konstruktion och utförande för pluggar och tätning mellan plugg och omgivande berg. Arbetet pågår kampanjvis

#### **Fortsatt teknikutveckling för**

- Injektering
- Tillverkning av bentonitblock
- Förslutning av tunnlar och borrhål



under den kommande sexårsperioden. Delresultat beräknar vi ska finnas framme om cirka 3 år.

Det eventuella behovet av permanenta förslutningar kan inte avgöras förrän kriterier för flöden fastställts och data från platsundersökningar finns tillgängliga. I avvaktan på detta kommer vi att utreda de generella förutsättningarna för att använda gjutna pluggar som permanenta förslutningar. Mängder och typer av betong som kan tillåtas med hänsyn till de kemiska förhållandena i förvaret är en viktig faktor. Vidare planerar vi utredningar för att öka förståelsen för den komplexa mekaniska funktionen hos systemet berg-återfyllning-plugg. Förutom materialegenskaperna hos komponenterna i systemet måste såväl momentana som tidsberoende belastningar och deformationer beaktas.

Vidareutvecklingen av teknik för att försluta borrhål innefattar såväl materialval som praktiskt genomförande. Under perioden planeras fältförsök vid Äspö-laboratoriet. Inom en sexårsperiod planerar vi att vidareutveckla befintlig teknik för kortare hål (några hundra meter) för applikationer i djupa undersökningshål (upp till cirka 1 000 meter).

## 7.5 Eventuellt återtag av deponerade kapslar

Djupförvaret ska utformas så att det är möjligt att återta deponerade kapslar. Detta krav får dock inte leda till att förvarets långsiktiga funktion försämras. Återtag kan bli aktuellt för samtliga cirka 400 kapslar i det första steget av djupförvaret, om en annan metod för att ta hand om eller ta vara på kärnbränsle skulle föredras i framtiden. De återtagna kapslarna ska kunna mellanlagras i en särskild anläggning. En enskild kapsel kan också behöva tas upp ur ett deponeringshål om något av säkerhetskraven inte skulle vara uppfyllt.

### 7.5.1 Återtag från djupförvaret

Innan bentonitleran i deponeringshålet har mättats med vatten och svällt kan kapseln tas upp till deponeringstunneln utan att bentoniten behöver tas bort. Om bentoniten har hunnit vattenmättas måste kapseln först friläggas från bentoniten för att kunna återtas.

SKB har utvärderat fyra olika tekniker för att frilägga en kapsel: mekanisk bearbetning, hydrodynamisk avverkning, termisk påverkan och elektrisk påverkan. En beskrivning, utvärdering och jämförelse av dessa tekniker ges i /7-36/. Metoderna för friläggning är i varierande grad beroende av kunskap om kapselns position i deponeringshålet.

För att utveckla en teknik som kan användas för att bestämma kapselns position i deponeringshålet har vi hittills studerat mekaniska, elektromagnetiska, termiska och akustiska metoder. Ingen av dessa metoder bedöms kunna användas för en mera detaljerad bestämning av kapselns position i ett öppnat deponeringshål. Akustiska och elektromagnetiska metoder anses dock kunna användas när avståndet till kapseln är litet. Svårigheterna med att noggrant detektera kapselns position innebär att det framtida utvecklingsarbetet bör inriktas på en återtags-teknik som ställer låga krav på positionsbestämning.

Resultatet av det arbete som vi hittills har utfört är att en hydrodynamisk och en termisk metod förefaller kunna vidareutvecklas så att de kan användas för att frilägga en kapsel i djupförvaret. Den hydrodynamiska tekniken som kan bli aktuell går ut på att den övre delen av bentoniten först luckras upp med saltvatten, varefter det uppluckrade lagret pumpas bort från hålet. Vid termisk friläggning av kapseln kyls bentoniten, vilket medför att bentonitens volym minskar. Volymminskningen ger upphov till att det bildas en spalt runt kapseln.

Kapslarna kan tas upp ur djupförvaret

#### En deponerad kapsel kan friläggas

- mekaniskt (bentoniten borras bort)
- hydrodynamiskt (bentoniten spolats bort)
- termiskt (en temperaturändring ger upphov till en volymändring)
- elektriskt (vatten leds på elektrisk väg fram till kapseln)

Återtagna kapslar kan placeras i ett mellanlager

## 7.5.2 Transport av återtagna kapslar

Efter friläggning kan kapseln lyftas in i ett strålskydd och transporteras upp till marknivå. Transporten kan ske i samma typ av transportbehållare som används för att transportera kapslar till djupförvaret. Om det blir aktuellt att transportera bort kapslarna från platsen för djupförvaret kan detta göras med det system som används vid transporten till djupförvaret.

## 7.5.3 Mellanlagring av kapslar

Vid ett återtag av kapslar från djupförvaret kan det uppstå behov av att mellanlagra upp till 400 kapslar. Om så många kapslar behöver mellanlagras är det inte lämpligt att lagra kapslarna på det sätt som görs vid inkapslingsanläggningen. I stället skulle kapslarna troligen placeras stående i ett strålskärmad utrymme, se figur 7-6.

Över varje lagringsposition finns en plugg som lyfts åt sidan när en kapsel ska sänkas ned i eller lyftas upp ur en position. Kapslarna och pluggarna hanteras fjärrstyrt med hjälp av en strålskärmad hanteringsmaskin. I anslutning till mellanlagret finns en station där de återtagna kapslarna kan kontrolleras och rengöras från bentonitlera som eventuellt följt med från djupförvaret. Kapslarna kyls med luft i ett självcirkulerande ventilationssystem.

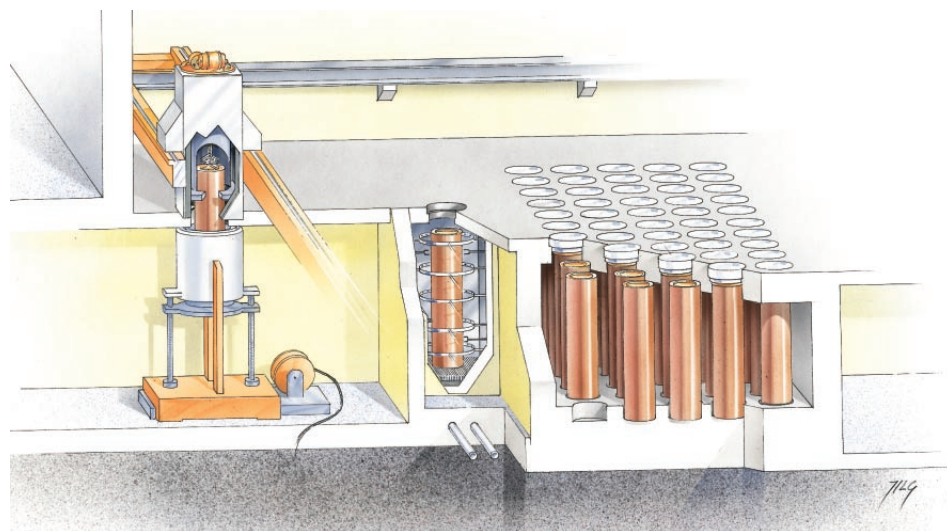
Ett mellanlager för återtagna kapslar kan antingen byggas i ett bergrum eller i en byggnad i marknivå. Mellanlagret kan placeras vid djupförvaret, vid inkapslingsanläggningen eller på någon annan plats.

## 7.5.4 Program för det fortsatta arbetet

Under den närmaste perioden planerar SKB att vidareutveckla tekniken för att ta tillbaka deponerade kapslar. Utvecklingsarbetet sker i steg som delvis löper parallellt:

- Utveckling av utrustning och metod.
- Demonstration i full skala (vid Äspölaboratoriet).
- Framtagning av en teknik som kan användas i djupförvaret.
- Utformning av ett mellanlager för återtagna kapslar.

Den del av programmet som går ut på att prova tekniken i full skala beskrivs närmare i avsnitt 7.6.6.



Figur 7-6. Exempel på utformning av ett mellanlager för återtagna kapslar.

## 7.6 Provning av teknik i full skala

En central del i SKB:s arbete framöver är att i full skala och under realistiska förhållanden utveckla, prova och demonstrera de olika delarna i djupförvarssystemet. Försöken kommer att inkludera de viktigaste momenten vid dels tillverkning och förslutning av kapslar, dels bygge, drift och förslutning av djupförvaret. Vissa försök, t ex provtillverkning av kapslar i full skala, har redan pågått under flera år. SKB planerar att, under de närmaste åren, öka verksamheten för utveckling och provning av fullskaleteknik. Huvuddelen av försöken kommer att utföras vid Äspölaboratoriet och Kapsellaboratoriet.

Utöver de tekniska aspekterna i fullskaleförsöken är det viktigt att på ett åskådligt sätt kunna visa de olika stegen vid inkapsling, transport, deponering och återtag för såväl specialister som allmänhet. Demonstration av deponering och återtag kommer därför att genomföras vid Äspölaboratoriet.

### 7.6.1 Provtillverkning av kapslar

Under de senaste åren har tillverkningsprov med kopparkapslar och gjutna insatser utförts i full skala enligt det program som beskrevs i FUD-program 95, figur 7-7. Resultaten redovisas i /7-37/. Resultaten från tillverkningsproven under 1994 och 1995 finns i /7-38/. Kapselkonstruktionen var då något annorlunda men den principiella utformningen var densamma som i dag.

### Provtillverkning av kopparkomponenter

Hittills har SKB tillverkat kopparrör i full skala med tre olika metoder: rullformning till rörhalvor som svetsas samman med elektronstrålesvetsning, extrudering och dornpressning. Andra metoder som kan vara tänkbara för tillverkning av kopparrör är het isostatisk pressning (HIP), elektrodeponering och sprayformning.

Under 1996 och 1997 provtillverkades sex kopparrör i full skala genom rullformning av valsad kopparplåt till rörhalvor som sedan svetsades samman med elektronstrålesvetsning. Nackdelen med rullformning är att det blir två långa svetsar längs hela kopparröret. Lock och botten till de sex rören maskinbearbetades fram ur förformade smidda ämnen.

I FUD-program 95 redovisades de första försöken med att tillverka sömlösa kopparrör genom extrudering. Försöken visade att extrudering sannolikt är ett framkomligt alternativ även om strukturen i kopparmaterialet blev alltför grovkornig. Vår bedömning är att detta problem kan lösas med ändrade parametrar vid extruderingen. För att öka kunskapen om hur processparametrarna påverkar mikrostrukturen vid extrudering av koppar pågår för närvarande forskningsprojekt i samarbete med KTH och Institutet för Metallforskning i Stockholm. Resultaten av dessa studier kommer att ligga till grund för de nya försök med extrudering i full skala som kommer att utföras under 1998.

Dornpressning är en annan teknik för tillverkning av sömlösa rör. Tekniken går ut på att göt hålas med dorn och sedan stegvis dras över dornar till önskat mått. I dag används denna teknik för industriell tillverkning av stålrör i dimensioner som motsvarar kapslarnas. Erfarenheter av att tillverka kopparrör med denna teknik är dock mycket begränsade. SKB har därför nyligen gjort ett första prov som visade att det går att forma kopparrör till önskat mått med dornpressning /7-37/. Nya prov kommer att genomföras under 1998 och 1999 för att närmare undersöka om det går att tillverka kopparrör med specificerad mikrostruktur och tillåtna måttoleranser.

SKB har provtillverkat kapslar i full skala

#### Rullformning

Formning av plåt till rörhalvor

#### Extrudering

Pressning till helt rör genom ett munstycke

#### Dornpressning

Formning till helt rör genom dragning över dorn

#### Het isostatisk pressning

Formpressning av pulver under högt tryck och hög temperatur

#### Elektrodeponering

Elektrokemisk process som medför att ett metallskikt byggs upp på en yta

#### Sprayformning

Pulvermetallurgisk metod för direkt överföring av smält metall till en fast kropp



Figur 7-7. Färdigtillverkade delar från provtillverkningen av kapslar.

Huvudalternativen för tillverkning av kopparrör till kapslar utgörs i dag av rullformning och sömlös rörtillverkning men fortsatt utvärdering av övriga metoder har gjorts och pågår delvis fortfarande. Försök i laboratorieskala med het isostatisk pressning och elektrodeponering pågår och kommer att utvärderas under 1998. Resultaten kommer att avgöra om det är aktuellt att fortsätta med dessa metoder. Möjligheterna att tillverka kopparkapslar med sprayformning har undersökts, men på grund av svårigheter med porbildning har vi beslutat att, i nuläget, inte arbeta vidare med denna metod.

### Provtillverkning av gjutna insatser

De senaste åren har gjutna insatser provtillverkats i både ståljutgods och segjärn vid flera olika gjuterier. I ståljutgods (SS 14 13 06) har en insats med halv längd och en med full längd tillverkats och i segjärn (SS 14 07 17) har fem hela insatser gjutits. Kanalerna för bränsleelementen formades av kvadratiska stålprofiler som svetsades samman till en kassetten och placerades i en gjutform, figur 7-8. Utrymmet mellan kassetten och gjutformen fylldes därefter med smälta, figur 7-9.

Provgjutningarna har visat att segjärn har ett antal fördelar jämfört med ståljutgods [7-37]. Risken för defekter är mindre eftersom segjärn har bättre gjutbarhet. Detta innebär också att insatserna kan gjas med integrerad botten vilket inte är möjligt om ståljutgods används. Ståljutgods blir dessutom betydligt dyrare bland annat beroende på lägre materialutbyte och behov av värmebehandling. I dagsläget är därför segjärn det enda aktuella materialet för den gjutna insatsen.

### Kvalitetssäkring

Under 1997 har en kvalitetshandbok för kapseltillverkning sammanställts. De krav som ställs i denna handbok motsvarar kraven enligt ISO 9001. Kvalitetssystemet för kapseltillverkning ska omfatta hela kedjan från materialleverantörer till leverans av färdiga kapslar.

#### ISO 9001

Internationell  
kvalitetsstandard



## Program för det fortsatta arbetet

Det övergripande målet för de närmaste tre åren när det gäller provtillverkning av kapslar är att kunna välja metoder för tillverkning av kapselns samtliga delar. Hela tillverkningskedjan ska då vara utprovad och specificerad med ett certifierat kvalitetssäkringssystem inför den kommande tillståndsansökan för inkapslingsanläggningen.

Under 1998 kommer två kompletta kapslar för BWR-bränsle att färdigställas för projekt vid Äspölaboratoriet och under 1999 ytterligare sex eller sju kapslar för samma ändamål. Utöver dessa kapslar kommer kopparrör och kopparlock att tillverkas och levereras till Kapsellaboratoriet.

Samtliga delar i kapseln kommer att tillverkas i sådan omfattning att olika tillverkningsmetoder kan utprovas och optimeras. Dessutom behöver delar tillverkas i tillräckligt antal för att testa och kvalificera både oförstörande och förstörande provningsmetoder.

I samband med provtillverkningen utförs en kartläggning och bedömning av tillgängliga leverantörer. Syftet med detta är att knyta långsiktiga kontakter och finna de bästa leverantörerna för framtiden.

Kvalitetssystemet för kapseltillverkning kommer successivt att genomföras och förbättras under de närmaste åren. Viktiga områden att arbeta vidare med är teknik och specifikationer för oförstörande provning, rutiner för dokumenthantering och systematiska kvalitetsrevisioner hos aktuella leverantörer. Målsättningen för detta arbete är en godkänd certifiering enligt ISO 9001.



*Figur 7-8. En svetsad kassett för BWR-bränsle placeras i gjutformen.*



*Figur 7-9. Gjutformen fylls med smält järn.*



**Kapsellaboratoriet**  
blir ett centrum för

- utveckling av inkapslingsteknik
- utbildning av personal

## 7.6.2 Kapsellaboratoriet

SKB övervägde i FUD-program 95 att låta uppföra ett laboratorium för inkapslingsteknik (benämndes då pilotanläggning) för att utveckla de centrala delarna i inkapslingsprocessen. Vi har nu byggt ett sådant laboratorium i Oskarshamn, se figur 7-10. Kapsellaboratoriet kommer att tas i drift under hösten 1998.

Kapsellaboratoriet ska utgöra ett centrum för utveckling av inkapslingsteknik och utbildning av personal för inkapslingsanläggningen. Huvudsyftet är att prova utrustning för förslutning och kontroll av kapslar. Detta behövs för att få ett bra underlag för den fortsatta projekteringen av inkapslingsanläggningen. I Kapsellaboratoriet planerar SKB att visa att kapslar kan förslutas med erforderlig kvalitet i den produktionstakt som kommer att krävas i inkapslingsanläggningen. Resultaten från Kapsellaboratoriet kommer att utgöra en viktig del i tillståndsansökan för inkapslingsanläggningen.

De övergripande målen för arbetet i Kapsellaboratoriet är att verifiera utrustningarnas funktion och tillgänglighet samt fastställa hanteringstider och kapaciteter. Drift- och underhållsinstruktioner ska också utarbetas inför montering och driftsättning av utrustning i inkapslingsanläggningen. I arbetet ingår att vidta erforderliga åtgärder för att korrigera felfunktioner och vidareutveckla utrustningar och arbetsmetoder.

Utrustningen för förslutning och kontroll av kapslar är installerad i tre olika stationer: en svetsstation, en station för oförstörande provning med röntgen samt en station för maskinbearbetning och oförstörande provning med ultraljud, figur 7-11. Annan viktig utrustning utgörs av transport- och hanteringsutrustning för kapslar. Den utrustning som är installerad i Kapsellaboratoriet är utformad på, i princip, samma sätt som motsvarande utrustning i inkapslingsanläggningen.

### Program för det fortsatta arbetet

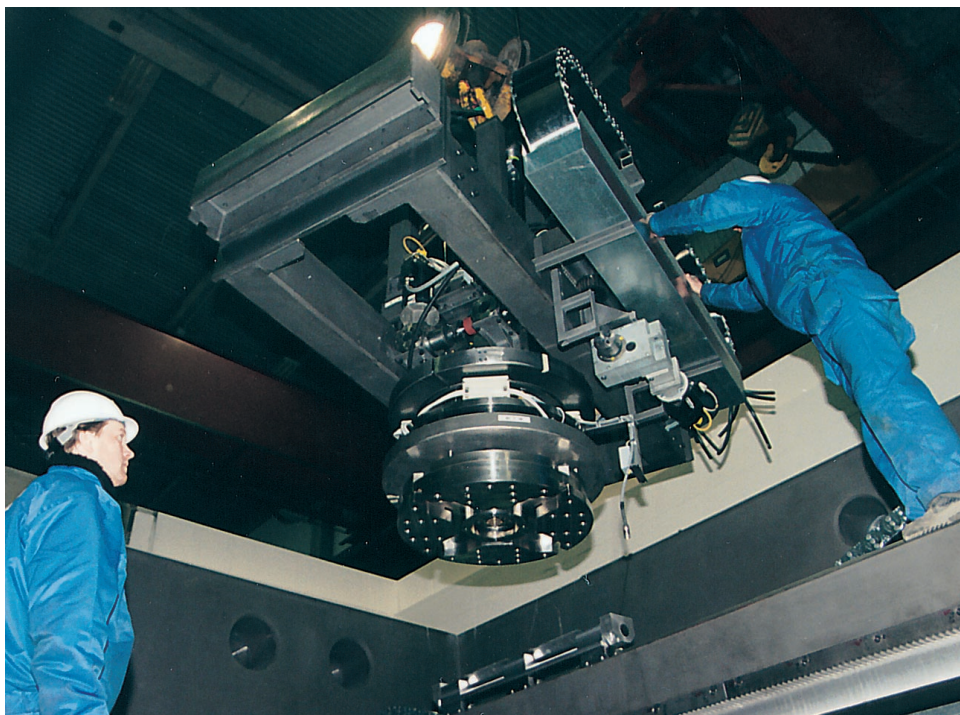
Programmet för den kommande treårsperioden omfattar serier med provförslutningar av kopparlock. Sammanlagt beräknas närmare ett hundratal lock svetsas och kontrolleras under denna period.

Viktiga steg i det fortsatta arbetet är att:

- ta svetsutrustningen i drift till full effekt,
- fastställa grundparametrar för svetsutrustningen,
- uppnå en felfri och kontrollerbar svetsprocess,
- fastställa drifttillgänglighet och underhållsbehov.



*Figur 7-10.*  
*Kapsellaboratoriet*  
*i Oskarshamn.*



*Figur 7-11. Installation av utrustning i Kapsellaboratoriets svetsstation.*

Utrustningarna för oförstörande provning ska utprovas så att de uppfyller kraven för detektering av defekter. Vi planerar att detta ska kunna genomföras under den kommande treårsperioden. Därefter vidtar en period då metoderna för oförstörande provning ska kvalificeras, vilket kan pågå samtidigt med tillståndsprovningen för inkapslingsanläggningen.

Kapsellaboratoriet kommer även att användas för provning och demonstration av andra delar av inkapslingsprocessen, t ex hanteringen i inkapslingsanläggningens hanteringscell. En annan viktig uppgift är att utbilda drift- och underhållspersonal till inkapslingsanläggningen.

### **7.6.3 Borrning av deponeringshål**

SKB har under många år arbetat med att utveckla tekniken för borrning av deponeringshål. Viktiga delsteg har varit valet av nedåtriktad torr fullborrnings-teknik samt de inledande fältförsök som gjorts i Finland, se avsnitt 7.4.3. För närvarande planerar vi att borra ett flertal deponeringshål för fullskaleförsök och teknikdemonstration vid Äspölaboratoriet. Diametern på de borrade hålen blir 1,75 meter och djupet cirka 8 meter. Planeringen för detta arbete har kommit långt och en första fas har redan upphandlats. Borrstarten planeras ske under hösten 1998.

Under borrningen kommer en mängd borrhållstekniska parametrar att registreras kontinuerligt. Med detta som stöd kan maskinens och kringutrustningens prestanda studeras och optimeras. Vi kommer också att följa upp borrhållsloppets mekaniska påverkan på hålväggarna och hållens kvalitet i övrigt. Metoder för att analysera skadezonen har utvecklats i tidigare skeden. Kompletterande laboratorieförsök, och eventuellt även försök i fält, planeras för att särskilt studera de hydrauliska egenskaperna hos systemet bentonit-bergyta-skadezon.

Hela borrhållsprogrammet, inklusive uppföljningar, analyser och dokumentation, beräknas genomföras under den kommande treårsperioden.

**Deponeringshål**  
som är 8 m djupa  
och 1,75 m i dia-  
meter ska borraras vid  
Äspölaboratoriet

Vid Äspölaboratoriet ska tekniken för deponering och återtag av kapslar provas

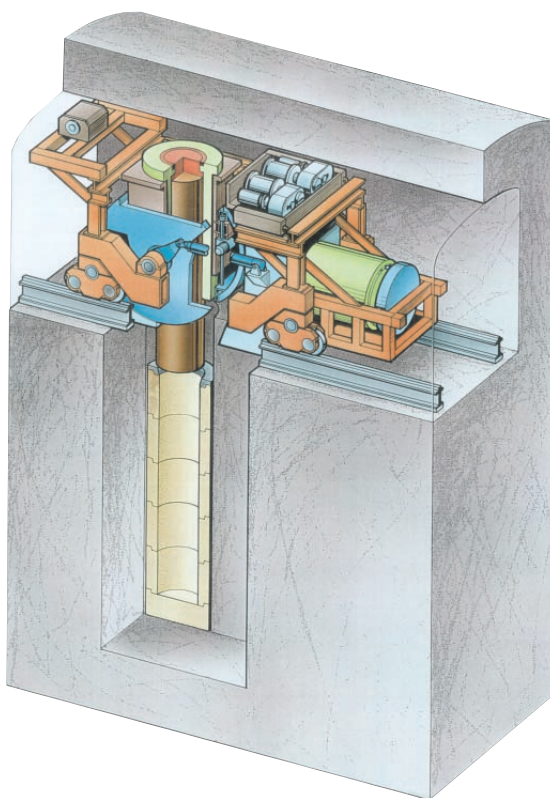
#### 7.6.4 Provning av deponeringsmaskin

För att prova och demonstrera tekniken för deponering av kapslar i djupförvaret utvecklar SKB en prototyp av en deponeringsmaskin i full skala. Syftet med projektet är att skaffa erfarenheter från konstruktion, tillverkning och drift av en sådan maskin inför arbetet med att ta fram en deponeringsmaskin till djupförvaret. Projektets huvudmål är att:

- utveckla och prova metodik och utrustning för deponering av kapslar,
- demonstrera de olika stegen vid deponering och återtag av kapslar för såväl specialister som allmänhet.

Deponeringsmaskinen kommer att tas i drift i en tunnel på 420 metersnivån i Äspölaboratoriet. I två fullstora deponeringshål planeras upprepade försök med deponering och återtag av kapslar.

Arbetet med att konstruera deponeringsmaskinen påbörjades i början av 1997. Maskinen är under tillverkning och leverans till Äspölaboratoriet planeras 1999. Deponeringsmaskinen är rälsbunden och konstruerad för att kunna användas i både sprängda och borrhade deponeringstunnlar. Konstruktionen är vald så att tunnarnas dimensioner begränsas eftersom detta är av stor vikt i djupförvaret. En annan egenskap som är nödvändig för djupförvaret är att maskinen med en rimlig arbetsinsats kan demonteras, flyttas och på nytt monteras i en ny tunnel. Maskinen är strålskärmd och fjärrstyrd men eventuella fel kan ändå åtgärdas på plats. En principskiss av maskinen visas i figur 7-12.



*Figur 7-12. Principskiss av den deponeringsmaskin som ska provas i Äspölaboratoriet.*



## 7.6.5 Provning av teknik för återfyllning

Vid Äspölaboratoriet planerar SKB att prova olika återfyllnadsmaterial i full skala (Backfill and Plug Test). De huvudsakliga målen med projektet är att:

- utveckla och prova material och packningsteknik för återfyllning av sprängda tunnlar,
- prova återfyllningens funktion och samverkan med omgivande berg,
- utveckla och prova teknik för och funktion hos pluggar för tillfällig förslutning av deponeringstunnlar.

Försöket kommer att genomföras i en tunnel på 420 metersnivån. Den inre delen av tunneln återfylls med en blandning av 30 procent bentonit och 70 procent krossat berg och den yttre delen med enbart krossat berg. Närmast taket i den yttre delen av tunneln placeras ett lager förkompakterade block bestående av 50 procent bentonit och 50 procent krossat berg. Försökstunneln försluts med en betongplugg.

Återfyllningen packas med lutande skikt, vilket är en teknik som utvecklats i tidigare försök /7-39/. Under försöket kommer återfyllningens och betongpluggens tätningsförmåga att mätas. När mätningarna är genomförda kommer återfyllningen att tas bort för att undersökas och analyseras.

## 7.6.6 Provning av återtag

Eftersom djupförvaret är utformat så att det är möjligt att återta deponerade kapslar är det nödvändigt att även utveckla och prova tekniken för återtag. Projektets huvudmål är att, under realistiska förhållanden:

- utveckla och prova tekniken för att frilägga en kapsel från vattenmättad och uppsvälld bentonit,
- demonstrera hur en frilagd kapsel kan återtas.

Återtagsproven kommer att genomföras vid Äspölaboratoriet, i en ny tunnel på 420 metersnivån. I tunneln kommer två fullstora kapslar att placeras i deponeringshål och omges med bentonit. Kapslarna är försedda med elektriska värmare och bentonitblocken med viss instrumentering. Deponeringshålen försluts med betongpluggar.

För att bentoniten ska hinna mättas med vatten lämnas deponeringshålen i 3–5 år. Under den tiden konstrueras och tillverkas utrustning för friläggning av kapslar. När bentoniten är mättad kommer de två provkapslarna att friläggas och lyftas upp.

## 8 Säkerhetsanalyser

*I säkerhetsanalysen ska kunskap och data förenas till en samlad utvärdering av säkerheten. Det är med säkerhetsanalysens hjälp som vi kan beskriva djupförvarets funktion från start och simulera utvecklingen i förvaret framåt i tiden.*

*Säkerhetsanalysen är inget statiskt verktyg. Den utvecklas och förfinas i takt med att forskningen flyttar fram gränserna för kunskapen om alla de faktorer och processer som måste beaktas. Omvänt kan säkerhetsanalysen avslöja var det finns kunskapsluckor och därmed hjälpa oss med prioriteringen i forskningsarbetet. Just nu arbetar SKB med en ny säkerhetsanalys (SR 97) som ska redovisas under 1999.*

*Det kommer att krävas förnyade säkerhetsanalyser vid flera tillfällen i samband med att inkapslingsanläggningen och djupförvaret lokaliseras, byggs och tas i drift. De analyser SKB då redovisar måste hålla måttet i säkerhets- och strålskyddsmyndigheternas ögon och visa att systemet uppfyller säkerhetskraven.*

### 8.1 Vad är en säkerhetsanalys?

Den långsiktiga säkerheten hos ett djupförvar utvärderas i säkerhetsanalyser. Vad ska då en säkerhetsanalys göra? Enkelt uttryckt är uppgiften att först noga beskriva hur djupförvaret ser ut efter det att förvaret förslutits. Sedan analyseras hur förvaret på olika sätt kan tänkas förändras över tiden och vilka konsekvenser förändringarna kan innebära för säkerheten.

Till att börja med behöver alltså en beskrivning av förvarets utseende eller struktur bestämmas. Beskrivningen av förvaret omfattar bland annat:

- dimensioner och materialsammansättning hos bränslet, dess innehåll av radionuklider etc,
- dimensioner och materialsammansättning hos kopparkapseln och gjutjärnsinsatsen,
- dimensioner och materialsammansättning hos bufferten,
- dimensioner för deponeringshål och tunnlar i berget, en beskrivning av bergets spricksystem och grundvattnets sammansättning på förvarsplatsen.

Över tiden kommer förvaret att genomgå olika slag av förändringar. Förändringarna är i allmänhet mycket långsamma men försiggår å andra sidan över mycket långa tider.

En del förändringar är kemiska till sin natur, t ex korrosion av kopparkapseln eller kemiska förändringar i bufferten. Det förekommer även termiska förändringar genom att energin som frigörs vid de radioaktiva sönderfallen i bränslet omvandlas till värme och ger en uppvärmning av hela förvaret. Andra förändringar är hydrauliska, dvs relaterade till vatten- och gasflöden i förvaret. Ett exempel är att bufferten tar upp vatten för att så småningom bli vattenmättad. Mekaniska förändringar består t ex i att bufferten, då den vattenmättas, sväller och därmed kommer att utöva ett mekaniskt tryck mot kapseln och deponeringshållets väggar.

Säkerhetsanalysen undersöker hur förvaret förändras över tiden och vad det betyder för säkerheten

#### Interna processer i förvaret

- kemiska
- termiska
- hydrauliska
- mekaniska



### Kriticitet

Under speciella förhållanden klyvs atomkärnor i en självunderhållande kedjereaktion (t ex i en kärnreaktor)

### Externa processer

- klimatförändringar
- jordskalv
- intrång

Förändringarna drivs eller åstadkoms av en rad processer som också de oftast kan karakteriseras som antingen termiska, hydrauliska, mekaniska eller kemiska. Så är t ex värmeledning i bufferten en termisk process, vattenmättnadsförloppet i bufferten är en hydraulisk process medan kopparkorrosion är en kemisk process. Även kärnfysikaliska processer kommer in i bilden. Det är t ex viktigt att kriticitet aldrig uppnås i förvaret.

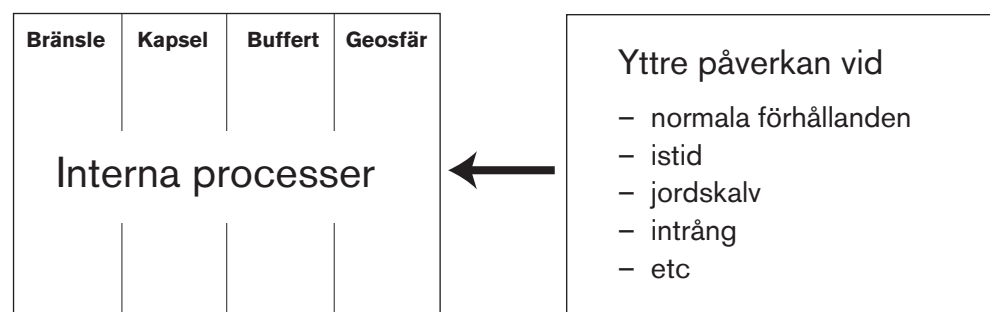
Processerna är nästan undantagslöst beroende av varandra. Exempelvis leder den energi som frigörs vid de radioaktiva sönderfallen i bränslet till uppvärmning av bränslet och genom värmeledning sker en uppvärmning i kapseln, bufferten och berget. Uppvärmningen gör att bland annat berget vill utvidgas en aning vilket ger upphov till mekaniska spänningar och mindre rörelser i berget.

Samtliga processer som nämndes ovan försiggår inom förvaret och kan därför benämnas *interna* processer. Förvaret påverkas även av *externa* förändringar, t ex klimatförändringar och storskaliga rörelser i berggrunden som kan ge upphov till jordskalv. En annan typ av yttre påverkan kan vara att människan i framtiden avsiktligt eller oavsiktligt tränger in i förvaret eller dess närhet, se figur 8-1.

## 8.2 Systembeskrivning

För att genomföra en säkerhetsanalys behövs en sammanställning av alla verk samma processer i förvaret, hur de påverkar varandra och hur de påverkar förvarets struktur och funktion. Att upprätta en sådan systembeskrivning är därför en första uppgift i en säkerhetsanalys. Systembeskrivningen för SKB:s säkerhetsanalyser görs i grova drag på följande sätt:

1. Förvaret indelas i de fyra delarna bränsle, kapsel, buffert och geosfär, se figur 8-1.
2. För varje del görs en lista på alla processer som är verksamma. Processerna delas in i kategorierna termiska, hydrauliska, mekaniska och kemiska för att ge mer struktur åt beskrivningen.
3. För varje process beskrivs hur den påverkar förvaret och hur den är kopplad till andra processer.
4. Varje process dokumenteras enligt en bestämd mall som bland annat omfattar en allmän beskrivning av processen, redovisning av genomförda modellstudier och experimentella studier, diskussion om kvaliteten och eventuella brister i kunskapen om processen samt uppgifter om hur processen kan hanteras i säkerhetsanalysen. En sådan dokumentation kommer att presenteras i den kommande säkerhetsanalysen SR 97.
5. För varje del (bränsle, kapsel, buffert, geosfär) sammanställs alla processer och deras inbördes samband i ett diagram. Diagrammet för en viss förvarsdel visar även hur denna del påverkar och påverkas av angränsande delar i förvaret.



**Figur 8-1.** Förvaret har ett initialt utseende eller tillstånd. Utvecklingen bestäms sedan av interna processer och påverkan från omgivningen.

Systembeskrivningen talar alltså om hur förvaret ser ut och hur det förändras i olika situationer. Beskrivningen ligger sedan till grund för genomförandet av en säkerhetsanalys.

## 8.3 Analys av olika scenarier

### Utvecklingen vid ostörda förhållanden

Hur genomförs då själva säkerhetsanalysen? Först beskrivs förvarets förväntade utveckling vid ostörda förhållanden, dvs då alla barriärer tänks vara konstruerade enligt givna specifikationer och då den yttre påverkan på förvaret ser ut ungefär som i dag. Hur utvecklas radioaktiviteten i bränslet, uppvärmningen i berget, korrosionen av kopparkapslarna etc? Dessa och andra frågor besvaras bland annat genom redovisningar av kunskapen om de inblandade processerna och olika former av beräkningar. Vid analysen används systembeskrivningen för att ”hålla ordning” på alla ingående processer och deras inbördes påverkan.

Vid beskrivningen av den ostörda utvecklingen utvärderas i synnerhet förvarets isolerande förmåga, dvs man vill utröna hur länge kopparkapslarna kan förväntas behålla sin isoleringsförmåga under dessa förhållanden.

### Utvecklingen vid förändrade förhållanden

När utvecklingen vid ostörda förhållanden analyserats frågar man sig vad som händer om förutsättningarna för denna utveckling på olika sätt störs. Vad sker t ex om några av kopparkapslarna är defekta från tillverkningen? Hur påverkas förvaret vid en istid eller av andra klimatförändringar? Vad kan hända vid ett jordskalv eller om människor i framtiden tränger in i förvaret?

Händelseutvecklingen vid alla dessa olika situationer studeras var för sig, dvs man analyserar en rad olika *scenarier*. Varje scenario analyseras i detalj och även här används systembeskrivningen för att få med alla aspekter av utvecklingen. Valet av scenarier är ett viktigt moment i en säkerhetsanalys och diskuteras närmare i avsnitt 8.4. Två av de viktigaste scenarierna behandlar kopparkapslar med tillverkningsfel respektive istider.

### Kopparkapslar med tillverkningsfel

Vid scenariot med defekta kopparkapslar måste förvarets fördröjande funktion analyseras i detalj. Hur kan vatten tränga in i en skadad kopparkapsel och hur påverkas sedan gjutjärnsinsatsen av vattnet? Hur lång tid kan det förväntas ta innan vattnet kommer i kontakt med bränslet och i vilken takt kan bränslet då lösas upp? Hur kan radionukliderna sedan tränga ut ur kapseln, tränga genom bufferten och transporteras till biosfären med grundvattnet? Vad sker i biosfären, hur omsätts radionuklider i naturen och hur kan de tänkas komma i kontakt med människan? Alla dessa frågor hanteras i scenariot med initiala kapselskador, till stor del med hjälp av beräkningar. Beräkningarna resulterar i uppskattningar av stråldoser till människor i förvarets närhet. Doserna jämförs med de gränsvärden för utsläpp från ett djupförvar som satts upp av SSI. Gränsvärdena är stränga och ligger långt under den naturliga bakgrundsstrålningen.

### Istider

Vid analys av ett istidsscenario söker vi svar på frågor som: När kan en istid förväntas och hur långvarig blir den? Hur kan den yttre situationen kring förvaret då tänkas se ut? Hur snabbt växer istäcket och vilken tjocklek når det? Vilka mekaniska påfrestningar utsätts berggrunden för av istäckets tyngd?

Förvarets isolerande förmåga utvärderas

Val av scenarier viktigt moment

Förvarets fördröjande funktion analyseras i detalj

Hur förändras grundvattnets flödesmönster och hur påverkas grundvattnets sammansättning av de ändrade förhållandena? Kan den nya situationen tänkas påverka kopparkapselns isolerande förmåga? Kan t ex en förändring av grundvattnets sammansättning påverka kopparkorrosionen negativt? Kan de mekaniska påfrestningarna från istäcket tänkas leda till bergrörelser som skulle kunna skada kapslarna? Om slutsatsen blir att några kapslar skulle kunna skadas måste även förvarets fördröjande förmåga vid en istid analyseras. Dessutom behöver vi utreda hur initialt skadade kapslar påverkas av en istid.

## 8.4 Val av scenarier

Valet av scenarier i en säkerhetsanalys görs med målsättningen att de tillsammans ska ge en rimlig täckning av vad som skulle kunna tänkas inträffa i framtiden och vilka konsekvenserna skulle bli för förvaret. Hur går man då tillväga för att täckningen ska bli så fullständig som möjligt? En del av arbetet kan systematiseras relativt enkelt. Man kan t ex steg för steg gå igenom alla aspekter av förvarets initiala tillstånd och fråga vilka variationer som rimligen kan förekomma och hur variationerna kan tänkas påverka den fortsatta utvecklingen. Klimatförändringar och jordskalv kan studeras med naturvetenskapliga metoder där naturlagarna sätter gränser för vad som rimligen kan ske.

De mest svårhanterliga scenarierna är kanske de där man försöker kartlägga hur människor kan tänkas bete sig i framtiden. Även här finns metoder för att söka systematiskt, men tänkandet måste ändå i grunden vara mer förutsättningslöst. Samhälls- och beteendevetenskapliga studier har genomförts i många länder av oberoende grupper och vid dessa har man funnit rader av tänkbara situationer där människan på olika sätt påverkar förvaret. Det kan gälla olika former av exploatering av berggrunden som utvinning av mineraler eller jordvärme, kraftiga föroreningar av grundvattnet eller situationer då man vill återta det använda bränslet för att utvinna mer energi. I den senare situationen känner människor till förvarets existens medan de tidigare blir mer kritiska om kunskapen om förvaret gått förlorad. Vi tänker oss också situationer där informationen om förvaret delvis gått förlorad och försöker skaffa oss en uppfattning om hur människor då kan tänkas handla.

På dessa olika sätt kartläggs mängder av situationer och sedan väljs ett antal representativa scenarier för detaljerad analys.

Resultaten av analyserna ställs samman till en totalbild av förvarets säkerhet. Analyserna granskas ofta av myndigheter och av experter inom och utom landet. Exempel på analyser som genomförts för det tänkta svenska systemet för djupförvaring av använt kärnbränsle finns i /8-1, 8-2, 8-3, 8-4/.

## 8.5 Brister i informationsunderlaget

En viktig del av redovisningen i en säkerhetsanalys är att demonstrera hur olika brister och ofullkomligheter i det dataunderlag analysen vilar på har värderats och hanterats. En sådan kvalitetsgranskning är inte någon separat aktivitet utan ingår som en nödvändig del i hela arbetet med analysen.

En del brister i informationsunderlaget gäller *kvalitativa* frågor:

- kring processer. Är alla viktiga processer identifierade? Har vi förstått hur processerna påverkar varandra? Har vi förstått vilka grundläggande mekanismer som ligger bakom processerna?
- kring yttre påverkan. Har vi tänkt på alla viktiga former av yttre påverkan? Denna fråga är starkt relaterad till valet av scenarier.

Det finns även *kvantitativa* frågor:

- kring initialtillståndet. Hur väl känner vi förvarets initiala tillstånd, t ex bränslets innehåll av radionuklider vid deponeringen?
- kring processer. Hur väl förstår vi processerna kvantitativt? Även om mekanismen är väl förstådd kan nödvändiga data för den kvantitativa beskrivningen vara bristfälliga. Ett exempel på detta är radioaktivt sönderfall. Även om mekanismerna bakom det radioaktiva sönderfallet är väl utredda skulle man kunna tänka sig att data i form av halveringstider för olika sönderfall är bristfälliga.
- kring yttre påverkan. Hur väl kan vi kvantitativt bestämma olika former av yttre påverkan, t ex förhållandena vid en istid?

Kvalitativa frågor av typen ”Har vi tänkt på allt?” och ”Är alla processer och olika former av yttre påverkan medtagna?” kan bara hanteras kvalitativt genom att visa hur all information som framkommit under decennier av forskning i Sverige och andra länder inkluderas i analysen. SKB har, liksom de flesta motsvarande organisationer i andra länder, egna databaser där sådan information samlas. Det finns även en internationell databas där erfarenheter från hela världen ställts samman. Databaserna är ett sätt att systematisera informations-sökandet. En viss hjälp får vi genom att studera hur naturliga system som liknar förvarssystemet har fungerat över långa tider (s k naturliga analogier). Detta ger möjlighet att pröva om vår kunskap om kemiska och fysiska processer räcker till för att förstå de förändringar som inträffat. Strävan att ta hand om all tillgänglig information består även i att ha en god systembeskrivning och en väl genomtänkt metodik för genomförandet av säkerhetsanalysen.

De kvalitativa frågorna kring förståelsen av olika processer kan ofta hanteras med pessimistiska antaganden. Exempelvis omges kärnbränslet av metalliska kapslingsrör, se figur 4-1. För att radionuklider ska kunna spridas från en defekt kopparkapsel krävs att kapslingsrören är trasiga. Om vatten tränger in i en trasig kopparkapsel kommer kapslingsrören med tiden att utsättas för korrosion. Det är troligt att det tar tusentals år innan rören brister eftersom materialet är valt för att klara de ogästvänliga förhållandena i en kärnreaktor. Korrosionsprocesserna för materialet i kapslingsrören är dock inte fullständigt kända. I säkerhetsanalysen väljer SKB därför ofta att inte räkna med den barriärfunktion som kapslingsrören har, utan antar att alla rör är trasiga redan från början. På så sätt kan vi genom att vara medvetet pessimistiska i vår hantering av en process försäkra oss om att förvarets säkerhet inte överskattas.

Kvantitativa brister hanteras också ofta med pessimistiskt valda data. Det ursprungliga innehållet av radionuklider i bränslet kan t ex inte beräknas exakt utan beräkningen resulterar i ett intervall inom vilket det rätta värdet ligger. Vi antar då pessimistiskt att värdet är det högsta inom det angivna intervallet.

En viktig del av redovisningen av en säkerhetsanalys är att visa hur man värderat och tagit hand om brister i det informationsunderlag som analysen bygger på. En del av dessa brister kan avhjälpas med ytterligare forskning och säkerhetsanalysen är därför ett instrument för prioritering av forskningsinsatser.

## 8.6 Säkerhetsanalysen som prioriteringsinstrument

En väl genomförd säkerhetsanalys ska, förutom att ge en värdering av förvarets långsiktiga säkerhet, kunna användas som ett prioriteringsinstrument för forskning kring förvarets säkerhet. Resultatet av analysen bör vara till hjälp för att bestämma vilka processer det är angeläget att skaffa sig mer kunskap om, men också tala om när ytterligare kunskap inte kan väntas leda till någon nämnvärd förbättring av säkerhetsredovisningen. Särskilt viktigt blir då att utvärdera redovisningen och hanteringen av de olika typer av brister som omger den information som säkerhetsanalysen bygger på.

Har vi tänkt på allt?

Förstår vi de olika processerna?

Värsta möjliga fall sätter gränsen

Säkerhetsanalysen blottlägger kunskapsluckorna

## 8.7 Program för det fortsatta arbetet

Programmet för den kommande treårsperioden har tre huvudmoment: produktion av Säkerhetsrapport 97 (SR 97), utvärdering av SR 97 samt vidareutveckling efter utvärderingen. En utförligare redovisning av hela programmet för säkerhetsanalysen ges i /8-5/.

### 8.7.1 Säkerhetsrapport 97, SR 97

SKB har lång erfarenhet av att analysera säkerheten hos ett djupförvar, se avsnitt 2.5. Med tiden har underlaget för säkerhetsanalyserna vuxit och blivit mer fullständigt samtidigt som metodiken mognat. Därmed har det blivit möjligt att finna en fastare struktur för redovisningen av kommande säkerhetsanalyser.

För att finna formerna för en sådan struktur redovisade vi i december 1995 Säkerhetsrapport 95, SR 95, som ett förslag till mall för kommande analyser. SR 95 granskades som en del av FUD-program 95 och SKI fann bland annat följande /8-6/: ”SKI bedömer att SKB:s mall för säkerhetsanalyser (SR 95) utgör ett bra och flexibelt ramverk för framtida säkerhetsredovisningar, men konstaterar att delar av den metodik som redovisas behöver vidareutvecklas och konkretiseras.” Regeringen har också uttalat följande: ”En säkerhetsanalys av slutförvarets långsiktiga säkerhet bör enligt regeringens bedömning vara genomförd innan en ansökan om uppförande av den planerade inkapslingsanläggningen inges till myndigheterna, liksom innan platsundersökningar på två eller flera platser påbörjas.”

Med anledning av detta kommer SKB att redovisa Säkerhetsrapport 97, SR 97, i inledningen av den kommande treårsperioden. Strukturen och metodiken för SR 97 utgör en utveckling av den mall som presenterades i SR 95. Ambitionen med SR 97 är att ge en redovisning av var vetenskapen och analysmetodiken i dag står då det gäller att utvärdera den långsiktiga säkerheten hos ett djupförvar.

I SR 97 analyseras och jämförs förhållandena på tre olika platser i Sverige. En rad nyheter kommer att presenteras, bland annat följande:

- En systematisk dokumentation och behandling av samtliga viktiga processer i säkerhetsanalysen och en ny form för schematisk beskrivning av hela systemet av processer.
- En systematisk och enhetlig behandling av brister i numeriska data för alla processer som direkt berör beräkningar av radionuklidtransport.
- Studier av händelseförloppet inuti en kapsel med defekt kopparhölje.
- En jämförelse av tre matematiska modeller för vattenflöde och transport av radionuklider i berggrunden för förhållandena under Äspö.
- En ny metod för att bedöma effekterna av jordskalv.

De flesta av dessa områden kommer, då SR 97 rapporterats, att utvärderas och vidareutvecklas under återstoden av den kommande treårsperioden.

När det gäller det långlivade låg- och medelaktiva avfallet pågår en separat studie om utformning och långsiktig säkerhet hos förvaret. SKB planerar att redovisa denna studie i anslutning till SR 97 /8-5/.

### 8.7.2 Utvärdering av SR 97

Efter att SR 97 redovisats följer en fas av utvärdering av både själva säkerhetsanalysen och av den metodik och andra verktyg som använts för att genomföra analysen. Utvärderingen kommer att genomföras såväl internt på SKB som externt av myndigheter och internationella experter.

Tre olika platser jämförs i SR 97

Utvärdering där bl a internationella experter deltar



Utvärderingen kommer bland annat att inriktas på nyheterna i SR 97. Detta gäller dels metodfrågor som formen för systembeskrivning och metoden för val av scenarier, dels kvaliteten i kunskapsunderlaget för att bedöma effekterna av t ex jordskalv och istider.

### 8.7.3 Vidareutveckling efter SR 97

Programmet för säkerhetsanalyser efter utvärderingen av SR 97 kommer att präglas av erfarenheterna från utvärderingen men redan nu kan nedanstående områden för vidareutveckling pekas ut.

Systembeskrivningen med tillhörande dokumentation, på det format som beskrivits ovan, används för första gången i SR 97. Efter att SR 97 genomförts kommer systembeskrivningen och dokumentationen att tydligare kopplas till olika databaser, såväl SKB:s som internationella. Tanken är bland annat att systembeskrivningen ska kunna göras permanent så att den kan kompletteras och återanvändas i kommande säkerhetsanalyser. Även metoden för val av scenarier kommer att utvecklas och kopplas tydligare till systembeskrivningen. Metoden för att hantera scenarier orsakade av framtida mänskliga handlingar kommer också att behöva utvecklas vidare.

Till programmet för säkerhetsanalyser hör också att ständigt underhålla och vidareutveckla de matematiska modellerna för:

- bränsleupplösning och radionuklidspridning i bränsle och buffert,
- grundvattenflöden och transport av radionuklider i berggrunden,
- omsättning av radionuklider i biosfären.

Dessutom vidareutvecklas de datorprogram som kopplar samman alla dessa modeller så att radionuklidspridning kan följas hela vägen från bränslet i kapseln inre till biosfären. Även program för statistisk bearbetning och grafisk presentation av beräkningsresultaten utvärderas och utvecklas ständigt.

## 8.8 Kommande säkerhetsanalyser

I takt med att projektering och platsundersökningar genomförs kommer förvarets utformning att läggas fast allt mer i detalj. Förfinade säkerhetsanalyser måste genomföras parallellt med denna utveckling. Dessutom krävs säkerhetsanalyser vid en rad tillståndsansökningar. Vi kan i dag förutse följande tillfällen där omfattande analyser kommer att krävas:

- Djupförvar.
  - Val av områden där platsundersökningar ska genomföras (SR 97).
  - Ansökan om tillstånd för lokalisering, detaljundersökning och byggande.
  - Ansökan om tillstånd för inledande drift.
- Inkapslingsanläggning.
  - Ansökan om tillstånd för lokalisering och byggande.
  - Ansökan om tillstånd för inledande drift.
- Utvärdering av erfarenheterna från den inledande driften och ansökan om tillstånd för reguljär drift för hela systemet.
- Ansökan om tillstånd för förslutning respektive rivning.

SKB utvecklar metoder för

- val av scenarier
- hantering av scenarier

SKB utvecklar matematiska modeller för

- bränsleupplösning
- grundvattenflöden
- omsättning i biosfären

SR 97 är inte knuten till någon tillståndsansökan

Den första planerade redovisningen, SR 97, använder data från tre tidigare undersökta platser. Denna redovisning lämnas innan platsundersökningarna påbörjas och är inte knuten till någon formell tillståndsansökan. Analyserna efter SR 97 ansluter till de tillståndskrav som ges i svensk lag.

Dataunderlaget för senare analyser kommer att öka då platsundersökningar och senare också utbyggnader av förvaret genomförs. Inför varje beslut prövas om underlaget och säkerhetsbedömningarna nått den mognad och gett de resultat som är tillräckliga för att gå vidare med arbetet.

## 9 Forskning

*SKB har sedan slutet av 1970-talet bedrivit en omfattande forskning. Syftet har främst varit att ta fram de metoder och det vetenskapliga underlag som behövs för att utforma flerbarriärsystemet och analysera förvarets långsiktiga säkerhet. Forskningen har lagt grunden för att gå vidare mot ett första steg av ett djupförvar. Det innebär inte att det är slutforskat. Fortsatt forskning kan ytterligare förbättra kunskapsbasen.*

*Forskningsprogrammet har flera mål. Det viktigaste är att ge ett så bra underlag som möjligt för säkerhetsanalysen. Dessutom ska forskningen bidra till att optimera förvaret så att dess funktion uppnås så effektivt som möjligt. Forskningen ska också ge underlag för att bedöma utvecklingen av alternativa metoder.*

### 9.1 Redovisning av forskningsprogrammet

FUD-program 95 och tidigare program har innehållit en relativt detaljerad redovisning av SKB:s pågående och planerade forskning. En sådan redovisning ingår också i FUD-program 98 men den finns i en separat underlagsrapport /9-1/. Den som ska granska SKB:s forskning behöver därför gå till underlagsrapporten och de referenser som anges där. Redovisningen i det här kapitlet syftar till att ge en översikt och en allmän förståelse för forskningens syfte och inriktning.

### 9.2 Omfattning och prioritering

SKB bedriver forskning och utveckling för djupförvaret. Uppgiften är att utvärdera kunskapsläget, identifiera och starta viktiga FoU-insatser, samt utvärdera resultat och behov av vidare insatser. Arbetet är inriktat på tre områden:

- Teknisk utveckling, t ex kapsel, bentonit, förvar (se kapitel 7).
- Långsiktig säkerhet, dvs underlag till säkerhetsredovisningarna.
- Alternativa metoder, t ex separation och transmutation.

Målet för forskningen kring långsiktig säkerhet är att förstå de processer som förekommer i ett djupförvar och som påverkar dess möjligheter att isolera avfallet. Vidare behöver de väsentligaste processerna kvantifieras. Resultaten från forskningen tillförs säkerhetsredovisningarna där sedan barriärernas långsiktiga funktion analyseras. Slutligen bedöms och redovisas den totala säkerheten.

Utöver den direkta styrningen av FoU efter säkerhetsanalysens behov finns det krav på FoU från utformning av förvaret och för platsundersökningsprogram. Man kan t ex vilja utveckla material som går att använda i förvaret och platsundersökningarna kan kräva utveckling av metoder och utrustning. FoU kan också föranledas av udda avfallsformer och av alternativstudier.

När säkerheten granskas och analyseras ser man ofta vad som är nödvändigt i underlaget från forskningen. Den processororienterade säkerhetsanalysen, som kommer att redovisas i SR 97, ger oss ett verktyg att systematiskt utreda behovet av ytterligare forskning för optimering av djupförvarets utformning. När resultatet av en säkerhetsanalys finns tillgängligt så skulle följande schema kunna gås igenom för de olika processer som identifierats, t ex kopparkorrosion:

Detaljerad redovisning i underlagsrapport

Fortsatt forskning stärker det vetenskapliga underlaget för säkerhetsanalysen

## Schema för att pröva om det behövs ytterligare forskning kring enskilda processer

---

1. Hur kan vi i dag hantera processen (t ex kopparkorrosion) i säkerhetsanalysen?
  2. Hur tror vi att processen ska kunna hanteras efter ytterligare forskning?
  3. Hur bedöms ev ny kunskap förbättra resultatet av analysen?
  4. Vilka insatser i tid och resurser krävs för att nå resultatet?
  5. Är det förväntade resultatet värt insatsen?
- 

Nedan ges en lista på viktiga faktorer att ta hänsyn till vid prioritering av forskningsinsatser:

### Lista på viktiga faktorer vid prioritering av forskningsinsatser

---

<b>Säkerhet:</b>	Har resultatet betydelse för förvarets långsiktiga säkerhet? Bidrar det till förståelsen av viktiga funktioner som isolering, fördröjning och utspädning?
<b>Resurser:</b>	Finns det tillgång till kompetenta personer som har tid att åta sig uppgiften? Har vi tillgång till eller kan anskaffa lämplig utrustning?
<b>Ekonomi:</b>	Är det ekonomiskt försvarligt? (Försök med separation och transmutation skulle t ex kräva mycket stora resurser). Är det värt priset (kostnad/nytta)? Får vi härigenom fram alternativa lösningar för layout eller material som gör förvaret bättre eller billigare (optimering)?
<b>Samhällsaspekter alt Informationsvärde:</b>	Har resultatet stort demonstrationsvärde? Bidrar det till att ge allmänheten en bättre förståelse och tilltro?
<b>Kompetenshållning:</b>	Ger arbetet oss en möjlighet att underhålla resurser eller träna specialister som kan bli väsentliga för oss i framtiden?
<b>Risk:</b>	Är det stor risk att misslyckas och kan det i så fall få allvarliga konsekvenser (t ex personskador, stora materiella skador etc)? Innebär undersökningen en onödig belastning på miljön?

---

SKB forskar även om andra metoder för att ta hand om använt bränsle

Direktdeponering av använt kärnbränsle är den huvudsakliga inriktningen, men SKB bevakar och stödjer även utveckling av alternativa metoder. Vi kan lika lite som någon annan med säkerhet säga vad som är tekniskt möjligt att göra i en avlägsen framtid, men genom att pröva alternativ som t ex separation åtföljt av transmutation följer SKB utvecklingen och ser om alternativen har någon potential i framtiden. Det är lätt att bli entusiastisk för ny teknik där man inte ser nackdelarna lika tydligt som i mer utvecklade metoder. Därför kan man säga att "skeptisk nyfikenhet" präglar våra egna undersökningar av alternativen.

### Långsiktig kompetensförsörjning

SKB:s arbete med forskning och utveckling uppgår till 150 manår per år

Forskningsinsatserna genomförs som uppdrag av expertis i Sverige eller i utlandet. För närvarande omfattar SKB:s externa FoU-arbete ca 150 manår per år, med 100 personer som har långvariga engagemang. Under de senaste 10 åren har ca 30 licentiat- och doktorsavhandlingar producerats inom ramen för vår verksamhet. Det sätt på vilket arbetet genomförs bygger upp en bas för rekrytering till SKB, skapar en medvetenhet om de frågeställningar som är viktiga för oss och breddar institutionernas kompetens.

Viktiga kunskapsområden för djupförvaring omfattar:

- material och tillverkningsteknik för kapslar,
- bränsle och bränsleupplösning,

- kapsel- och buffertmaterialens långsiktiga beständighet,
- kärnkemi,
- strukturgeologi/bergmekanik,
- grundvattenkemi/mikrobiologi,
- förvarets inverkan på miljön i berggrunden,
- hydrogeologi/transport av lösta ämnen i berget,
- radionuklidens spridning i ekosystem och strålningens effekter på människan och miljön.

Dessutom behövs kompetens för att genomföra funktions- och säkerhetsanalyser samt för att hålla en överblick av alternativen.

SKB:s kompetensbehov beror naturligtvis på verksamhetens inriktning och på tidsplanerna. Så långt det är möjligt tar SKB vara på den kunskap som redan finns i samhället, men ibland måste vi själva säkerställa att nödvändig kompetens finns tillgänglig. På en del områden har vi en så omfattande verksamhet, att återväxten säkerställs inom verksamheten själv. Detta gäller t ex kunskap om kapselmaterial och om teknik för tillverkning och kontroll av kapslar. Tekniken för förslutning och kontroll av kapslar kommer att vidareutvecklas i Kapsellaboratoriet. Kunskap om bergmekanik, bergkaraktärisering och bergbyggnad vidareutvecklas vid Äspölaboratoriet och vid utbyggnadsfasen på förläggningsplatsen. Verksamheten vid dessa centra förutses få en sådan bredd och omfattning att kompetensbehovet normalt bör kunna tillgodoses genom intern vidareutbildning. Andra områden där SKB själv säkerställer kompetens är t ex planering av verksamheten, miljö- och säkerhetsanalyser samt projektledning. Hit kan även räknas FoU-anknutna insatser vid utformning och design av hanterings- och försvarsanläggningar. Ett sätt att bredda verksamheten är att, på samma sätt som i Stripa gruva och vid Äspölaboratoriet, etablera ett aktivt samarbete med intressenter inom landet och internationellt.

En annan grupp av kunskapsområden som SKB behöver omfattar kemi, geokemi, geologi och baskunskap inom systemekologi och radiofysik. Universitetens och högskolornas traditionella utbildning inom dessa områden tillgodoser våra behov väl. De uppdrag som vi lägger ut innebär ofta att engagerade specialister behöver fördjupa sig inom det som är specifikt för SKB, t ex udda nuklider, långtidsbedömningar eller berggrunden på stora djup. För att långsiktigt bygga upp en kompetens inom dessa områden uppmuntrar vi även att verksamheten utnyttjas i forskarutbildningen.

En tredje grupp utgörs av kompetenser som är smala men viktiga för SKB, ofta av nyckelkaraktär. Exempel på sådana är kärnkemisk kompetens för karakterisering av använt bränsle och övrigt radioaktivt avfall, samt för studier av transmutation. Andra exempel är kunskapen om de djupa grundvattnens kemi och mikrobiologi för studier av kemiska reaktioner och materialtransport i berggrunden. Den svenska kompetensen är även smal vad gäller den skyddande lerbarriärens långtidsstabilitet och de framtida förhållanden som kan påverka förvarets funktion på lång sikt. SKB avser att långsiktigt stödja dessa områden och försäkra oss om att en tillräcklig kompetens består. Det gäller även att bibehålla materiella resurser som delvis är unika t ex tillgång till strålskyddade celler, möjlighet att arbeta med alfa-aktiva ämnen, specifika mätinstrument etc. SKB kommer även här att verka för ett brett europeiskt och internationellt samarbete. Inom Europa och internationellt finns möjligheter att etablera kompetenscentra som är för specialiserade för att kunna upprätthållas nationellt.

Sammanfattningsvis är vår uppgift att se till att det finns nödvändig kompetens även utanför det egna företaget genom följande åtgärder:

- Uppdrag till universitet och högskolor. Därigenom utbildas forskare på områden som är väsentliga för SKB.

Väsentligt med laboratorieresurser för försök med radioaktiva ämnen



- Uppdrag till forskningsinstitut med tillgång till unik utrustning. Därigenom underhålls utrustning som är nödvändig för SKB (t ex strålskyddade celler för med högaktivt material).
- Internationellt samarbete.

I något enstaka fall kan det förekomma att SKB ger direkt stöd till en utbildning med det enda syftet att bevara en unik kompetens. Det hör emellertid till undantagen. Som regel har vi ett primärt intresse i uppdragens resultat och kompetenshållning kommer så att säga på köpet.

### 9.3 Översikt av forskningsområden och forskningsprogram för djupförvaret

Säkerhetsanalysen bygger på den kunskap SKB har om avfallet, radionukliderna, barriärerna och biosfären. Behöver kunskapen förbättras genomför vi egna undersökningar eller tar vara på resultat från undersökningar som utförs på andra håll i världen. Kunskapsläge och planer ska redovisas och granskas. En ingående beskrivning av den forskning och utveckling som pågår och planeras redovisar vi separat i en särskild underlagsrapport: "Detaljerat program för forskning och utveckling 1999–2004". I underlagsrapporten redovisas bakgrund, kunskapsläge, mål och program på alla de olika forskningsområden där SKB bedriver undersökningar. Där ingår även en redovisning av alla de FoU-projekt som SKB driver, t ex vid Äspölaboratoriet samt inom EU-samarbetet. Vid granskningen av FUD-program 95 framfördes bland annat kravet att SKB skulle visa hur det stödjande FoU-arbetet knyter an till säkerhetsanalysen. För detta har en tabell sammanställts i underlagsrapporten, där FoU-insatsernas kopplingar till de för säkerheten viktiga processerna framgår.

#### Använt bränsle

Beständigheten hos det använda bränslet i grundvatten började undersökas av SKB 1977 (KBS-projektet). Det nuvarande programmet fastställdes 1982. Vår kunskap om korrosion och upplösning av använt bränsle kommer främst från de många experimenten med bränsle i vatten där bitar av bränsle hängs upp i glaskolvar med grundvatten och prover på vattnet tas regelbundet. De här försöken utförs i strålskyddade celler som finns på Studsviks bränslelaboratorium. Det har varit ett mycket omfattande program och stora ansträngningar har lagts ner på att analysera laktlösningarna. På senare tid har vi även börjat mäta redoxpotential och pH i laktlösningarna. Lösligheten av uranoxid, som bränslet till största delen består av, beror på just dessa två kemiska parametrar. Sådana mätningar är svåra att åstadkomma i de här experimenten men viktiga om man vill följa bränslekorrosionen i detalj.

Redan 1985 startades experiment med bränsle i vattenmättad bentonitlera. Syftet var att studera både bränslekorrosion och diffusion av radionuklider i bufferten. Viktigt var också att pröva hur den kemiska miljö som bufferten skapar påverkar bränslet. Totalt startades tio sådana försök, det längsta pågick i mer än sex år, och analyserna blev mycket omfattande. Resultaten visar t ex att aktiniderna plutonium och neptunium diffunderar mycket långsammare än väntat, uran något snabbare och americium precis som väntat. Jämför man relativa mängderna av olika ämnen som frigjorts från bränslet och hamnat i leran med motsvarande i bränslet visar det sig att proportionerna är oförändrade. Det kallas för kongruent upplösning och innebär att aktinider sitter bundna i uranoxiden som utgör den sk bränslematrisen. Aktiniderna kan således inte lakas ut förrän bränslematrisen löser upp sig och därigenom släpper dem fria.

Det är speciellt viktigt att känna till de kemiska egenskaperna för aktiniderna i det använda bränslet, t ex uran, plutonium, neptunium och americium. Beräk-

#### Redoxpotential

Mått på grundvattnets förmåga att reducera eller oxidera olika ämnen. Vatten som innehåller syre är oxiderande och har en positiv redoxpotential. Djupa grundvatten är reducerande med negativ redoxpotential

#### pH

Mått på surhetsgrad ju lägre pH desto surare vatten. pH=7 är neutralt, t ex dricksvatten

#### Bränslematris

Det keramiska material som utgör kärnbränslet

ningarna visar att de är svårslösliga i förvaret. Experimenten visar också detta, men grundläggande kemiska data för flera av aktiniderna är bristfälliga vilket gör det svårt att utföra noggranna beräkningar av lösligheten. En viktig aktinid som plutonium är mycket svårslöslig i den kemiska miljön i förvaret, men att mäta konstanterna som styr lösligheten ställer stora krav på experimentell teknik. Bland annat är det svårt att analysera så låga halter som det är fråga om. Vårt mål med arbetet på detta område är att förbättra den kemiska databasen.

Radiolys är en viktig kemisk process. Experiment och beräkningar visar att följande kedja av kemiska reaktioner kan äga rum då bränsle kommer i kontakt med vatten:

1. Produktion av oxiderande ämnen genom radiolys (t ex väteperoxid och syre).
2. Ytterligare oxidation av uranoxiden som bränslet till största delen består av (bränslematrisen).
3. Upplösning av de ytterligare oxiderade ställena på bränslets yta.
4. Bildning av nya fasta uranfaser (s k sekundära uranfaser).

Det är troligt att vätgas spelar en viktig roll i det här sammanhanget. Vätgas frigörs vid radiolys och vätgas bildas också då järn korroderar. Hittills har SKB antagit att vätgas inte deltar i några ytterligare reaktioner utan lämnar bränslet och försvinner ut i grundvattnet. Men om vätgasen skulle reagera förbrukas de oxiderande ämnena, kedjan av kemiska reaktioner ovan bryts och bränslematrisen skyddas. Undersökningarna fortsätter och SKB:s mål är att ta fram en bra och realistisk modell för bränsleupplösning till år 2001. De modeller som hittills använts har överdrivit effekterna av reaktionerna för att inte underskatta konsekvensen av att bränsle kommer i kontakt med vatten.

## Kapsel för använt bränsle

Kapselns förmåga att isolera avfallet är viktig för den långsiktiga säkerheten. De krav som kapseln måste uppfylla beskrivs i kapitel 7. Där beskrivs också kapselns konstruktion och programmet för fortsatt arbete.

Pågående utveckling av kunskaper och vidareprövning av modeller för korrosion av material i kapseln kommer att fortsätta, bland annat genom försöken i Äspölaboratoriet. Ett annat viktigt område för säkerhetsanalysen är spänningskorrosion åtföljd av sprickbildning. De experimentella undersökningarna vid Institutionen för Materialvetenskap (KTH) fortsätter.

## Buffert och återfyllning

Bentonit är en naturlig lera som innehåller lermineralet smektit. Smektit har egenskapen att kunna ta upp vatten och svälla vilket gör bentoniten tätande. Bentonit föreslogs som buffert mellan kapsel och berg redan på 1970-talet. Bentonit från Wyoming i USA med handelsnamnet MX-80 Volclay har en hög halt av svällande smektit. Tack vare sina goda egenskaper och höga kvalitet har MX-80 använts som referensmaterial av SKB från första början. En bentonit med något lägre kvalitet kan också duga och sådan bentonit finns, t ex i Danmark och Nordtyskland. Det finns ett antal krav som buffertmaterialet måste uppfylla (se avsnitt 7.1.2). Referensmaterialet MX-80 uppfyller dessa krav och vi ska även undersöka benoniterna från Danmark och Nordtyskland för att se om de duger. Bentonit kommer eventuellt också att ingå i materialet som används till återfyllning av deponeringstunnlarna. Kraven är något annorlunda för tunnelåterfyllningen jämfört med bufferten i deponeringshålet (se avsnitt 7.1.4). Den lägre densiteten hos bentonit i återfyllning gör den något känsligare för salthalten i grundvattnet. Detta kommer att prövas i fullskaleexperiment i Äspölaboratoriet.

Upplösning av bränslematrisen styr frigörelsen av aktinider

### Radiolys

Sönderdelning av vatten genom strålning från avfallet

Inverkan av vätgas är viktig

Ny modell av bränsleupplösning till år 2001

Forskningen om kapseln beskrivs i kapitel 7

### Buffert

Material mellan kapsel och berg

### Bentonit

Lera av vanligtvis vulkaniskt ursprung

### Smektit

Lermineral som suger upp vatten och får leran att svälla

Bentonitbufferten måste tillåta att gas transporteras genom den

Påverkan av cement på bentonit studeras

### Magnitud

Ett mått på hur mycket energi som utlöses i samband med ett jordskalv

### PNC

Statlig japansk forskningsorganisation för kärnenergi

Säkerhetsanalysen behöver modeller som beskriver buffertens egenskaper i olika hänseenden. En fråga som behandlas ingående är transport av gas genom bufferten. Om en kapsel skadas så att gjutjärnet innanför kopparhöljet korroderar bildas vätgas. Skulle detta inträffa måste gasen kunna ta sig ut när trycket blir högt, utan att skada bufferten. Experiment med gas och bentonit genomförs för närvarande, och en beräkningsmodell ska tas fram som beskriver förloppet. Detta görs i samarbete med organisationer i Finland, Frankrike, Japan och Schweiz som också är intresserade av att använda en bentonitbuffert.

Beräkningsmodeller har utvecklats som beskriver hur bufferten tar upp vatten och sväller, samt hur värmen inverkar på detta. För att pröva modellerna har SKB utfört beräkningar med mätvärden från Japanska experiment. Försöken utfördes under jord i Kamaishigruvan i Japan. FEBEX-försöket som genomförs i Grimsel, Schweiz, samt Prototypförvarsförsöket som kommer att genomföras i Äspölaboratoriet kommer att ge ytterligare underlag för prov av tillförlitligheten hos dessa beräkningsmodeller.

Sannolikt kommer vi att vilja använda oss av cement även i ett djupförvar för använt bränsle för att t ex förstärka berget genom att injektera cement. Man kan även tänka sig andra användningsområden. Det här får naturligtvis inte äventyra buffertens funktion på sikt. Därför har försök genomförts med cement ihop med bentonit och hett vatten. Testerna har pågått upp till 16 månader. Man ser en del små förändringar i bentoniten vilket utreds ytterligare. Resultaten blir vägledande för användningen av cement nära bufferten i djupförvaret.

Bentonitens kemiska stabilitet på lång sikt och frågor om hur bufferten ska appliceras i deponeringshållet är exempel på områden som kommer att undersökas ytterligare.

## Strukturgeologi och bergets mekaniska stabilitet

Berget är en viktig barriär som ska skydda kapseln. Det finns ett antal krav som berggrunden måste uppfylla (se avsnitt 7.1.3). Inför beslut om plats för djupförvar förbättrar vi kunskapen om marginaler i bergets förmåga att isolera avfallet och skydda förvaret.

En viktig fråga för strukturgeologin är förvarets inplacering med hänsyn till större sprickzoner. Inför platsundersökningarna kommer vi att rapportera hur vi kommer att granska platsens benägenhet för berggrörelser, hur sprickornas stabilitet kommer att bedömas och hur förvaret ska placeras in med hänsyn till detta.

En annan viktig uppgift är att till år 2001 sammanställa en rapport som beskriver hur SKB ska undersöka och beskriva de bergmekaniska förhållandena på platsen. Rapporten ska också visa vad bygget betyder i det här sammanhanget, vilken effekt uppvärmningen av berget från avfallet får samt hur detaljutformningen av förvaret ska anpassas till denna kunskap.

Jordskalv kan leda till förskjutningar längs sprickor i berget. En genomgång har därför gjorts av alla tillgängliga data som relaterar magnituder av jordskalv till längd, vidd och förskjutning i sprickor eller sprickzoner. Det är en viktig undersökning, eftersom den ger en möjlighet att analysera effekten av ett jordskalv på förvaret. Studier av jordskalv och deras möjliga inverkan bedrivs med fördel internationellt – större jordskalv är ju ganska ovanliga i Sverige. SKB samarbetar därför med Japanska PNC i undersökningar av jordskalvens inverkan. Undersökningen bedrivs i forskningsgruvan i Kamaishi. Vi tar även vara på resultaten från Europrobe/Eurobridge-projektet som studerar den Baltiska urbergsskölden.

Ett fenomen som ännu inte fått sin slutgiltiga förklaring är ansamlingar av block på vissa platser, så som urbergsgrottor. SKB medverkar till att en sådan formation kartläggs, de så kallade Bodagrottorna vid Iggesund, se figur 9-1.



Metoder som reflektionsseismik har vidareutvecklats för att vi ska kunna identifiera sådana geologiska strukturer som t ex horisontella eller svagt lutande sprickzoner nere i berget. Dessa kan annars vara svåra att hitta vid undersökningar från markytan, åtminstone innan man har borrar. Vertikala strukturer är enklare eftersom de går upp i dagen.

Mekaniska spänningar i berget kan mätas på olika sätt, t ex överborrning och hydraulisk uppspräckning. Mätningarna utförs i borrhål. SKB prövar hur representativa sådana mätningar är för hela berget och vilken inverkan som djupet har. I Laxemar har bergsspänningar mätts ner till 1400 meter (se även under rubriken "Djupborrning i Laxemar" nedan). Bergsspänningar kan påverka tunnarnas stabilitet. Sådant kan ha betydelse för djupförvaret och vi medverkar därför till utvecklingen på området.

## Vattenflöde och transport

Transport av lösta ämnen i berget beror bland annat på grundvattenflöde och flödesvägar. Att mäta de hydrauliska egenskaperna i området där förvaret ska ligga och beskriva detta med flödesmodeller är viktigt för säkerhetsanalysen. Modeller och mätmetoder förbättras successivt.

Det är inte enkelt att gå från t ex mätningar av bergets förmåga att leda vatten, som utförs i borrhål, till beräkningar av vattenflödet i en skala som omfattar hela området där förvaret ska ligga – även om flera borrhål utnyttjas och varje borrhål delas upp i en serie mätsektioner. Hur detta ska göras på bästa sätt prövas med mätningar och beräkningar. I mycket liten skala har undersökningar gjorts vid ett laboratorium av hur vatten rinner i en enskild spricka. I stor skala har vi studerat hur grundvattenrörelser över hela regioner av landet påverkar flödet i förvaret. Slutsatsen från den senare undersökningen är att det är de lokala förhållandena som styr vattenflödet. Vi vill därför se mer på betydelsen av de lokala förhållandena nära markytan, dvs sjöar, vattendrag och markytans form (topografi) i området. Vattnets rörelser nära markytan såsom utströmning av grundvatten är dessutom av speciellt intresse för biosfärsstudierna (se under rubriken "Radioaktiva ämnen i biosfären" nedan).

Eftersom det är så viktigt att kunna gå från mätningar i liten skala i ett borrhål till beräkningar i stor skala har SKB genomfört ett flertal tester i fält på Äspö, t ex TRUE-försöken. Olika beräkningsmodeller har använts och jämförts med varandra. Flera sådana övningar planeras.



Figur 9-1. Bodagrottorna.

## Reflektionsseismik

Metod att med ljudvågor bestämma lägen av sprickor och bergartsgränser i berget

## TRUE

Internationellt forskningsprojekt vid Äspö-laboratoriet för att studera hur radionuklider rör sig i bergsprickor – omfattar flera olika experiment

Till år 2001 ska vi ha tagit fram ett program som visar vilka mätmetoder och vilka beräkningsmodeller vi kan använda på en undersökningsplats. Det mesta av arbetet på detta område utförs vid Äspölaboratoriet.

## Grundvattenkemi

Kapsel och bentonit ska vara stabila i den kemiska miljö som råder nere i förvaret. Därför blir det viktigt att provta och analysera det djupa grundvattnet i samband med platsundersökningarna. SKB kommer att mäta den kemiska miljön som den ser ut i dag och dessutom ta reda på hur stabil den är. Bygget av förvaret kommer att påverka den från början ostörda miljön, men efter förslutning räknar vi med att den kemiska miljön i allt väsentligt ska återgå till den ursprungliga. Dessutom måste vi räkna med förändringar i framtiden, t ex annat klimat som skulle kunna påverka grundvattnet kemiskt. Äspö lämpar sig väl för sådana studier och mycket av den vattenkemiska forskningen som SKB bedriver är knuten till Äspö och de internationella projekt som bedrivs där.

Grundvatten på flera hundra meters djup var inte så väl kända då SKB inledde sin verksamhet mot slutet av 1970-talet. Det gällde i ännu högre grad grundvatten på större djup, dvs 1000 meters nivå och därunder. Kunskapen har dock ökat väsentligt och SKB har medverkat till den utvecklingen. Provtagning och analys av grundvatten från typområden i olika delar av Sverige, Stripaprojektet och Äspö har bidragit till detta. Inte minst har provtagningsutrustningar och analysmetoder utvecklats. Ett bra exempel på detta är "kemivagnen". Det är en mobil utrustning som kan användas för att ta vattenprover ur ett borrhål och analysera direkt på platsen.

Metoderna att utvärdera analysresultaten har också utvecklats, t ex beräkningar med datorprogrammet M3. Här används den matematiska metoden "principal-komponentanalys". Det är ett sätt att hitta samband mellan ett stort antal olika mätvärden. Med hjälp av M3 kan man bearbeta stora mängder analysdata och finna spår av inblandningar och kemiska reaktioner i grundvattnet. Beräkningar med M3 är ett mer objektivt sätt att arbeta än att manuellt gå igenom data och försöka hitta samband på egen hand, vilket tidigare var den gängse metoden. M3 har prövats utförligt på Äspö och även använts i samband med analogistudier (Oklo- och Palmottuprojektet).

Ett aktuellt område för forskning och demonstration är stabiliteten i den kemiska miljön på förvarsdjup. Bygge och drift kommer att innebära en störning av vattenflödet och vattenkemin. Inverkan av detta undersöks i projekt som genomförs på Äspö, t ex REX-projektet (se även avsnittet nedan om Äspölaboratoriet).

Vattnets sammansättning i olika delar av berget kan ge viktiga pusselbitar till beskrivningen av hur vattnet rör sig. Därför behöver provtagning göras både i de uppspruckna partierna i berget där vattnet rör sig lätt och i de tätare partierna där vattnet är mera stillastående. Dessutom kommer deponeringshålerna att ligga i de tätare partierna av berget så det är extra angeläget att ta vattenprover i nästan tätt berg, trots att det är svårt. En speciell utrustning har tagits fram och används nu i Äspölaboratoriet.

Som en förberedelse till platsundersökningarna sammanställs de viktigaste grundvattenkemiska parametrarna med en förklaring till varför de är viktiga och en beskrivning till hur de ska mätas. Grundvattenkemin är så viktig att ogynnsamma förhållanden kan påverka platsvalet och i någon mån även förvarets utformning.

## Kemi för radionuklider

Radionuklidernas kemiska egenskaper avgör hur rörliga de är i buffert och berg. Analysen av den långsiktiga säkerheten inleds med en inventering av vilka radionuklider som ingår i avfallet och vilken kemisk form de har i avfallet. Radio-

### REX

Internationellt forskningsprojekt vid Äspölaboratoriet för att studera hur syre som tillförs genom bergarbeten påverkar de geokemiska förhållandena



nukliden jod-129 är t ex en jodisotop med mycket lång halveringstid. Den är både löslig och lättlöslig. En annan viktig radionuklid är cesium-137. Den finns i använt bränsle, är liksom jod mycket löslig men tenderar att fastna på lermineral. Cesium-137 hamnar därför i en mellangrupp när det gäller rörlighet i buffert och berg. En radionuklid med mycket låg löslighet och rörlighet är plutonium. I bränslet ligger plutonium som svåröslig oxid och upplösta plutoniumjoner sorberas starkt av lera och andra mineral i buffert och berg. Eftersom sorption och även diffusion är mycket viktiga för de två barriärerna buffert och berg fortsätter SKB med grundläggande studier av dessa fenomen. Mer tillämpliga mätningar kommer att behövas i samband med platsundersökningarna. Bland annat utvecklas en ny metod att mäta diffusion av radionuklider i bergets mikrosprickor, s k matrisdiffusion. Matrisdiffusionen är viktig eftersom den bidrar till att minska rörligheten hos upplösta radionuklider.

De ämnen som binds starkast på sprickytan och i bergmatrisen har också en stark tendens att bilda komplex med andra ämnen eller att fastna på kolloider i vattnet. Detta skulle i sämsta fall kunna öka såväl löslighet som rörlighet hos en del av radionukliderna som finns i avfallet. SKB har studerat kolloider och komplex sedan slutet på 1970-talet och kommit till den slutsatsen att om förvaret ligger i ett berg med rena djupa grundvatten så är det här inget problem. Halterna av såväl komplexbildare som kolloider är för låga för att vara av betydelse.

Det är också viktigt att studera själva förvaret och den störning som de nya materialerna för med sig i omgivningen. Bränslet skulle eventuellt kunna ge upphov till kolloidala partiklar i grundvattnet. Att filtrera kolloider är därför en viktig funktion hos bufferten som vi prövar extra noga. Andra ämnen i förvaret som skulle kunna påverka radionuklidernas kemi är betong och stål. Betong höjer vattnets pH-värde och järnkorrosion utvecklar vätgas. Undersökningar ska visa hur mycket av sådana ämnen som kan tillåtas bli kvar i förvaret vid förslutning.

Mikrober i djupförvaret är av speciellt intresse eftersom de kan förändra den miljö de lever i. Den viktigaste aspekten är emellertid inte inverkan av mikrober på radionukliderna utan på korrosionen av kapseln. Därför är mikrober ett prioriterat område och ett gemensamt intresse för både kemiprogrammet och kapselprogrammet.

## Radioaktiva ämnen i biosfären

Biosfären är den del av jorden där liv finns, t ex på jordytan, i sjöar, i luften och nere i marken. Om radioaktiva ämnen från ett förvar når markytan kan de spridas i biosfären och till slut nå människan. Beräkningar görs i säkerhetsanalysen och följderna av ett utsläpp analyseras. Beräkningarna försvåras av att biosfären uppvisar stora lokala variationer och man måste dessutom utgå från att stora förändringar kan ske med tiden. För detta krävs inget drastiskt som t ex en ny istid. Det räcker med landhöjning i ett kustnära område som sakta men obönhörligt gör land av hav – kanske inom loppet av några tusen år. För de närmaste 1000 åren kan man göra någorlunda realistiska beräkningar om man väl känner till dagens förhållanden på den valda platsen. Men för längre tider blir det nödvändigt med förenklade beräkningar utifrån allmänna antaganden om hur det då kommer att se ut i biosfären och vilka förändringar som kan inträffa. I avsikt att minska osäkerheterna med det långa tidsperspektivet inriktar vi oss på att beskriva de viktigaste processerna, dvs främst de processer i biosfären som kan ge stråldoser till människan och utsatta djur- och växtarter.

Inför säkerhetsanalysen SR 97 genomförs beräkningar av hur radionuklider som kommer upp med grundvattnet sprids i biosfären. Utgångspunkten är analysen av ett scenario där en kapsel skadats och läcker radioaktiva ämnen som sprids med grundvattnet. Via grundvattnet kan upplösta radionuklider nå brunnar, sjöar, åar, kustområden, myrmarker och jordbruksområden.

### Isotoper

Atomerna med olika atomvikt men med samma kemiska egenskaper – d v s samma grundämne. Grundämnena förekommer (oftast) som flera isotoper, varav vissa kan vara radioaktiva och andra stabila

### Radionuklid

Radioaktiv isotop

### Halveringstid

Den tid som åtgår för mängden av en radionuklid att minska till hälften genom radioaktivt sönderfall

### Sorption

Upptag av lösta ämnen på t ex sprickor

### Matrisdiffusion

Diffusion av lösta ämnen in i (de vattenfyllda) porerna mellan mineralkornen i bergmatrisen (bergmassan)

### Kolloid

Partiklar som är så små att de inte sjunker till botten i t ex vatten

### Komplex

I detta sammanhang stora, ofta organiska molekyler som beskriver hur radioaktiva ämnen uppträder i biosfären

### Mikrober

Små organismer, t ex bakterier och virus

### BIOMOVS

Internationellt projekt för studier av datormodeller som beskriver hur radioaktiva ämnen uppträder i biosfären

### BIOMASS

En fortsättning på projekt BIOMOVS

Ett djupförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall kan ligga i anslutning till djupförvaret av använt kärnbränsle eller på annan plats

I SR 97 betraktas tre olika områden: ett vid kusten, ett nära kusten och ett område inåt landet. Erfarenheterna av detta ger en god vägledning inför utvärderingen av framtida platsundersökningar.

Något som saknas är en bra modell för hur radionuklider sprids i skogen med dess djur och växter. Skogen är den vanligaste recipienten på de flesta platser som SKB hittills betraktat och gjort beräkningar för. En ny modell för spridning och ansamling av radionuklider i skogsmark står därför högt på prioritetlistan.

Sediment kan förhindra att radionuklider når markytan. Men i sämsta fall kan sedimenten på så vis bli en framtida föroreningskälla, t ex om erosion sönderdelar och sprider sedimenten så att radionuklider som förut fastnat där läcker ut igen. Sådan erosion kan t ex uppstå när sediment på havsbotten når strandkanten i samband med landhöjning. SKB undersöker därför sedimentens stabilitet och förmåga att samla radionuklider. Spridning av radionuklider med partiklar i vattnet (hav, sjö, vattendrag) kommer också att studeras vidare.

Internationellt samarbete bidrar väsentligt till att öka kunskapen på området. Ett bra exempel är det internationella projektet BIOMOVS II som avslutades 1996. Det nya projektet BIOMASS som drivs av IAEA har tagit över där BIOMOVS II slutade. En mindre studie i BIOMOVS II utvärderade experiment med spridning av radionuklider i markskiktet. En viktig lärdom från studien var att djur och växter är väl så viktiga för att sprida radionuklider. Rötter och djur kan bidra till att föra upp radionuklider från grundvattnet genom jordlager till markytan. Dessa processer kommer att finnas med i skogsmodellen.

Till år 2001 ska SKB ha redovisat hur biosfären kommer att beskrivas på en framtida plats och vilken betydelse den har. Det är inte uteslutet, som en extra säkerhetsåtgärd, att förvarets placering inom ett område kan behöva anpassas, t ex till hur grundvattnet når biosfären.

## Djupförvaring av långlivat låg- och medelaktivt avfall

En del av Studsviks låg- och medelaktiva avfall samt en del inre delar från de kraftproducerande reaktorerna innehåller för mycket långlivade radionuklider för att få deponeras i SFR. Sådant avfall kan i stället deponeras i djupförvaret, väl skilt från kapslarna med använt bränsle (cirka 1 km). En annan tänkbar möjlighet är att ett förvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall lokaliseras helt fristående från djupförvaret. I förvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall ska även vanligt driftavfall från CLAB och inkapslingsanläggningen deponeras efter det att SFR har stängts. Detta har tidigare redovisats i SKB:s Planrapporter.

Numera behandlas djupförvaring av långlivat låg- och medelaktivt avfall inom SKB-projektet "Annat avfall" (Annat långlivat avfall än använt kärnbränsle). Som förberedelse för en säkerhetsanalys arbetar projektet med följande:

- Inventera det långlivade låg- och medelaktiva avfallet som finns på Studsvik och kärnkraftverken, samt beräkna de framtida mängderna.
- Beräkna mängden framtida driftavfall från CLAB och inkapslingsanläggningen.
- Beräkna mängden av övrigt framtida lågaktivt avfall (t ex rivningsavfall från CLAB och inkapslingsanläggningen).
- Mäta och redovisa radionuklidernas kemi i betong.
- Beskriva betongens förändring med tiden.
- Ta fram modeller för att beräkna om radionuklider från förvaret frigörs och sprids i berget (dvs anpassa säkerhetsanalysens modeller som utvecklats för använt bränsle).
- Utveckla förvarets design.
- Delta i internationellt samarbete.

Det sista är inte minst viktigt eftersom det finns betydande erfarenhet och görs mycket forskning inom det här området i länder som Storbritannien, Schweiz och Frankrike. Vi spar både möda och resurser på att byta information med varandra.

Mycket forskningsarbete har lagts ner på att undersöka hur betongen påverkar avfallet kemiskt. Vattenmättad betong har en annorlunda kemi i sitt porvatten än grundvattnet i bergsprickorna. Framförallt är pH mycket högt i betongens porvatten. Fördelen med detta är att det skyddar armeringsjärnet från rostangrepp. Cellulosa kan däremot brytas ner av betongens porvatten. De produkter som då bildas ökar lösligheten för en del av de radioaktiva ämnena. Plutonium påverkas t ex starkt och det var så man upptäckte fenomenet. Cellulosa finns i en del av avfallet i form av papper, tyg och trä. Därför har mycket arbete lagts ner på att mäta nedbrytningen av cellulosa och den effekt som nedbrytningsprodukterna har på sorption och diffusion av radionuklider i betong. SKB kommer att fortsätta med dessa studier.

Projekt Annat avfall inleddes med en förstudie för att pröva funktionen hos barriärerna i den första utformningen av förvaret. Med ledning av resultatet har en ny förenklad design föreslagits och vi ska nu analysera den långsiktiga säkerheten. Förstudien innehöll en första inventering av såväl det befintliga som det förutsedda framtida avfallet. Den inventeringen uppdateras nu. Säkerhetsanalysen utgår från den nya designen, den senaste uppskattningen av avfallsmängden, en sammanställning av kemiska data och beräkningsmodeller som, i möjligaste mån, är gemensamma med säkerhetsanalyserna för använt bränsle. Resultatet ska enligt planerna redovisas i anslutning till SR 97.

## Slutförvaring av låg- och medelaktivt driftavfall

Slutförvaret för radioaktivt driftavfall SFR, som ligger i Forsmark, har varit i drift sedan 1988. Eftersom det är en anläggning i full drift bedrivs det ingen forskning där, men bergspänningar, grundvattentryck och grundvattnets sammansättning i och omkring förvaret mäts kontinuerligt. Även förhållandena i den bentonitbuffert som omger silon följs upp kontinuerligt.

I SKB:s drifttillstånd för anläggningen finns ett krav inskrivet att säkerhetsanalysen med jämna mellanrum ska uppdateras för att kunna ta in ny kunskap om avfallet, anläggningen och de processer som har betydelse för den långsiktiga säkerheten. Även resultaten från de kontinuerliga mätningarna i och omkring anläggningen används för att förbättra säkerhetsanalysen. I den mån nya och förbättrade beräkningsmodeller utvecklats används även dessa till utvärderingen. Nästa analys kommer att publiceras under år 2000. Analysen utförs inom SKB-projektet SAFE (Safety Assessment of Final Repository for Radioactive Operational Waste). Arbetet inom projektet omfattar huvudsakligen:

- Beräkning av avfallsmängder, radionuklider, kemikalier och övriga material baserat på de drifterfarenheter som finns.
- Genomgång av hydrologiska, kemiska, mekaniska, termiska och radiologiska processer i de tekniska och naturliga barriärerna i syfte att förbättra modellberäkningarna.
- Förfinad tolkning av geologiska strukturer och beräkningar av grundvattenflödet i berget.
- Inventering av biosfären, en förbättrad beskrivning och förbättrade beräkningar.
- Uppdatering av den scenarioanalys som tidigare genomförts.

De nya beräkningsprogrammen som används inom säkerhetsanalysen har en större kapacitet än tidigare. Det gör det möjligt att förfina beräkningarna som ska visa om radionuklider och eventuella toxiska ämnen kan frigöras och spridas ut ur förvaret.

### Scenarier

Beskriver en tänkt händelseutveckling som kan eller befaras kunna inträffa, se kapitel 8



SKB medverkar även till att ta fram mätmetoder med lägre detektionsgränser på svärmätbara men viktiga radionuklider, t ex nickel-59. Med en lägre detektionsgräns för nickel-59 kan vi lättare avgöra hur komponenter som suttit nära reaktorkärnan ska tas om hand. Innehåller dessa komponenter mycket nickel-59 så räknas de till kategorin långlivat avfall (se föregående avsnitt).

## Äspölaboratoriet

Att bygga ett underjordslaboratorium på Äspö, se figur 9-2, föreslogs redan i SKB:s FUD-program 86. Efter att förundersökningarna genomförts så började anläggningen byggas 1990 och stod klar 1995. Äspölaboratoriet ska fungera som en generalrepetition inför djupförvaret. Viktiga uppgifter är t ex att pröva metoder för platsundersökningar, att utveckla teknik för djupförvaret, att utbilda personal, att ge underlag till säkerhetsanalysen och att informera utomstående om teknik som utvecklas för djupförvaret. Äspölaboratoriet innebär en fortsättning på den tradition av internationellt samarbete som inleddes redan 1977 i den nu nedlagda Stripa gruva. I dag deltar organisationer från tio olika länder i forskningen i Äspölaboratoriet: Finland, Frankrike, Kanada, Schweiz, Tyskland, Spanien, Storbritannien, Japan, USA och Sverige.

Den underjordiska delen av Äspölaboratoriet är utformad som en tunnel från Simpevarpshalvön till södra delen av Äspö. På Äspö fortsätter huvudtunneln i två spiralvarv ner till ett djup av 450 meter. Från huvudtunneln grenar mindre nischer och tunnlar ut till platser där de olika experimenten och testerna genomförs, se figur 9-3.

Tiden före och under bygget av anläggningen under jord användes till att pröva olika metoder att göra platsundersökningar. Metoderna liksom de modeller som användes för att beskriva bergets egenskaper utvecklades. Vi ville framförallt försäkra oss om att undersökningar i borrhål som borrats från markytan gav tillräckligt med information om berget ner till förvaringsdjup. Väl under jord kunde berget studeras i detalj från laboratoriets tunnlar och schakt. Detta arbete koncentrerades till Äspötunneln.

### Äspölaboratoriet

Undersökningar  
1985–1990 och  
bygge 1990–1995

Tunnel 3,5 km

Djup 460 m

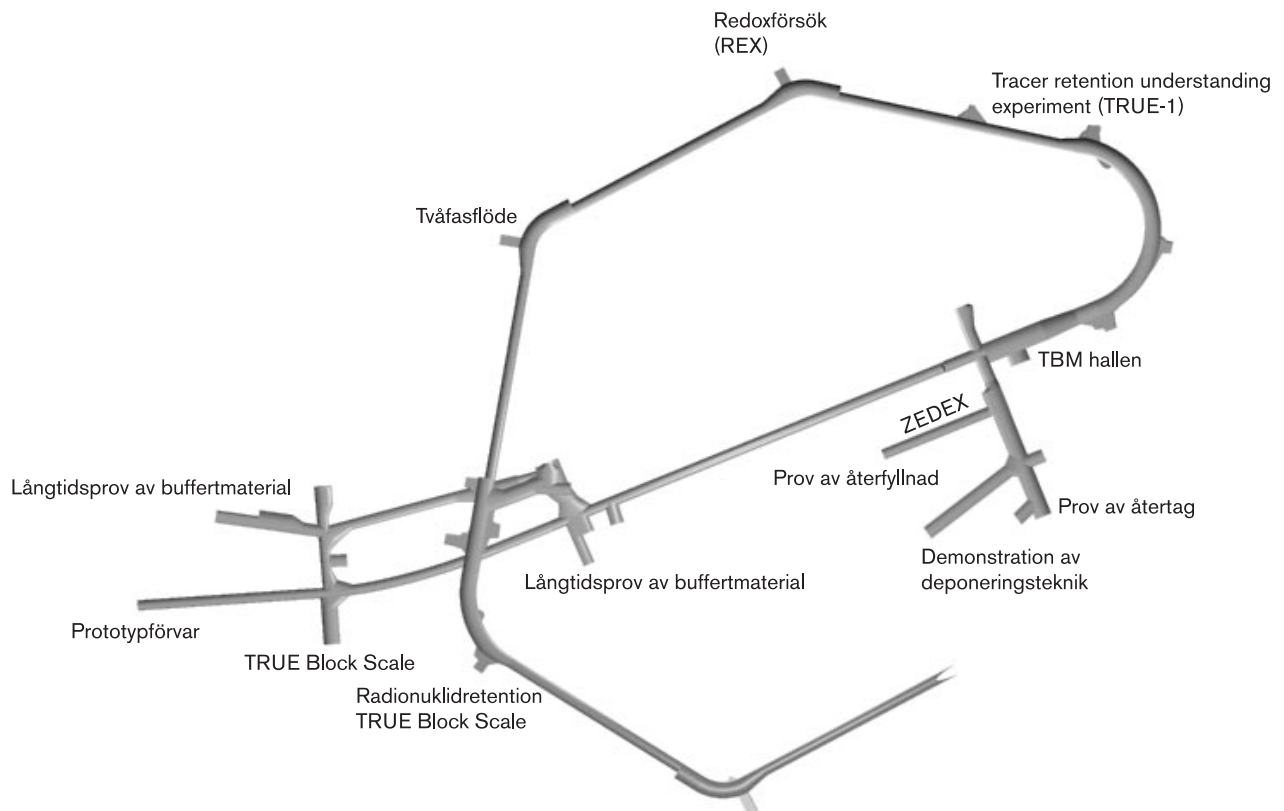
Kostnad 500 MSEK

Deltagande organisationer från:

Finland, Frankrike,  
Kanada, Schweiz,  
Tyskland, Spanien,  
Storbritannien, Japan,  
USA och Sverige



*Figur 9-2. Vid Äspölaboratoriet bedrivs en stor del av SKB:s tillämpade forskning och teknikutveckling.*



Figur 9-3. Plan över Äspötunneln.

## Forskning och utveckling vid Äspölaboratoriet

ZEDEX-projektet genomfördes för att studera hur berget förändras intill tunnlar och andra öppna utrymmen vid brytning med olika metoder (sprängning och fullortsborrning). Det uppstår alltid en del sprickor i tunnelväggarna vid utbrytning av tunnlar i berget och det är viktigt att veta hur den "störda zonen" ser ut och hur långt den fortsätter in i bergväggen. Resultaten visar på en mycket liten inverkan på berget vid fullortsborrning.

I Äspölaboratoriets regi har modeller utvecklats som beskriver flöde av grundvatten med varierande salthalt. Den internationella medverkan har varit av stort värde i det sammanhanget.

REX-projektet mäter hur syre förbrukas i berget (se även avsnittet under rubriken grundvattenkemi ovan). Ett experiment nere i Äspötunneln har påbörjats och förväntas bli klart under 1999. Experimenten under jord har föregåtts av omfattande laboratorieförsök.

Avgasning av grundvatten i berget nära tunnlar och borrhål är ett fenomen som kan störa mätningar av t ex vattenflöde. Detta har undersökts ingående på Äspö. Anledningen till intresset är följande: Utvecklas det tillräckligt mycket gas, antingen på naturlig väg eller genom t ex korrosion, så påverkas vattenflödet. Det är också viktigt att förstå hur gasen transporteras från förvaret. Nya försök med gas och tvåfasflöde, dvs flöde av vatten och gas samtidigt, kommer att prövas på Äspö.

På Äspö har resultat från mätningar i berget och grundvattnet systematiskt samlats in i samband med förundersökningarna. Detta fortsatte under tiden som bygget av underjordsdelen pågick. Även efter bygget har insamlingen av mätdata

### ZEDEX

Internationellt forskningsprojekt vid Äspölaboratoriet för att studera och jämföra förändringar (bl a sprickbildning) i bergväggarna vid sprängning och borrning av bergtunnlar

### Avgasning

Gas som är löst i vatten kan avgå som bubblor om t ex trycket sjunker



### HMS

Hydro Monitoring System

### SICADA

SKB:s databas med geovetenskapliga data från Äspö. Där ingår även data från andra undersökta platser

### RVS

Rock Visualization System

fortsatt och pågår alltjämt. Bland annat övervakas grundvattentrycket i borrhål från markytan på såväl Äspö som intilliggande områden. Även ett större antal borrhål från underjordsdelen övervakas av detta system som kallas HMS. Övervakningen av vattentrycket är för övrigt ett krav enligt vattendomen.

Även grundvattenkemin övervakas genom regelbunden provtagning. Alla mätningar, dvs vattentryck, vattenkemi, sprickartering etc, läggs in i SKB:s databas SICADA. För att bearbeta och åskådliggöra data från SICADA utvecklas programmet RVS. Meningen är att den här hanteringen av mätdata ska kunna användas vid framtida platsundersökningar.

På Äspö utvecklas flera olika mätmetoder som kan användas för detaljundersökningar under jord, t ex radar, seismik, bergspänningsmätningar, avsökning av tunnelväggar med laser, vattenprovtagning under borrhåll etc.

TRUE är en serie experiment som utförs i sprickor under jord i Äspö. Syftet med försöken är att se hur radionuklider sprids med grundvatten i berget och pröva de modeller som används i säkerhetsanalysen. Radionuklider och även andra spårbara ämnen injiceras via borrhål. Sprickorna har valts ut noga och undersökts dessförinnan. Laboratorieförsök och teoretiska beräkningar visar att berget har en avsevärd förmåga att begränsa sådan spridning och på så vis fungera som en barriär. Detta provas i både stor och liten skala på Äspö.

Experiment med radionuklider i berget ställer krav på säkerheten. Detta begränsar urvalet av användbara ämnen och även de mängder som kan komma ifråga. Dessa problem kan man lösa genom att delvis innesluta experimentet i en sond. Att skalan på försöket härigenom blir liten – det måste rymmas i sonden – utgör sällan något problem, eftersom de flesta radionuklider har mycket låg rörlighet. En sådan borrhålls sond, CHEMLAB, har konstruerats. Grundvatten tas in i sonden och experiment med t ex diffusion och sorption av radionuklider utförs inuti sonden. Försök med bitar av bränsle är också möjliga att utföra i CHEMLAB och sådana planeras.

### Demonstration av viktiga delar i förvarssystemet

En allt viktigare uppgift för Äspölaboratoriet är att pröva och demonstrera delar av förvarssystemet i full skala. Detta har beskrivits i kapitel 7. Där redogörs också för en del av de olika aktiviteterna som ingår, t ex utveckling av teknik för tätning av berg, provning av deponeringsmaskin, provning av teknik för återfyllning, provning av återtag (se avsnitt 7.4 och 7.6). Det mesta av det här arbetet utförs inom ramen för olika projekt vid Äspölaboratoriet. Ett viktigt sådant projekt är bygget av prototypförvaret, se figur 9-4. Detta kommer att byggas i den inre delen av den borrhållstunneln (fullortsborrad) på 450 meters djup. Preliminärt planeras för sex deponeringshål i full skala med sex meter mellan hålen. Värme kommer att alstras i kapseln på elektrisk väg i stället för med använt kärnbränsle. Utformning, material och berg ska i största möjliga utsträckning vara desamma som i ett riktigt förvar. Långsiktig säkerhet kan man inte testa på det här viset – det skulle kräva mycket långa tider – men, genom att placera in mätinstrument, kan man registrera hur bufferten och återfyllnaden mäts med vatten, hur berget värms upp, hur mekaniska spänningar påverkar berget och hur kemin förändras under ett övergångsskede.

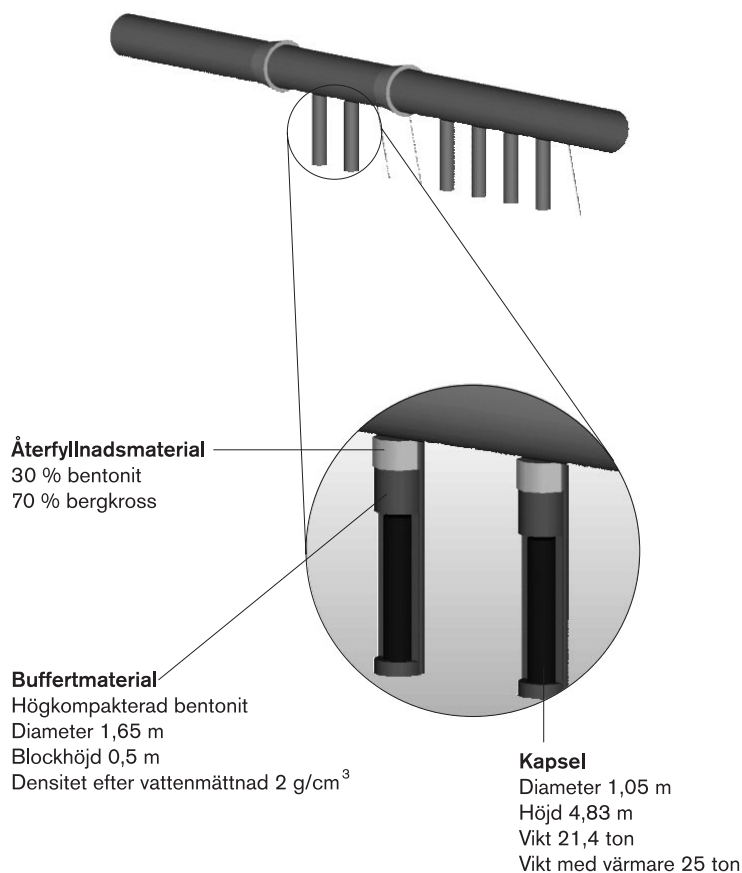
Inom ett annat projekt på Äspö provas olika material och metoder för att återfylla tunnlar i ett djupförvar (Backfill and Plug Test). Inledande försök med olika material genomfördes 1995 och 1996 (olika blandningar av krossat berg och bentonit). Man fann då ett sätt att packa återfyllningen som fungerade bättre än tidigare teknik, särskilt i blöta tunnlar. Långtidsförsök planeras, bland annat med en blandning av 30 procent bentonit i krossat berg, se figur 9-5.

Hantering som deponering och återtag kommer att demonstreras i full skala. Demonstrationsprojektet blir ett komplement till prototypförvaret och försöken med återfyllning av tunnlar (Backfill and Plug test). Ett alternativ till att deponera kapslar i vertikala deponeringshål är att lägga dem horisontellt i tunnlar eller i horisontella deponeringshål i tunnelväggen. Sådana försök övervägs men är ännu inte beslutade, se avsnitt 7.4.2

Hantering av långlivat låg- och medelaktivt avfall kommer i hög grad att likna den hantering som i dag sker i SFR. Det är därför inte nödvändigt med ett eget demonstrationsprojekt för långlivat låg- och medelaktivt avfall. Erfarenheterna från SFR täcker väl behovet.

LOT är ett projekt där man prövar hur buffertmaterialet fungerar i ett deponeringshål och framförallt vad uppvärmningen innebär. En första fas har redan genomförts. Två vertikala fyra meter djupa borrhål med en diameter på cirka 300 mm borrades i Äspölaboratoriet och fylldes med kompakterad bentonit och en värmare i mitten. Temperatur, tryck och värmeledningsförmåga uppmättes och försöken pågick i drygt 15 månader. Då hade temperaturen som mest drivits upp till 90°C i det ena hålet och 130°C i det andra. Prover på bentoniten har tagits och skickats till analys, se figur 9-6. Ytterligare fyra hål planeras där försöken ska pågå fem och tio år, kanske ända upp till 20 år.

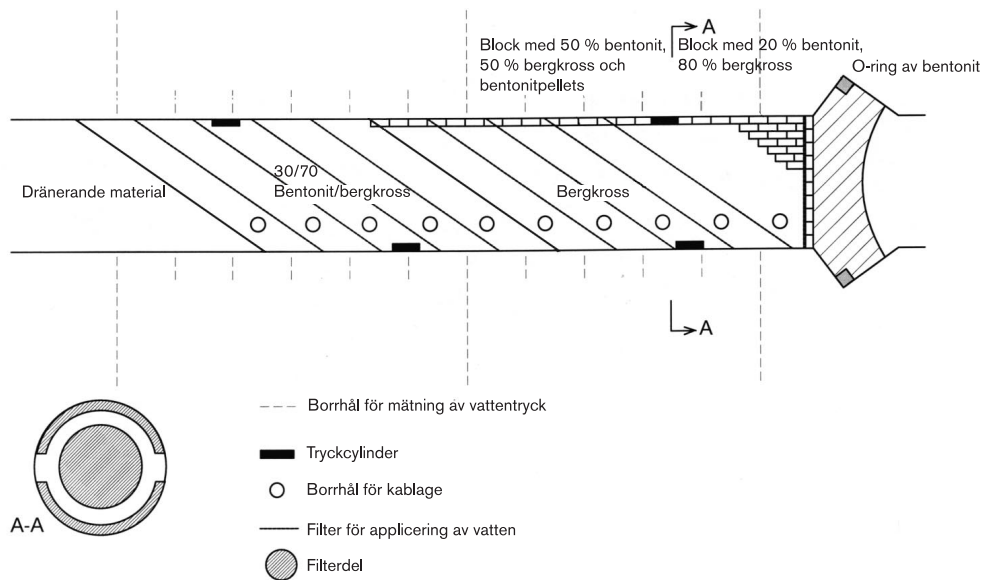
Särskilda försök planeras för att pröva hur gas tränger igenom en buffert av bentonit. Detta har prövats i laboratorier och beräkningsmodeller har utvecklats. Vi vill nu se om beräkningarna stämmer när experimenten görs i full skala nere i berget.



Figur 9-4. Prototypförvaret vid Äspölaboratoriet

## LOT

Forskningsprojekt vid Äspölaboratoriet. Uppgifter för att studera långtidsuppträdandet hos buffertmaterial i kontakt med berg och kopparkapsel



Figur 9-5. Återfyllning och pluggning.

### Naturlig analogi

Exempel på material och processer i naturen som har motsvarighet i förvaret

### Hyperalkaliskt vatten

Vatten med mycket högt pH-värde

Naturliga kärnreaktorer i Oklo i Gabon

## Naturliga analogier

Förvaret ska skydda kapslarna under mycket lång tid – upp till hundratusentals år. För den händelse att avfallet ändå kommer i kontakt med grundvattnet så ska upplösningen gå mycket långsamt, bufferten ska begränsa frigörelsen av radionuklider och även berget ska fungera som en barriär mot spridning av radionuklider. Barriärerna, som utgörs av svårslutligt bränsle, kapsel, buffert och berg, måste behålla sina egenskaper under lång tid. Det går inte att göra experiment över så långa tider vilket är det främsta motivet till att söka efter exempel i naturen, s k naturliga analogier. SKB har varit engagerat i ett flertal sådana undersökningar sedan början på 1980-talet.

Intresset för naturliga analogier är internationellt. Det är vanligt att intressenter från olika länder går samman och startar gemensamma projekt för att studera de mest intressanta analogierna. Fördelarna med detta ligger inte enbart i delat arbete och delade kostnader utan också i att flera forskare ges möjligheter att delta. Många deltagare med olika bakgrund gör att olika tolkningar kan brytas mot varandra vilket i sin tur leder till en kritisk utvärdering och minskar risken för förhastade slutsatser. Tre stora analogiprojekt som SKB varit med om och som nu är avslutade är Poços de Caldas (Brasilien), Cigar Lake (Kanada) och Maqarin (Jordanien). De två första analogierna består av malmfyndigheter med uran och de har lärt oss mycket om betydelsen av oxidation i ett närområde kring avfallet. Maqarin är unikt i världen genom sina hyperalkaliska källor. Vattnet i källorna liknar betongens porvatten och man får därigenom en kemisk analogi till våt betong i ett förvar. I alla tre analogier har vi provtagit vatten för att se om det fanns kolloider och mikrober. Men framförallt så har det varit möjligt att pröva en del av alla de beräkningsmodeller som används i säkerhetsanalysen. Exempel på sådant som testats är modeller för:

- radionuklidens löslighet,
- sönderdelning av vatten genom strålning, dvs radiolys,
- vattenflöde och transport av lösta ämnen,
- vittring av mineral.

För närvarande är SKB engagerat i två större internationella analogiprojekt: Oklo- och Palmottuprojektet. Det första projektet undersöker spåren av de naturliga reaktorerna som fanns i Oklo i Gabon, Afrika för två miljarder år sedan



Figur 9-6. LOT-försöket.

och det andra en fyndighet av uranmalm i Finland. I båda fallen så görs jämförelser med använt bränsle. Båda projekten har dessutom stöd från EU och ingår i det europeiska forskningsarbetet. Målet är liksom tidigare att pröva modellerna som används till att göra beräkningar i säkerhetsanalysen. I det avseendet erbjuder Oklo unika möjligheter. Oklo är det hittills enda kända exemplet på en plats med naturliga kärnreaktorer. Det använda "reaktorbränslet" har lämnats kvar så att vi kan studera resterna av det. Efter så lång tid har de primärt bildade radionukliderna hunnit avklinga och det vi ser är stabila ämnen eller extremt långlivade s k dotternuklider (t ex U-235 som rest från avklingat Pu-239).

Uranmalmen i Palmottu är mindre exotisk i alla avseenden, men just det faktum att det ligger i samma urbergsregion, och med i övrigt liknande förhållanden som i SKB:s tillkommande djupförvar, gör Palmottu extra intressant.

Program och mål är lika viktiga för analogistudier som för vilket annat projekt som helst, men mycket handlar det om att "ta vara på vad naturen ger". Man kan aldrig vara säker på om utfallet av en analogistudie blir tillräckligt entydigt för att vara direkt användbart. Ofta kan det vara fördelaktigt att genomföra mindre brett upplagda undersökningar, eller åtminstone börja i den änden. SKB har tidigare genomfört sådana mindre studier av t ex uranmalm, bentonit och betong. Målet har varit att se hur dessa material förändras med tiden. Nya studier av liknande slag pågår, t ex:

- Analys av 90-årig betong från en vattentank i Uppsala slott.
- Undersökningar av en kopparfyndighet i Hyrkkylä (ren metallisk koppar).
- Studier av bentonitprover.

De två EU-projekten i Oklo och Palmottu löper till 1999. Vad som händer därefter beror till stor del på resultaten av undersökningarna. En komplikation i sammanhanget är att gruvan i Oklo ska stängas varför det antagligen inte går att fortsätta provtagningarna efter 1998.

#### Dotternuklid

Den nuklid som bildas vid radioaktivt sönderfall av en radionuklid (modernukliden)



### **Paleogeohydrologi**

Läran om grundvattnets sammansättning och flöde under olika geologiska epoker (historia)

### **PAGEPA och EQUIP**

Två forskningsprojekt med stöd av EU som studerar hur grundvattnets sammansättning och flöde varierat med tiden

## **Paleogeohydrologi**

Spåren av de hydrogeologiska förhållanden som tidigare rått i Sverige och andra länder ger en uppfattning om vilka variationer i vattenflöden som kan uppkomma i framtiden. Man kan även se vad en istid skulle innebära och hur det skulle påverka vattenflödet nere i berget.

SKB har låtit universitetet i Edinburgh utveckla en beräkningsmodell av en inlandsis. Med hjälp av modellen så kan man simulera tillväxten och avsmältningen av en inlandsis på en given plats. Beräkningarna ger besked om isens tjocklek vid olika tider, smältvattenflöde, permafrostens djup och vattentrycket under isen. Det här kan bli ett hjälpmedel för kommande säkerhetsanalyser då man behöver en bra beskrivning över *hur* en istid förlöper. Men det är betydligt svårare att beräkna *när* en istid kommer att inträffa i framtiden – om den alls inträffar.

På grund av att tillgängliga klimatmodeller är osäkra i sina förutsägelser om det framtida klimatet på jorden, innebär detta med nödvändighet att även förutsägelseerna av framtida istider blir osäkra. Man kan någorlunda säkert beräkna tidpunkterna för framtida kallperioder. Däremot är det svårt att avgöra vilka av dessa som kommer att leda till ett kontinuerligt istäcke som sträcker sig ner över större delen av Sverige och därmed även över en förvarsplats. Man kan i dag inte säga om södra och mellersta Sverige med säkerhet kommer att påverkas över huvud taget av en inlandsis under de kommande 100 000 åren.

SKB är med i de två EU-projekten PAGEPA och EQUIP. Inom PAGEPA så prövar man om de beräkningsmodeller som finns för grundvattnets kemi och flöde kan användas för att förutse framtida förändringar. Man prövar modellerna genom att utföra beräkningarna för den tid som har varit, dvs när man har ett "facit" på vad som hänt. De mätresultat som behövs för detta har man framförallt hämtat från Äspölaboratoriet.

Inom EU-projektet EQUIP undersöker man de kemiska spåren som tidigare grundvatten lämnat efter sig i sprickmineralen, dvs de mineral som helt eller delvis fyller de flesta av sprickorna i berget. Man har koncentrerat sig på sprickmineralet kalcit, ty på kalcitkristallernas form kan man se vilken sammansättning vattnet hade då kristallerna bildades, t ex om det var saltare än vad grundvattnet är i dag. Genom att bestämma åldern på sprickmineralen kan man avgöra vilken salthalt det har varit vid provningsstället vid olika tidpunkter.

## **Djupborrning i Laxemar**

I Laxemar, cirka två kilometer från Äspö, har SKB låtit borra ett vertikalt hål ner i berget till cirka 1 700 meters djup. Borrningarna utfördes redan 1992. Syftet var att pröva teknik för borrning till stora djup. Vi ville också få en borrhäla som beskriver berget hela vägen och där inga bitar saknas. Detta lyckades. I borrhålet har man sedan provat olika typer av utrustningar för att mäta och provta, t ex grundvattnet.

Resultaten av mätningarna och analyserna har ökat vår kunskap om berget och grundvattnet på stora djup. Under den kommande treårsperioden planeras inga omfattande undersökningar, men mätare för vattentrycket kommer att sättas ner på olika nivåer och det ska även bli möjligt att ta fler vattenprover för att se om något förändras.



## 9.4 Forskning om alternativa metoder

SKB:s huvuduppgift är att ta hand om och slutförvara kärnbränsleavfallet på ett säkert sätt (kärntekniklagens §10). Vi har också ett ansvar för att följa och medverka i utvecklingen på olika alternativa sätt att ta hand om använt kärnbränsle samt att utvärdera hur dessa metoder kan påverka den långsiktiga förvaringen.

### Separation och transmutation

Syftet med transmutation är att avsevärt minska den mängd av långlivade radioaktiva ämnen (radionuklider) som måste slutförvaras. Intresset för transmutation har återkommit i fokus under 1990-talet. Transmutation kan på sikt tänkas bidra till hanteringen av kärnbränsleavfallet. En förutsättning för transmutation är att det använda kärnbränslet upparbetas så att de långlivade radionukliderna separeras från bland annat uran. Transmutation kommer aldrig att helt kunna ersätta behovet av ett djupförvar. I bästa fall kan den minska mängden långlivade ämnen i avfallet samtidigt som kvarvarande energiinnehåll i använt bränsle tas tillvara. Tekniken för separation och transmutation kräver omfattande forskning och utveckling innan den kan bli mogen för industriell tillämpning.

### Mål och arbetsinriktning för perioden 1999–2004

Målet för SKB:s forskning och utveckling om separation och transmutation av långlivade radioaktiva ämnen är:

- att granska hur denna teknik utvecklas och hur den kan komma att påverka avfallsströmmar från kärntekniska anläggningar och avfallets nuklidinnehåll,
- att bedöma om, och i så fall hur och när, detta kan utnyttjas för att förenkla, förbättra eller utveckla ett system för sluthantering av kärnbränsleavfallet från de svenska kärnkraftverken.

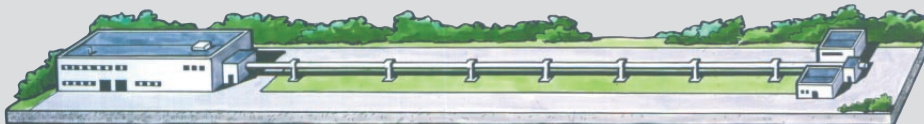
Underlag tas fram fortlöpande enligt årliga verksamhetsplaner. Samlade bedömningar sker inför viktiga beslut i kärnavfallsprogrammet. Således ska enligt kraven på alternativredovisning en bedömning av separation och transmutations-

#### Faktaruta

Kärnklyvningar sker med neutroner. I en **termisk reaktor** bromsas neutronerna ned med en moderator (av lätta atomer) till låg (termisk) energi innan kollisionerna som leder till kärnklyvning inträffar. Våra vanliga lättvattenreaktorer är termiska reaktorer. Kylningen sker med vatten.

I en **snabb reaktor** har neutronerna en hög energi (hastighet) när de kolliderar med de klyvbara atomkärnorna (uran eller plutonium). Snabba reaktorer finns bland annat i Ryssland och Frankrike där de kyls med flytande natrium.

I existerande reaktorer sker kärnklyvningarna med en självunderhållande kedjereaktion – vid varje kärnklyvning bildas tillräckligt många neutroner för att en ny kärnklyvning ska inträffa. En sådan reaktor sägs vara kritisk när kedjereaktionen pågår. I en underkritisk reaktor kan ingen kedjereaktion ske – i stället måste neutroner tillföras utifrån. Dessa alstras av en neutronkälla som kan drivas av en accelerator – **accelerator-driven underkritisk reaktor**.



#### Transmutation

I detta sammanhang omvandling av grundämne till annat/andra grundämne(n) genom att bestråla med neutroner i en kärnreaktor

#### Proton

Väteatomens kärna – har en positiv enhetsladdning

#### Neutron

Neutral/oladdad partikel med samma vikt som protonen. Atomkärnor byggs upp av protoner och neutroner

#### Reaktor

I detta sammanhang en kärnreaktor (i äldre skrifter atomreaktor) där man genom kärnklyvningar frigör kärnenergi (atomenergi)

#### Accelerator

Accelererar laddade partiklar (protoner, elektroner och joner) till hög energi

### Accelerator driven transmutation

Transmutation som åstadkoms i en accelerator driven underkritisk reaktor

SKB fortsätter satsa på forskning om transmutation

Transuranerna är en undergrupp till de s k aktiniderna. Till transuranerna räknas de aktinider som kommer efter uran i det periodiska systemet, dvs neptunium, plutonium, americium, curium etc. Till aktinider räknas dessutom uran, protaktinium, thorium och actinium. Dessa är inte transuraner eftersom de ligger före uran i det periodiska systemet.

metoder ingå i underlaget för beslut om lokalisering av inkapslingsanläggning och djupförvar. En samlad bedömning ska vidare ske vid utvärderingen efter det första steget med deponering av inkapslat kärnbränsle i djupförvar.

Accelerator driven transmutation är för närvarande den alternativa utvecklingslinje för separation och transmutation som tilldrar sig störst intresse såväl i Sverige som i flera andra länder. Utvecklingen av sådana anläggningar är mycket kostsam och starkt beroende av internationell samverkan. Flera grundläggande tekniska frågor måste ytterligare klarställas genom forskning innan större projekt med accelerator driven transmutation kan påbörjas. Med hänsyn till utvecklingsläget, erforderliga resurser samt gällande energipolitiska beslut i Sverige bedömer vi det inte rimligt att ta egna initiativ till större utvecklingsprojekt.

SKB avser att fortsätta bedriva inhemsk forskning vid universitet och högskolor i ungefär nuvarande omfattning. Syftet med forskningen ska i första hand vara att medverka till att grundläggande tekniska frågor kring separation och transmutation klarläggs. Särskilt bör inriktningen vara mot frågor om säkerhet, material, processutformning och avfallsströmmarnas sammansättning. Därigenom skapas inhemsk kompetens och ett underlag för att bedöma utsikterna för och egenskaperna hos system för separation och transmutation. Arbetena sker också i fortsättningen i nära kontakt med den internationella utvecklingen på området. Vi ser också som en möjlighet att på lämpligt sätt medverka i internationella projekt – särskilt EU-projekt – som kan komma till stånd.

### Bedömning av framtiden för separation och transmutation

Internationellt råder en betydande enighet bland ansvariga organisationer och experter om att även en framgångsrik utveckling av separation och transmutation inte kommer att eliminera behovet av ett djupförvar. Däremot kan det förändra konstruktionsförutsättningarna för djupförvaret och dess barriärer, och kraftigt minska mängden av långlivade radionuklider som måste deponeras i djupförvaret.

De ämnen som i första hand bidrar till det använda kärnbränslets långlivade farlighet (radiotoxicitet) är de s k transuranerna dvs främst plutonium men även neptunium, americium och curium. Ett ton använt kärnbränsle innehåller cirka tio kg plutonium och sammanlagt ca 1 kg av de tre övriga transuranerna; med tiden omvandlas ytterligare drygt 1 kg plutonium till americium och sedan till neptunium. Långlivade klyvningsprodukter och aktiveringsprodukter såsom t ex teknetium-99, jod-129 och kol-14 har avsevärt mindre radiotoxicitet men är å andra sidan mer lätttrörliga i berget.

Det går att genomföra separation och transmutation, men det är för tidigt att avgöra om en sådan avfallsbehandling har säkerhetsmässiga fördelar jämfört med nuvarande planer för hantering av använt kärnbränsle och högaktivt avfall. Neutroner från såväl termiska reaktorer som snabba reaktorer och accelerator drivna underkritiska reaktorer kan utnyttjas för transmutation av långlivade radionuklider. Termiska reaktorer och snabba reaktorer har byggts och drivits med god erfarenhet under lång tid. Accelerator drivna reaktorer finns fortfarande bara på ritbordet. Vid en inbördes jämförelse är man i dag överens om att transmutation i reaktortyper med snabba (högenergetiska) neutroner har fördelar beträffande reduktion av den totala mängden tyngre transuraner. En möjlig utveckling är att man utnyttjar sammansatta system där var typ av neutronkälla har en bestämd uppgift. I sådana system utnyttjas de speciella egenskaperna hos ett accelerator drivet system för att åstadkomma en effektiv transmutation av neptunium, americium och eventuellt curium medan vanliga kärnreaktorer används för energiproduktion och plutoniumförbränning.

Oavsett vilka typer av system man slutligen tillämpar, kan man som tumregel ange att det behövs tre till fyra reaktorer med snabba neutroner (snabba reaktorer och/eller accelerator drivna reaktorer) för att transmutera avfall från den svenska parken av lättvattenreaktorer.

Utveckling av separation och transmutation innebär utveckling av ny kärnteknik och kräver betydande resurser och tid. Omfattande nationella program pågår i Frankrike och Japan. Fransmännen siktar i enlighet med en lag från 1991 mot ett etappmål 2006. Kostnaderna för programmet anges till 600 miljoner USA dollar på 15 år.

Japanerna har ej angivit något tidsschema för sitt program. Kostnaderna ligger i storleken 10-tals miljoner USA dollar per år.

I USA har Los Alamos National Laboratory föreslagit ett i första hand femårigt utvecklingsarbete inriktat mot acceleratordriven transmutation. Kostnaden anges till ca 115 miljoner USA dollar. Ambitionen är att sedan fortsätta med en demonstrationsanläggning i halv skala.

Inom EU finns förslag till ökad satsning på utveckling av acceleratordriven transmutation bland annat baserade på de idéer som framförts av Carlo Rubbia, nobelpristagare i fysik vid CERN.

Dessa program är dock bara början av utvecklingen innan man kommer till de nödvändiga bekräftande storskaliga försöken. En framgångsrik utveckling och tillämpning av separation och transmutation kommer också att kräva en anpassning av hela kärnbränslecykeln med hänsyn till återvunnet uran. För att lyckas med utvecklingen kommer det att behövas ett omfattande internationellt samarbete. För svensk del kan sådant samarbete ske bland annat inom EU.

Kostnaderna för separation och transmutation är naturligtvis omöjliga att beräkna med någorlunda säkerhet innan man har bestämt vad det är för typ av anläggning man ska ha. I USA har man beräknat att anläggningar för acceleratordriven transmutation av 70 000 ton använt kärnbränsle från de cirka 100 amerikanska lättvattenreaktorerna skulle kräva en sammanlagd kostnad på cirka 320 miljarder kronor i investering och cirka tio miljarder kronor per år för drift under 65 år – eller totalt närmare 1 000 miljarder på cirka 65 år. Utvecklingskostnader tillkommer. Under denna tid skulle mängden transuraner minska från cirka 600 ton till mindre än ett ton. Samtidigt erhålls cirka 4 000 TWh elkraft (värda ca 0,25 kronor per kilowattimme eller totalt cirka 1 000 miljarder kronor). Hur djupförvarskostnaderna kommer in i denna kalkyl är oklart. Uppenbart är emellertid att erforderlig tid för forskning och utveckling, och sedan för transmutation av långlivade radionuklider från existerande lättvattenreaktorer, är i storleken 100 år eller mer.

Utvecklingen av ny kärnteknik kan också ha målet att effektivare ta tillvara energiinnehållet i det uran som utvinns ur jordskorpan. I så fall kan transmutation vara en intressant och viktig ”biprodukt” som avsevärt kommer att påverka den framtida hanteringen av det använda kärnbränslet.

Transmutation i stället för direktdeponering skulle innebära en ytterligare minskning av en relativt liten, kanske bara hypotetisk, risk långt in i framtiden. Men å andra sidan skulle risken för exponering i nutiden eller i den nära framtiden öka påtagligt på grund av starkt ökad hantering av kortlivade radioaktiva ämnen. Detta är en viktig fråga som kräver ytterligare underlag och belysning.

Förutsättningarna för en tillämpning av separation och transmutation är olika i skilda länder. De länder som i dag upparbetar sitt bränsle – t ex Belgien, Frankrike, Japan, Schweiz, Storbritannien och Tyskland – har redan tagit det första nödvändiga steget att separera ut kvarvarande uran och plutonium. Andra länder som beslutat om direktdeponering – t ex Finland, Spanien, Sverige och USA – måste i så fall överge sin linje. Utveckling och tillämpning av separation och transmutation är bland annat med hänsyn till tid och kostnader avsevärt mer trolig i ett scenario med fortsatt användning, förnyelse och eventuell expansion av kärnenergi än i det motsatta fallet.

I det svenska scenariot med ett lagfäst beslut att ej bygga ny kärnkraft kräver en eventuell framtida inhemsk tillämpning av separation och transmutation att detta

## CERN

Europeisk organisation för forskning inom kärnfysik och elementarpartikelfysik med säte och stora laboratorier i Genève

Transmutation kräver ett långsiktigt kärnavfallsprogram

### Seismiska mätningar

Geofysiska mätningar med ljudvågor för att studera bergets egenskaper och strukturer

Svårt att bedöma säkerheten vid förvaring i djupa borrhål

beslut ändras – det vore orimligt att bygga en anläggning för separation och transmutation utan att tillgodogöra sig den energi som utvecklas i transmutationsprocessen. Ett tänkbart framtida alternativ är möjligen också att ”köpa” separation och transmutation vid utländska anläggningar och sedan ”bara” ta hand om avfallet.

Då fortsatt utbildning av högkvalificerad personal krävs så länge som landet har kvar kärnkraftanläggningar utgör forskning och utveckling på separations- och transmutationstekniken en bra grund för att kunna attrahera nya studenter och forskare till ämnen inom kärnkraftområdet.

Det finns en bred vetenskaplig övertygelse om att nuvarande typer av bränslecykler i kombination med planerad avfallshantering och geologiska slutförvar kommer att ge ett tillfredsställande skydd för mänskligheten för all överskådlig framtid. Det finns dock samtidigt ett betydande intresse av att undersöka om en ytterligare minskning av den framtida potentiella farligheten hos avfallet kan erhållas genom separation och transmutation och till vilken kostnad detta kan ske. Styrkan hos en separations- och transmutationsprocess skulle vara att drastiskt minska även de hypotetiskt tänkbara framtida konsekvenserna av oförutsedda händelser. Å andra sidan kan en bred satsning på utveckling av separations- och transmutationsprocesser komma att dölja det faktum att de framtida riskerna från ett väl utfört djupförvar redan bedöms som mycket små.

### Djupa hål

Alternativet att deponera kapslar med använt bränsle i flera tusen meter djupa borrhål jämfördes med KBS-3-metoden i projektet PASS. Rapporten kom ut 1992. Det visade sig svårt att bedöma säkerheten hos metoden med djupa hål. Visserligen skulle en djupare deponering kunna göra berget till en effektivare barriär, men förhållandena på stora djup är inte så väl undersökta som närmare markytan. För att kunna deponera kapslar med bränsle i borrhål på mellan två och fyra kilometers djup är det nödvändigt att känna till berggrundens egenskaper ner till åtminstone fem kilometer. Seismiska mätningar når mycket djupt, men det är ovanligt med borrhål som går djupare än en kilometer och borrhål är nödvändiga för att göra detaljerade mätningar och ta prover, t ex på vattnets sammansättning.

På stort djup i berget så stiger temperaturen, bergtrycket och vattentrycket ökar, grundvattnet blir i allmänhet saltare och vattenflödet minskar. Detta kan innebära både för- och nackdelar för ett förvar. Tryck, temperatur och salthalt ökar kraven på materialet i kapslar och återfyllning medan hög densitet på grund av saltet gör grundvattnet tungt och i det närmaste stillastående.

En studie har nyligen genomförts för att klarlägga de geologiska förhållandena på djup ner till cirka fem kilometer /7-15/. Rapporten ifråga sammanfattar den kunskap som kommit från undersökningar i mycket djupa borrhål, t ex i Ryssland. Förutsättningarna för mycket djup deponering behandlas i rapporten, men författarna drar inte några slutsatser om detta är vettigt och genomförbart. Det skulle kräva en djupare analys med inriktning på säkerhet – något som SKB för närvarande planerar.

## 10 Rivning

*När ett kärnkraftverk tas ur drift är vissa delar kontaminerade. Rivningen måste därför ske kontrollerat med hänsyn tagen till såväl strålskydd som konventionellt arbetarskydd. Delar av rivningsavfallet måste tas om hand och slutdeponeras som radioaktivt avfall. Detsamma gäller CLAB och inkapslingsanläggningen, när dessa tas ur drift.*

*Tidsplanen för rivningen av kärnkraftverken är ännu så länge oklar. Några år innan rivningen påbörjas kommer en projektgrupp att organiseras för att i detalj planera rivningsarbetet. Då ska nödvändiga kunskaper om t ex rivningsmetoder, klassning av avfall och transportsystem finnas tillgängliga.*

### 10.1 Erfarenheter av rivning

Ett flertal mindre forskningsreaktorer och några små och halvstora kärnkraftverk har redan rivits på olika håll i världen. För närvarande pågår rivning av ytterligare kärnkraftverk. Övriga reaktorer som har tagits ur drift får stå en viss tid innan själva rivningen genomförs.

I Sverige är erfarenheterna av rivning begränsade till forskningsreaktorn R1 i Stockholm och några mindre anläggningar i Studsvik. Betydande erfarenheter av likartade arbeten finns dock från den genomgripande dekontamineringen och ombyggnaden av Oskarshamn 1, ånggeneratorbytena i Ringhals 2 och 3 samt andra reparations- och ombyggnadsarbeten på kärnkraftverken.

Erfarenheterna hittills och ett flertal studier visar att metoder för att riva kärnkraftverk finns tillgängliga i dag. I många länder är det största hindret för rivning att slutförvar för avfallet ännu inte har byggts eller att de existerande förvaren inte är anpassade till rivningsavfallet.

### 10.2 Tillvägagångssätt vid rivning

När ett kärnkraftverk har tagits ur drift ska området efter viss tid återställas så att det kan användas utan radiologiska begränsningar. Detta ska genomföras på ett sådant sätt att varken personalen som är sysselsatt med nedläggnings- och rivningsarbetet eller allmänheten utsätts för onödig bestrålning.

Projekteringen och tillståndsprocessen för slutförvaring av det radioaktiva avfallet från rivningen kräver en för landet gemensam planering. Planeringen ger fördelar när det gäller t ex tillgång till specialutrustning, specialutbildad personal och möjligheter till erfarenhetsåterföring. Utgångspunkten är att rivning kommer att påbörjas tidigast efter 2010.

Rivningen ska planeras och utföras i samarbete mellan kraftföretagen och SKB. Det är kraftföretagen som har huvudansvaret för planeringen och genomförandet av den fysiska rivningen, samt för behandling av avfallet. I deras ansvar ingår även att fastställa vilken strategi som ska tillämpas beträffande tidpunkten för rivning, dvs om en reaktor ska rivas direkt eller om den ska överföras till ett vänteläge. Kraftföretagen kan i detta arbete använda SKB som en resurs.

Kraftföretagen har huvudansvaret för rivningen

SKB ansvarar för det radioaktiva rivningsavfallet



Tidsplanen påverkas bl a av:

- tillgång till personal
- markanvändning efter rivning
- strålskydd
- politik

#### **IAEA**

International Atomic Energy Agency

SKB har ansvaret för att ta hand om det radioaktiva avfallet som uppstår vid rivningen. För detta behöver transportsystemet anpassas och SFR byggas ut. Delar av avfallet, t ex härdkomponenterna, ska deponeras i djupförvaret och kan dessförinnan behöva mellanlagras i CLAB. SKB ska i samråd med kraftföretagen förvissa sig om att avfallet behandlas och förpackas på ett sätt som lämpar sig för slutförvaring.

Tidsplanen för rivningen av de svenska kärnkraftverken är ännu inte bestämd. Den kommer att påverkas av ett flertal olika faktorer. De viktigaste faktorerna är tillgången till personal med god kännedom om anläggningarna samt vilken annan verksamhet som planeras på platsen. Strålskyddsaspekter och, inte minst, allmänna politiska aspekter kan också komma att påverka tidsplanen.

Hur rivningen av de svenska kärnkraftverken planeras att gå till beskrivs närmare i /10-1/. Rivningen kan inledas cirka ett år efter det att den sista reaktorn har stängts av vid ett kärnkraftverk. En tidig rivning innebär bland annat att personal med anläggningskännedom finns tillgänglig. Vid en senarelagd rivning är strålningsnivåerna lägre, vilket förenklar rivningen. Det kan även vara motiverat att vänta om rivningsarbetet stör uppbyggnaden av annan verksamhet. IAEA har definierat tre stadier vid rivningen /10-2/:

- Stadium 1: Systemen har tömts på bränsle och vatten, och manöversystemen har kopplats bort. Tillträde till anläggningen begränsas, och anläggningen övervakas och inspekteras periodiskt.
- Stadium 2: Huvuddelen av de komponenter som innehåller radioaktiva ämnen har samlats till ett utrymme i anläggningen eller dess närhet. Utrymmet försluts vilket innebär att det behövs mindre övervakning än vid stadium 1. Det är önskvärt att den periodiska inspektionen fortsätter.
- Stadium 3: Allt radioaktivt material har avlägsnats och området har friklassats. Som ett alternativ till fullständig friklassning direkt efter att rivningen avslutats kan visst avfall finnas kvar i ett markförvar på platsen. Ett sådant förvar behöver övervakas i cirka 50 år.

Efter det att anläggningen tagits ur drift kan rivningsarbetet senareläggas (med mellan 30 och 100 år). Vid en senareläggning tillämpas alla tre stadier. Om rivningen påbörjas inom några år efter avslutad drift är det naturligt att gå direkt från stadium 1 till stadium 3.

Vid rivning uppstår en stor mängd lågaktivt material som skulle kunna friklassas, eventuellt efter dekontaminering. Vissa erfarenheter av friklassning finns vid kärnkraftverken. De låga gränserna för friklassning gör dock att mätning och klassificering är mycket arbetskrävande. Innan rivningen påbörjas är det därför väsentligt att regler och metoder för friklassning utvecklas så att klassningen kan göras rutinmässigt. Det är också viktigt att kunna mäta låga aktivitetsnivåer. Inom IAEA och EU pågår diskussioner om aktivitetsnivåer för friklassning av kontaminerat material.

För att rivningsarbetet ska kunna genomföras på ett effektivt sätt är det väsentligt att även en del administrativa frågeställningar klargörs, t ex vilken form av tillstånd som behövs och vilken redovisning myndigheterna kräver. Detta arbete ligger inom myndigheternas ansvarsområde. För närvarande studerar SSI och SKI sådana frågor.

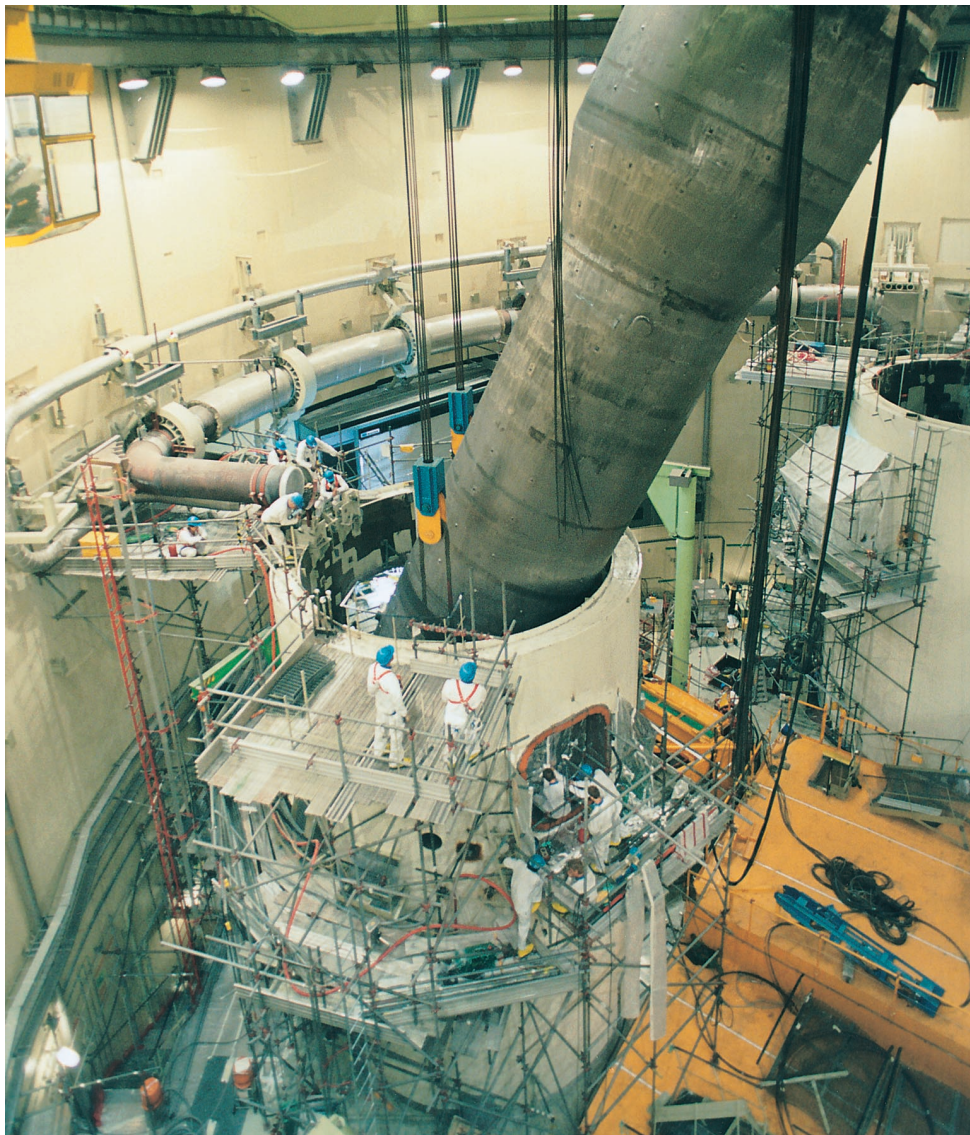
## 10.3 Kunskapsläge

### 10.3.1 Sverige

En omfattande studie av teknik och kostnader för att riva de svenska kärnkraftverken redovisas i /10-1/. Slutsatsen av studien är att rivningen inte förväntas leda till några större tekniska problem. Huvuddelen av den teknik som behövs finns redan tillgänglig och används rutinmässigt vid underhålls-, reparations- och ombyggnadsarbeten på kärnkraftverken. För att demontera reaktortanken och riva kraftiga betongkonstruktioner behöver dock specialutrustning tas fram, även om vissa erfarenheter av sådana arbeten finns från pågående rivningsprojekt i andra länder.

De beräknade kostnaderna för att riva de svenska kärnkraftverken är, internationellt sett, låga. Detta förklaras bland annat av det effektiva system som utvecklats för transport och slutförvaring av avfall. Systemet gör att stora komponenter kan tas om hand utan behov av omfattande sönderdelning.

På kärnkraftverken har, under senare år, ett antal större ombyggnadsarbeten genomförts. Ett exempel på detta är byte av ånggeneratorer vid Ringhals 3, se figur 10-1. Erfarenheterna från dessa är värdefulla för den kommande rivningen.



Figur 10-1. Byte av ånggenerator i Ringhals 3.

Rivningen kan till stor del ske med tillgänglig teknik

Erfarenheter från ombyggnadsarbeten vid de svenska kärnkraftverken är värdefulla

Internationellt finns stor erfarenhet av rivning

#### OECD/NEA

Nuclear Energy Agency inom OECD

SKB har studerat möjligheten att ta ut och transportera reaktortankarna hela, som ett alternativ till att sönderdelas dem innan de deponeras i SFR. Denna metod kan spara dos och kostnader och bör utgöra ett alternativ när rivningen detaljplaneras.

### 10.3.2 Andra länder

Runt om i världen har drygt 20 reaktorer rivits till stadium 3. Utöver detta har ett större antal anläggningar tagits ur drift och överförts till stadium 1 eller 2. De flesta nedläggningarna har hittills berört försöksreaktorer eller små kraftreaktorer. Det är först under de senaste åren som halvstora och stora reaktorer har tagits ur drift. Parallellt med direkta nedläggningsprojekt sker viss utveckling av rivningsmetoder. Några exempel på erfarenheter av rivning i andra länder ges nedan.

I USA pågår avveckling eller rivning av ett flertal kommersiella reaktorer, t ex Trojan, Rancho Seco, Maine Yankee och Fort St Vrain. I Tyskland rivs för närvarande Gundremmingen A, Kahl och ett antal mindre reaktorer. Vidare pågår planering för att riva reaktorer vid Greifswald och Würgassen. Några reaktorer, t ex Lingen har placerats i stadium 2 för senare rivning.

I Frankrike har två vattenkylda reaktorer och samtliga Magnoxreaktorer tagits ur drift. Dessa ska överföras till stadium 2. Det pågår dock en diskussion om att riva en reaktor inom kort, för att demonstrera tekniken. Även i England har de flesta Magnoxreaktorerna tagits ur drift. Arbetet för att överföra dem till stadium 2 pågår. Rivningen planeras ske först om cirka 100 år.

### 10.3.3 OECD/NEA

Inom OECD/NEA finns ett särskilt program för informations- och erfarenhetsutbyte inom rivningsområdet. De flesta större rivningsprojekt i världen ingår i detta program. Totalt omfattar programmet för närvarande cirka 35 projekt i 13 länder. Av projekten syftar nitton till fullständig rivning till stadium 3. Inom samarbetet sker dels ett erfarenhetsutbyte från den dagliga verksamheten, dels mera omfattande diskussioner om tekniska frågor. Exempel på sådana frågor är smältning av metalliskt avfall, mätmetoder för lågaktivt avfall, rivning av asbest samt metodik för att beräkna och redovisa kostnader. SKB deltar såsom ansvarig för att koordinera OECD/NEA-programmet och kan på så sätt tekniskt följa de olika projekten.

Erfarenheterna från programmets första tio år har sammanställts i en rapport som redovisar såväl direkta beskrivningar av ingående projekt som en genomgripande analys av status och utvecklingsbehov för olika teknikområden /10-3/.

De områden som tas upp är:

- aktivitetsbestämning,
- kapningsmetoder,
- fjärrstyrda arbeten,
- dekontamineringsmetoder,
- smältning,
- avfallshantering,
- strålskydd och säkerhet.

I de flesta fall handlar utvecklingsbehovet om att överföra erfarenheterna från utprovade metoder till tillämpningar i industriell skala, samt att få erfarenheter därifrån. Något område där grundläggande utvecklingsinsatser behövs har inte identifierats.

De projekt som är speciellt intressanta för svensk del är Shippingport (USA), JPDR (Japan), Niederaichbach (Tyskland) och BR-3 (Belgien). Rivningen av Shippingport är avslutad. Av speciellt intresse var att reaktortanken lyftes ut hel och transporterades med pråm till slutförvaringsplatsen. Även för JPDR och Niederaichbach är rivningsarbetena avslutade. I båda fallen har reaktortankarna sönderdelats med fjärrstyrda maskiner. I JPDR-projektet har en omfattande utprovning och utveckling av olika rivningsmetoder genomförts. Även för BR-3 studeras sönderdelning av reaktortanken efter omfattande dekontaminering.

#### 10.3.4 EU

EU har sedan 1979 ett forskningsprogram inom rivningsområdet. Hittills har studierna i första hand omfattat olika rivningsmetoder och frågor kring aktivitetsinnehåll och avfallshantering /10-4/. De forskningsområden som har ingått är:

- beständighet för byggnader och system,
- dekontaminering,
- rivningsmetoder,
- behandling av vissa avfallstyper (stål, betong och grafit),
- stora avfallsbehållare,
- uppskattning av avfallsmängder.

Det pågår även arbete med att ta fram riktlinjer för rivning. En redovisning av de resultat som uppnåtts ges i /10-5/.

I det tredje femårsprogrammet, som nu avslutas, har tyngdpunkten förskjutits mot tillämpning och provning av olika rivningsmetoder under verkliga förhållanden. De fyra rivningsprojekt som ingår i programmet är reaktorerna Windscale AGR (Storbritannien), Gundremmingen A (Tyskland) och BR-3 (Belgien), samt uppberedningsanläggningen AT-1 (Frankrike). Inför det fjärde programmet har EU konstaterat att rivningsverksamheten är en mogen teknik som kan baseras på kommersiellt tillgänglig teknologi. Omfattningen av forskningsinsatserna har därför minskats betydligt.

#### 10.3.5 IAEA

Inom IAEA pågår arbeten som syftar till att dels sammanställa kunskapsläget inom olika tekniska delområden, dels ta fram rekommendationer och råd inför kommande tillståndsansökningar för rivning. Det finns även ett koordinerat forsknings- och utvecklingsprogram inom rivningsområdet. SKB har deltagit i detta program med en studie som behandlade hantering av en hel reaktortank.

#### Inom EU studeras

- rivningsmetoder
- aktivitetsinnehåll
- avfallshantering

EU har konstaterat att tekniken för rivning är mogen



#### SKB ser till att

- kostnaderna beräknas
- det finns kunskap och teknik
- rivningsavfallet tas om hand

SFR behöver byggas ut för rivningsavfallet

## 10.4 Program för det fortsatta arbetet

De övergripande målen för SKB:s insatser inom rivningsområdet är att:

- genom kostnadsberäkningar ge underlag för behovet av fondering av medel för rivningen,
- säkerställa att kunskap och teknik för rivning finns utvecklad i god tid innan detaljplaneringen av rivningsarbetet ska påbörjas,
- säkerställa att avfallet från rivning kan tas om hand, transporteras och slutförvaras.

För att uppnå dessa mål är det viktigt att bevaka den internationella utvecklingen. En annan viktig insats är att på ett systematiskt sätt tillgodogöra sig erfarenheter från reparations- och ombyggnadsarbeten vid kärnkraftverken och andra kärntekniska anläggningar. Vissa speciella studier och tester kan också behöva genomföras.

Huvuddelen av de metoder som behövs finns redan tillgängliga och används i Sverige, men det finns behov av att anpassa och utveckla viss utrustning. Då mycket utvecklingsarbete för närvarande genomförs i andra länder är det inte motiverat att, under den kommande sexårsperioden, starta några omfattande tekniska utvecklingsprojekt i Sverige. De studier som har gjorts av rivning av de svenska kärnkraftverken har emellertid visat på några områden där det är motiverat med tidiga insatser /10-1/. Det som är viktigast att studera är:

- möjligheten att ta hand om en hel reaktortank,
- transporter och slutförvaring av andra stora komponenter,
- teknik för sönderdelning av interna delar,
- teknik för rivning av biologiska skyddet,
- omhändertagande av kontaminerad asbestisolering,
- metoder och utrustning för aktivitetsmätning av avfallet för friklassning eller enklare slutförvaring,
- dekontaminering för friklassning,
- volymreduktion av avfallet genom kompaktering eller smältning.

Inför rivning av kärnkraftverken måste SFR byggas ut för att ta emot rivningsavfall. Utbyggnaden kräver ett nytt tillstånd. Eftersom rivningsavfallet i flera avseenden liknar avfall från driftperioden kan erfarenheterna från SFR ligga till grund för utformningen. Tiden från förprojektering till färdig anläggning har beräknats till cirka sju år, vilket innebär att arbetet med utbyggnaden inte kommer att påbörjas förrän en bit in på 2000-talet.



# Referenser

## Kapitel 1

- 1-1 SKB**  
Plan 98. Kostnader för kärnkraftens radioaktiva restprodukter  
Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 1-2 Hedin A**  
Använt kärnbränsle – Hur farligt är det?  
R-97-02, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1997
- 1-3 Eriksson M**  
Test av det reformerade finansieringssystemet  
Nucleus Nr 16, 2/1998, Statens kärnkraftinspektion, 1998
- 1-4 SSI**  
Remiss av föreskrifter om slutligt omhändertagande av  
använt kärnbränsle eller kärnavfall  
SSI Dnr 042/942/97, 1997-04-01, Statens strålskyddsinstitut, 1997
- 1-5 SKI**  
Utgångspunkter för föreskrifter om säkerhet vid slutförvaring  
av använt kärnbränsle m m  
SKI Promemoria 97017, 1997-03-26, Statens kärnkraftinspektion, 1997
- 1-6 Statens offentliga utredningar**  
Använt kärnbränsle och radioaktivt avfall  
Betänkande av AKA-utredningen  
SOU 1976:30, 31 och 41, 1976
- 1-7 Ekendahl A-M, Papp T**  
Alternativa metoder. Långsiktigt omhändertagande av kärnbränsleavfall  
R-98-11, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 1-8 SKB**  
CLAB Etapp 2. Sammanfattande miljökonsekvensbeskrivning  
CLAB etapp 2, PR 97-05, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1997

## Kapitel 2

- 2-1 Naturvårdsverket**  
Slutförvar för kvicksilver  
Rapport 4752, Naturvårdsverkets Förlag, 1997
- 2-2 Söderman E**  
Kontrollerad långtidslagring i CLAB  
R-98-17, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1997
- 2-3 Birgersson L, Grundfeldt B, Larsson A, Pers K**  
Konsekvenser av ett övergivet CLAB  
R-98-18, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1997
- 2-4 SKB**  
Projekt Alternativstudier för Slutförvar (PASS)  
Slutrapport  
Svensk Kärnbränslehantering AB, 1992
- 2-5 Thegerström C**  
The Swedish Approach to Spent Fuel Disposal – Stepwise  
Implementation and the Role of Retrievability  
In: Proc. of the 4<sup>th</sup> Int. Workshop on Design and  
Construction of Final Repositories  
October 6-8, 1997, Lucerne, Switzerland, Nagra

- 2-6 Svemar C**  
Alternative Retrieval Methods Considered by SKB  
In: Proc. of the 4<sup>th</sup> Int. Workshop on Design  
and Construction of Final Repositories  
October 6-8, 1997, Lucerne, Switzerland, Nagra
- 2-7 Eng T, Norberg E, Torbacke J, Jensen M**  
Information, conservation and retrieval  
TR 96-18, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1996
- 2-8 Statens offentliga utredningar**  
Använt kärnbränsle och radioaktivt avfall  
Betänkande av AKA-utredningen  
SOU 1976:30, 31 och 41, 1976
- 2-9 SKBF/KBS**  
Kärnbränslecykelns slutsteg. Förglasat avfall från upparbetning  
Del I–V. Projekt Kärnbränslesäkerhet  
Svensk Kärnbränsleförsörjning AB, 1977
- 2-10 SKBF/KBS**  
Kärnbränslecykelns slutsteg. Slutförvaring av använt kärnbränsle  
Del I–II. Projekt Kärnbränslesäkerhet  
Svensk Kärnbränsleförsörjning AB, 1978
- 2-11 SKBF/KBS**  
Kärnbränslecykelns slutsteg. Använt Kärnbränsle KBS-3. Del I–IV  
Svensk Kärnbränsleförsörjning AB, 1983
- 2-12 SKB, 1986**  
FoU-program 86, Del I–III. Kärnkraftavfallets behandling och  
slutförvaring. Program för forskning, utveckling och övriga åtgärder  
Svensk Kärnbränslehantering AB, 1986
- 2-13 SKB**  
Kärnkraftavfallets behandling och slutförvaring. Alternativa  
slutförvaringsmetoder. Underlagsrapport till FoU-program 86  
Svensk Kärnbränslehantering AB, 1986
- 2-14 SKB**  
FoU-program 89, Del I–II. Kärnkraftavfallets behandling och  
slutförvaring. Program för forskning, utveckling och övriga åtgärder  
Svensk Kärnbränslehantering AB, 1989
- 2-15 SKB**  
FUD-program 92. Kärnkraftavfallets behandling och slutförvaring  
Program för forskning, utveckling, demonstration och övriga åtgärder  
Huvudrapport jämte tre underlagsrapporter  
Svensk Kärnbränslehantering AB, 1992
- 2-16 SKB**  
SKB 91. Slutlig förvaring av använt kärnbränsle  
Berggrundens betydelse för säkerheten  
Svensk Kärnbränslehantering AB, 1992
- 2-17 SKB**  
FUD-program 92, Kompletterande redovisning. Kärnkraftens behandling  
och slutförvaring. Komplettering till 1992 års program sammanställd med  
anledning av regeringsbeslut 1993–12–16.  
Svensk Kärnbränslehantering AB, 1994
- 2-18 SKB**  
FUD-program 95. Kärnkraftavfallets behandling och slutförvaring.  
Program för inkapsling, geologisk djupförvaring samt forskning,  
utveckling och demonstration  
Svensk Kärnbränslehantering AB, 1995

## Kapitel 3

- 3-1 **SKB**  
Systemredovisning av djupförvaring enligt KBS-3 metoden  
R-98-10, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 3-2 **Söderman E**  
Kontrollerad långtidslagring i CLAB  
R-98-17, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1997
- 3-3 **Birgersson L, Grundfeldt B, Larsson A, Pers K**  
Konsekvenser av ett övergivet CLAB  
R-98-18, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1997
- 3-4 **Gillin K**  
Säkerheten vid drift av inkapslingsanläggningen  
R-98-12, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 3-5 **Ekendahl A-M, Pettersson S**  
Säkerheten vid transport av inkapslat bränsle  
R-98-14, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 3-6 **Lönnerberg B, Petersson, S**  
Säkerheten vid drift av djupförvaret  
R-98-13, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 3-7 **SKBF/KBS**  
Kärnbränslecykelns slutsteg. Använt kärnbränsle KBS-3. Del I-IV  
Svensk Kärnbränsleförsörjning AB, 1983
- 3-8 **SKB**  
SKB 91. Slutlig förvaring av använt kärnbränsle  
Berggrundens betydelse för säkerheten  
Svensk Kärnbränslehantering AB, 1992
- 3-9 **SKI**  
SITE-94, Deep Repository Performance Assessment Project  
SKI Report 96:35, Statens kärnkraftinspektion, 1996

## Kapitel 4

- 4-1 **Hedin A**  
Använt kärnbränsle – Hur farligt är det?  
R-97-02, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1997

## Kapitel 6

- 6-1 **SKI**  
SKIs utvärdering av SKBs FUD-program 95  
SKI Rapport 96:48, Statens kärnkraftinspektion, 1996
- 6-2 **KASAM**  
Kärnavfall, teknik och platsval. KASAMs yttrande om FUD-program 95  
SOU 1996:101, 1996
- 6-3 **Regeringsbeslut** angående FUD-program 92, kompletterande redovisning  
Regeringsbeslut 11, 1995-05-18
- 6-4 **Regeringsbeslut** angående FUD-program 95  
Regeringsbeslut 25, 1996-12-19
- 6-5 **MKB-forum i Kalmar län**  
Projekt inkapsling. Planeringsrapport för miljökonsekvensbeskrivning  
Dokument 1995-12-01

- 6-6 SKB**  
Förstudie Östhammar. Preliminär slutrapport  
Svensk Kärnbränslehantering AB, 1997
- 6-7 SKB**  
Översiktsstudie 95 – Lokalisering av ett djupförvar för använt kärnbränsle  
Svensk Kärnbränslehantering AB, 1995
- 6-8 SGU**  
Översiktsstudie av Blekinge län: geologiska förutsättningar  
R-98-22 Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 6-9 SGU**  
Översiktsstudie av Kalmar län: geologiska förutsättningar  
R-98-24, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 6-10 SGU**  
Översiktsstudie av Östergötlands län: geologiska förutsättningar  
R-98-26 Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 6-11 SGU**  
Översiktsstudie av Södermanlands län: geologiska förutsättningar  
R-98-28 Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 6-12 SGU**  
Översiktsstudie av Stockholms län: geologiska förutsättningar  
R-98-30, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 6-13 SGU**  
Översiktsstudie av Uppsala län: geologiska förutsättningar  
R-98-32 Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 6-14 SGU**  
Översiktsstudie av Gävleborgs län: geologiska förutsättningar  
R-98-34, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 6-15 SGU**  
Översiktsstudie av Västernorrlands län: geologiska förutsättningar  
R-98-36, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 6-16 SGU**  
Översiktsstudie av Västerbottens län: geologiska förutsättningar  
R-98-38, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 6-17 SGU**  
Översiktsstudie av Norrbottens län: geologiska förutsättningar  
R-98-40, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 6-18 La Pointe P, Wallman P, Thomas A, Follin S**  
A methodology to estimate earthquake effects on fractures  
intersecting canister holes  
TR 97-07, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1997
- 6-19 Leijon B**  
Nord-syd/Kust-inland. Generella skillnader i förutsättningar  
för lokalisering av djupförvar mellan olika delar av Sverige  
R-98-16, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 6-20 Allan Hedin**  
Använt kärnbränsle – hur farligt är det?  
R-97-02, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1997
- 6-21 SKB**  
Förstudie Storuman. Slutrapport  
Svensk Kärnbränslehantering AB, 1995
- 6-22 SKB**  
Förstudie Malå. Slutrapport  
Svensk Kärnbränslehantering AB, 1996

- 6-23 Drottz Sjöberg B-M**  
Stämningar i Malå efter folkomröstningen 1997  
PR D-98-03, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 6-24 Lidskog R (red)**  
Kommunen och kärnavfallet Carlssons förlag, 1998
- 6-25 Vedung E, Olofsson P**  
Lokalsamhällets beslutsfattande om kärnavfallet – tre kommuner i norr  
SKI-rapport 97:38, Statens kärnkraftinspektion, 1997
- 6-26 Nationelle Samordnaren på kärnavfallsområdet**  
Kampanj med kunskaper och känslor. Om kärnavfallsomröstningen  
i Malå kommun 1997  
Statens offentliga utredningar 1998:62, Miljödepartementet, 1998
- 6-27 SKB**  
Förstudie Nyköping. Preliminär slutrapport  
Svensk Kärnbränslehantering AB, 1997
- 6-28 Kommunalfullmäktige Oskarshamns kommun**  
Sammanträdesprotokoll 1996–10–14.
- 6-29 SKB**  
Förstudie Oskarshamn. Program  
R-97-07, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1997
- 6-30 Andersson J, Almén K-E, Ericsson L O, Fredriksson A,  
Karlsson F, Stanfors R, Ström A**  
Parametrar av betydelse att bestämma vid  
geovetenskaplig platsundersökning  
R-97-03, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1996
- 6-31 Stanfors R, Erlström M, Markström I**  
Äspö HRL – Geoscientific evaluation 1997/1. Overview  
of site characterization 1986–1995  
TR 97-02, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1997
- 6-32 Rhén I, Bäckblom G, Gustafson G, Stanfors R, Wikberg P**  
Äspö HRL – Geoscientific evaluation 1997/2. Results from  
pre-investigations and detailed site characterization. Summary report  
TR 97-02, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1997
- 6-33 Rhén I, Gustafson G, Stanfors R, Wikberg P**  
Äspö HRL – Geoscientific evaluation 1997/5  
Models based on site characterization 1986–1995  
TR 97-06, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1997
- 6-34 Ahlbom K, Smellie J (Ed)**  
Characterization of fracture zone 2. Finnsjön study site  
Journal of Hydrology, Special issue, Vol. 126, Nos. 1-2, 1991
- 6-35 Fairhurst C, Gera F, Gnirk P, Gray M, Stillborg B, 1993**  
OECD/NEA International Stripa Project 1980–1992  
Overview Volume 1. Executive Summary  
Svensk Kärnbränslehantering AB, 1993
- 6-36 Ekman L, Ludvigsson J-E**  
Project Deep Drilling KLX 02 – Phase 2 Lilla Laxemar, Oskarshamn  
Scope of activities and results. Summary Report  
TR (in prep.), Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 6-37 Posiva OY**  
Slutförvarsanläggning för använt kärnbränsle  
Program för miljökonsekvensbedömning, 1998



- 6-38 Ström A, Almén K-E, Andersson J, Ericsson L O, Svemar C**  
Geovetenskapliga värderingsfaktorer och kriterier för platsutvärdering  
Lägesredovisning  
R-98-20, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 6-39 Rhén I (ed)**  
Granskning av utvärderings- och fältundersökningsmetoder  
vid hydrauliska tester. HYDRIS-gruppens sammanfattning  
PR D-95-014, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1995

## **Kapitel 7**

- 7-1 Werme L**  
Konstruktionsförutsättningar för kapsel för använt kärnbränsle  
R-98-08, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 7-2 Smart N, Rance A, Blackwood D**  
Corrosion aspects of the copper-steel/iron process canister:  
Consequences of changing the material for the inner  
container from carbon steel to cast iron  
Inkapsling PR 97-04, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1997
- 7-3 Andersson C-G**  
Utförning av en produktionsenhet för tillverkning av kapslar  
för slutförvaring av använt kärnbränsle, Version 1  
Inkapsling PR 97-05, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1997
- 7-4 Burström M**  
Kopparmarknaden  
Inkapsling PR 97-03, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1996
- 7-5 SKB**  
Systemredovisning av djupförvaring enligt KBS-3 metoden  
R-98-10, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 7-6 Gillin K**  
Säkerheten vid drift av inkapslingsanläggningen  
R-98-12, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 7-7 Ekendahl A-M, Pettersson S**  
Säkerheten vid transport av inkapslat bränsle  
R-98-14, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 7-8 Pettersson S, Svemar C**  
Anläggningsbeskrivning. Nedfart endast via schakt  
AR 44-93-003, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1993
- 7-9 Pettersson S, Svemar C**  
Anläggningsbeskrivning. Nedfart via spiralramp och serviceschakt  
AR 44-93-004, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1993
- 7-10 Pettersson S, Svemar C**  
Anläggningsbeskrivning. Nedfart via rak ramp  
AR 44-93-005, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1993
- 7-11 Lönnerberg B, Pettersson, S**  
Säkerheten vid drift av djupförvaret  
R-98-13, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 7-12 SKB**  
Förstudie Östhammar. Preliminär slutrapport  
Svensk Kärnbränslehantering AB, 1997
- 7-13 SKB**  
Förstudie Nyköping. Preliminär slutrapport  
Svensk Kärnbränslehantering AB, 1997

- 7-14 SKB**  
Projekt Alternativstudier för Slutförvar (PASS). Slutrapport  
Svensk Kärnbränslehantering AB, 1992
- 7-15 Juhlin C, Wallroth T, Smellie J, Eliasson T, Ljunggren C, Leijon B, Beswick J**  
Very Deep Hole concept: Geoscientific appraisal of conditions at great depth  
TR 98-05, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 7-16 Jansson L, Nicklasson A, Jendenius H, Idoff M, Lindblom K, Bjerke E, Jansson P**  
Projekt JADE. Metod- och maskinbeskrivning av utrustning för deponering av kapsel i vertikalt deponeringshål  
AR D-97-29, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1997
- 7-17 Huertas F, Santiago J L**  
The FEBEX Experiment, General Overview  
In: Proc. of a cluster seminar on In-situ Testing in Underground Research Laboratories for Radioactive Waste Disposal  
December 10-11, Alden Biesen, Belgium, Report EUR 18323 EN, European Commission, 1997
- 7-18 Israelsson J, Hakami E**  
Global thermomechanical effect from a KBS-3 type repository – Phase 3a: Multilevel Repository  
PR D-97-10, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1997
- 7-19 Emsley S, Olsson O, Stenberg L, Alheid H-J, Falls S**  
ZEDEX – A study of damage and disturbance from tunnel excavation by blasting and tunnel boring  
TR 97-30, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1997
- 7-20 Autio J, Kirkkomäki T**  
Boring of full scale deposition holes using a novel dry blind boring method  
TR 96-21, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1996
- 7-21 Autio J**  
Characterization of the excavation disturbance caused by boring of the experimental full scale deposition holes in the Research Tunnel at Olkiluoto  
TR 97-24, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1997
- 7-22 Bodén A, Hässler L, Gustafson G, Lindblom U, Lagerblad B, Pusch R, Stille H**  
Injekteringsteknik. Kunskapsläge och utvecklingsbehov  
PR D-97-04, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1997
- 7-23 Bodén A (red)**  
Projekt Injekttering - Avrapportering av etapp 1  
PR, (in prep.), Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 7-24 Gustafson G, Pusch R, Rhén I**  
Bedrock characterization as base for grouting design. Practical examples from Äspö HRL and the Stripa Project  
AR D-96-002, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1996
- 7-25 Stille H, Olsson P**  
Summary of rock mechanical results from the construction of Äspö Hard Rock Laboratory  
PR HRL-96-07, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1996
- 7-26 Sjöblom R, Pusch R**  
Isostatic compaction of bentonite blocks. Present status  
AR D-97-06, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1997

- 7-27 **Johannesson L-E, Börgesson L, Sandén T**  
Compaction of bentonite blocks. Development of technique for industrial production of blocks which are manageable by man  
TR 95-19, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1995
- 7-28 **Svemar C, Johannesson L-E, Börgesson L, Sandén T**  
Pre-compaction of bentonite blocks  
In: Proc. of the 1996 Int. Conf. on Deep Geological Disposal of Radioactive Waste, September 16-19, 1996, Winnipeg, Manitoba, Canada, 1996
- 7-29 **Pusch R**  
Consequences of using crushed crystalline rock as ballast in KBS-3 tunnels instead of rounded quartz particles  
TR 95-14, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1995
- 7-30 **Hökmark H, Pusch R, Börgesson L, Ramqvist G**  
Final Report of the Borehole, Shaft, and Tunnel Sealing Test – Volume II: Shaft plugging  
TR 87-02, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1987
- 7-31 **Hökmark H, Pusch R, Börgesson L, Ramqvist, G**  
Final Report of the Borehole, Shaft, and Tunnel Sealing Test – Volume III: Tunnel plugging  
TR 87-03, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1987
- 7-32 **Hökmark H**  
Plug design – Numerical Study of Rock Mechanical Conditions  
PR 44-94-024, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1994
- 7-33 **Hökmark H**  
Numerical tunnel plug study  
PR D-96-007, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1996
- 7-34 **Hökmark H**  
Design av temporär plugg i ZEDEX-ort  
PR D-97-07, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1997
- 7-35 **Pusch R, Börgesson L, Ramqvist G**  
Final report of the borehole, shaft, and tunnel sealing test – Volume I: Borehole plugging  
TR 87-01, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1987
- 7-36 **Svemar C**  
Alternative Retrieval Methods Considered by SKB  
In: Proc. of the 4th Int. Workshop on Design and Construction of Final Repositories  
October 6-8, 1997, Lucerne, Switzerland, Nagra
- 7-37 **Andersson C-G**  
Provtillverkning av kopparkapslar med gjutna insatser under 1996 och 1997  
R-98-09, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 7-38 **Eriksson J**  
Provtillverkning av kopparkapslar för slutförvaring av använt kärnbränsle  
Inkapsling PR 95-12, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1995
- 7-39 **Gunnarsson D, Johannesson L-E, Sandén T, Börgesson L**  
Field test of tunnel backfilling  
PR HRL-96-28, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1996

## **Kapitel 8**

- 8-1 SKI**  
SITE-94, Deep Repository Performance Assessment Project  
SKI Report 96:35, Statens kärnkraftinspektion, 1996
- 8-2 SKI**  
Projekt-90  
SKI Report 91:23, Statens kärnkraftinspektion, 1991
- 8-3 SKB**  
SKB 91. Slutlig förvaring av använt kärnbränsle  
Berggrundens betydelse för säkerheten  
Svensk Kärnbränslehantering AB, 1992
- 8-4 SKBF/KBS**  
Kärnbränslecykelns slutsteg. Använt kärnbränsle KBS-3. Del I-IV  
Svensk Kärnbränsleförsörjning AB, 1983
- 8-5 SKB**  
Detaljerat program för forskning och utveckling 1999–2004  
Underlagsrapport till FUD-program 98  
Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998
- 8-6 SKI**  
SKIs utvärdering av SKBs FUD-program 95  
SKI Rapport 96:48, Statens kärnkraftinspektion, 1996

## **Kapitel 9**

- 9-1 SKB**  
Detaljerat program för forskning och utveckling 1999–2004  
Underlagsrapport till FUD-program 98  
Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998

## **Kapitel 10**

- 10-1 SKB**  
Kärnkraftens slutsteg  
Teknik och kostnader för rivning av svenska kärnkraftverk  
Svensk Kärnbränslehantering AB, 1994
- 10-2 IAEA**  
Methodology and technology of decommissioning nuclear facilities  
IAEA Technical Report Series. No 267, Vienna, 1986
- 10-3 OECD/NEA**  
The NEA co-operative programme on decommissioning  
The first ten years  
OECD/NEA, Paris, 1995
- 10-4 Simon R, Huber B**  
R&D for decommissioning in European Communities  
– Present activities and future tasks  
Presented at OECD/NEA/IAEA International Seminar on  
Decommissioning Policies, Paris, 2–4 October, 1991
- 10-5 Simon R**  
The European Union's R&D in the Field of Decommissioning  
In proc: of the International Conference on the Decommissioning  
of Nuclear Installations  
Luxembourg, 26–30 September, 1994

## Innehållsförteckning till miljökonsekvensbeskrivning vid lokalisering av ett djupförvar

Kärnkraftens avfall tas i dag och flera decennier framöver om hand i existerande anläggningar. Långsiktigt återstår det dock, enligt huvudlinjen i SKB:s planering, att bygga en inkapslingsanläggning och ett djupförvar för använt kärnbränsle och annat långlivat avfall. Eftersom de båda anläggningarna är kopplade till varandra ska de ses som ett gemensamt system. Även om denna bilaga huvudsakligen tar upp vad som bör ingå i en miljökonsekvensbeskrivning för ett djupförvar kan det mesta även vara tillämpligt för en inkapslingsanläggning.

För djupförvaret gäller att ansökan om detaljundersökning (lokaliseringsansökan för ett djupförvar på en plats) ska åtföljas av en miljökonsekvensbeskrivning (ett MKB-dokument). MKB-dokumentet ska behandla både själva anläggningen och det system för slutförvaring den ingår i. Vidare ska den redogöra för alternativa förvarsmetoder och alternativa platser, liksom nollalternativet. Nollalternativet beskriver vad som händer om projektet inte blir av, vilket i detta fall kan innebära förlängd (upp till hundratals år) övervakad lagring av det använda bränslet i CLAB (Centralt mellanlager för använt kärnbränsle) vid Oskarshamns kärnkraftverk.

I denna bilaga skissas ett möjligt innehåll i det MKB-dokument som ska bifogas ansökan om detaljundersökning. Syftet är att utnyttja det breda remissförfarande som FUD-program 98 genomgår för att tidigt få synpunkter på vad som ska ingå i dokumentet. SKI har aviserat att man avser att föreskriva vad som ska ingå. Ett annat syfte är att använda denna bilaga för att initiera diskussioner i de MKB-samråd som arbetar på nationell nivå med ordförandeskap av den nationelle samordnaren, på regional nivå med ordförandeskap av respektive berörd länsstyrelse, och på lokal nivå inom berörda kommuner.

Den innehållsförteckning som presenteras här ska därför inte ses som något av SKB fastlagt utan som ett första förslag för att få igång en bred diskussion om det kommande MKB-dokumentet. Generellt ska den process som leder fram till ett MKB-dokument kännetecknas av:

- Öppenhet:** MKB-processen förutsätts bedrivas i samverkan mellan parterna. Allmänheten ingår som kunskapskälla. För att kunna leda till riktiga beslut måste redovisningarna vara korrekta och tydliga.
- Systematik:** MKB-processen ska genomföras stegvis för att underlätta fokusering på de frågor som är väsentliga i olika stadier av arbetet. För att undvika onödiga kompletteringar och frågor ska vägval och viktig information dokumenteras på ett lättfattligt sätt.
- Relevans:** MKB-processen ska koncentreras på det som är avgörande för en helhetsbedömning av ett djupförvar på den valda platsen och effekter av föreslagna skyddsåtgärder. Den färdiga miljökonsekvensbeskrivningen ska innehålla slutsatser som ger underlag för att ta ställning till om det finns förutsättningar för att uppföra ett förvar på den valda platsen.

För att viktiga frågor ska kunna bearbetas i god tid kommer MKB-arbetet att genomföras i tre steg: **avgränsning** av frågor, **genomlysning/utredning** och **redovisning**. Beroende på hur långt vissa frågor har kommit vid en viss tidpunkt kommer dessa steg att delvis glida in i varandra.

SKB:s syfte är att initiera diskussion om vad som ska ingå i kommande MKB-dokument



Hur miljön kan påverkas av en viss verksamhet kan beskrivas i termerna påverkan, effekter och konsekvenser. För att illustrera detta kan exempelvis buller väljas. Med påverkan menas med denna terminologi att verksamheten ger upphov till buller, med effekt inkluderas även bullrets ljudvolym och hur bullret varierar under dygnet. Med konsekvens menas t ex bullerskador, eller att vissa fågelarter försvinner, som resultat av den bullrande verksamheten. I förstudierna inventeras och beskrivs vilken påverkan på miljön ett djupförvar kan medföra. Vid nästa skede, platsundersökningar, då specifika platser finns angivna, kommer även effekter och konsekvenser att utredas.

## Förslag till innehåll i ett MKB-dokument

Eftersom förslaget är avsett att ge ett ramverk för omfattning och inriktning av ett MKB-dokument har förklaringarna till respektive rubrik med avsikt hållits kortfattade. Följande huvudavsnitt ingår i detta förslag:

- Inledning.
- MKB-arbetets genomförande.
- Alternativredovisning.
- Teknisk beskrivning.
- Omgivningsbeskrivning.
- Miljöpåverkan och miljöeffekter.
- Konsekvensbeskrivning.
- Kontroll.
- Bilagor och huvudsakliga underlagsrapporter.

Djupförvaret är en kontroversiell anläggning. Många frågor som diskuteras i förstudierna och i andra sammanhang rör inte påverkan på miljön utan snarare psyko-social och samhällelig påverkan av en djupförvarsetablering. Vi menar att dessa frågor är viktiga och bör ingå i miljökonsekvensbeskrivningen.

Nedan följer en beskrivning av tänkt innehåll för respektive huvudrubrik.

### Inledning

Avsnittet beskriver det svenska systemet för hantering av kärnavfall och radioaktivt avfall samt SKB:s uppdrag att ta fram förslag till hur och var det långlivade avfallet från kärnkraftverken slutgiltigt ska tas om hand. Bland annat ska följande redovisas:

- Det svenska systemet för hantering av kärnavfall och radioaktivt avfall.
- Planerade anläggningar – inkapslingsanläggningen och djupförvaret.
- Sammanhanget i vilket MKB-dokumentet ingår.
- Tillämpliga lagar.
- Aktuella myndighetsföreskrifter.
- Råd och anvisningar för vad en MKB ska omfatta.
- Läsanvisning.

## **MKB-arbetets genomförande**

Avsnittet beskriver hur MKB-processen genomförts, hur synpunkter behandlats och vilka avgränsningar som gjorts. Vidare beskrivs det underlagsmaterial som har använts. Följande tas upp:

- Aktörer i MKB-processen.
- MKB-processens organisation, informations- och samrådsförfaranden.
- Olika steg i MKB-processen.
- Protokoll från samrådsmöten.
- Hur MKB-processen har påverkat beslut rörande projektet och MKB-dokumentet.
- Avgränsningar av arbetet med MKB-processen och MKB-dokumentet.
- Planeringsdokument som tagits fram under processens gång.
- Andra tillämpliga utredningar av tekniska, samhällsliga och ekonomiska frågor.
- Begränsningar och osäkerheter i underlaget och de metoder som har använts.
- Granskning och kvalitetskontroll av utredningsarbetet.

## **Alternativredovisning**

Under denna rubrik redovisas den förvarsmetod och den plats som SKB anser vara mest lämplig för att långsiktigt minimera konsekvenserna på miljön. Vidare redovisas vilka konsekvenser det blir om anläggningen inte alls kommer till stånd (nollalternativet) samt för- och nackdelar med andra metoder och platser. Följande ingår:

- Valt (sökta) alternativ (metodval).
- Förordad teknisk utformning och lokalisering.
- Alternativa utformningar inom ramen för vald metod.
- Alternativa lokaliseringar.
- Nollalternativet.
- Alternativa metoder.

## **Teknisk beskrivning**

Avsnittet beskriver all verksamhet vid lokalisering, bygge, drift och förslutning/rivning av djupförvaret. Beskrivningen ska anpassas till de platser som undersöks. Följande ingår:

- Beskrivning av verksamheter under projektets olika skeden (omfattar även planerad mängd deponerat avfall).
- Tidsplan.
- Beskrivning av byggnader och anläggningar.
- Beskrivning av byggnads- och anläggningstekniska arbeten.
- Användning av fordon och maskiner mm.
- Aktiviteter och antal sysselsatta under respektive skede.
- Beskrivning av undermarksanläggningar.

- Beskrivning av bergbyggnadsarbeten, hantering av bergmassor.
- Behov av råmaterial/naturresurser.
- Uppkomst av avfall.
- Beskrivning av radiologiska skyddsåtgärder.
- Teknisk försörjning (vägar, vatten och avlopp, el, telefon och värme).
- Transportbehov under olika skeden samt transporter av avfall.
- Sekundära effekter (behov av andra anläggningar, bostäder mm.)
- Rivning och återställande efter förslutning.

## Omgivningsbeskrivning

Avsnittet redogör för förhållanden på den plats som SKB förordar och den andra platsen där platsundersökningar genomförts. Följande moment ingår för respektive plats:

- Markanvändning och planförhållanden.
- Befintlig infrastruktur.
- Natur- och kulturvärden.
- Övriga värden för boende, det rörliga friluftslivet och biologisk mångfald.
- Geovetenskapliga förhållanden, både ytnära och på tilltäckt förvarsdjup.

Det kommer att finnas ett omfattande geovetenskapligt material från platsundersökningarna och säkerhetsanalyser. För att MKB-dokumentet ska vara hanterligt och läsbart kommer huvudtexten att koncentreras på de viktigaste resultaten.

## Miljöpåverkan och miljöeffekter

Avsnittet beskriver den miljöpåverkan och de miljöeffekter som ett djupförvar medför på den valda platsen såväl under förvarets bygge och drift som i det långa tidsperspektivet. Särskild vikt läggs på att redovisa osäkerheter. Motsvarande beskrivning ges även för den andra platsen där platsundersökningar har genomförts och för nollalternativet. Redovisningen görs för projektets olika skeden: detaljundersökning, utbyggnad av förvar, deponeringsskede, eventuell avbruten deponering och återtag av avfall, tid efter förslutning. Följande ingår:

- Emissioner av radioaktiva ämnen till luft och vatten, vid transporter, vid hantering vid djupförvaret, efter deponering.
- Direktstrålning från radioaktiva ämnen, vid transporter, vid hantering vid djupförvaret, efter deponering.
- Emissioner av andra ämnen till luft och vatten, vid transporter, vid anläggningsarbeten, vid hantering vid djupförvaret, efter deponering.
- I anspråktagande av mark, anläggningar, areal som blockeras (ytligt och på djupet), förändring och begränsning av markanvändning, förändring av grundvattenförhållanden.

- Förändring av landskapsbild, upplag av sprängsten, byggnader.
- Övrig påverkan såsom buller, vibrationer, ljussken, vid transporter, vid anläggningsarbeten, vid deponering.
- Olyckor

## Konsekvensbeskrivning

De konsekvenser planerade anläggningar får på miljön, hälsan och hushållningen med naturresurser beskrivs så att en samlad bedömning kan göras. Det finns flera sätt att utforma denna redovisning. Förslagsvis delas redovisningen upp utifrån vad som kan påverkas enligt följande:

### *Miljö*

Avser främst konsekvenser på natur- och kulturmiljön, exempelvis speciellt värdefulla områden, enskilda växter- och djurarter, ekosystem.

### *Hälsa och säkerhet*

Avser konsekvenser för personal, boende och besökare från såväl radiologisk påverkan som från andra källor. Under denna rubrik beskrivs även psyko-sociala och samhällseliga konsekvenser.

### *Hushållning*

Avser konsekvenser för naturresurser som jordbruks- och skogsmark, fiske, rennäring, grundvatten, mineraltillgångar, grus och sten.

Vad som kommer att tas upp i detta avsnitt beror av de miljöeffekter som bedöms som viktiga att kvantifiera. Vid denna bedömning kommer MKB-samråden att spela en viktig roll. I konsekvensbeskrivningen kommer även samhällseliga och psyko-sociala aspekter att tas med, även om dessa till stor del är fråga om synsätt och värderingar och därför svåra att kvantifiera.

Vad som kommer att beskrivas får därför växa fram under MKB-processen. Exempel på konsekvenser som kommer att beskrivas är:

- Konsekvenser av joniserande strålning vid normal drift.
- Konsekvenser av joniserande strålning vid missöden under driftperioden.
- Konsekvenser av joniserande strålning vid avbruten deponering och återtag.
- Förvarets säkerhet efter förslutning och konsekvenser av olika scenarier.
- Konsekvenser i det fall förslutning fördröjs.
- Risk och konsekvens av framtida intrång.
- Konsekvenser av ändrad markanvändning, t ex blockering av naturresurser.
- Konsekvenser av utsläpp till luft och vatten av trafik, spränggaser och annan verksamhet.
- Andra konsekvenser av drift, t ex buller, vibrationer eller ljussken.
- Konsekvenser av grundvattenavsänkning, bergupplag och förändrad landskapsbild.

- Konsekvenser av olyckor, brand mm.
- Konsekvenser för hushållning med naturresurser.
- Konsekvenser på andra näringar, som besöksnäring, fiske och jordbruk.
- Samhälleliga konsekvenser på grund av ökad sysselsättning och bosättning.
- Konsekvenser på fastighetspriser.
- Psyko-sociala konsekvenser av oro eller välbefinnande.

För varje punkt beskrivs vilka skadeförebyggande åtgärder som kan vidtas för att minimera risker och minska konsekvenser på miljö och hälsa.

## Kontroll

Avsnittet beskriver kontrollprogram och uppföljningsrutiner:

- Behov av långsiktig kontroll av djupförvarets funktion.
- Kontroll av att klyvbart material inte avlägsnas ("safeguards").
- Restriktioner, exempelvis för markarbeten och borrning av brunnar.
- Eventuell miljöpåverkan av ett kontrollprogram.

## Bilagor och huvudsakliga underlagsrapporter

MKB-dokumentet kommer att hänvisa till bilagor och underlagsrapporter. Några av de viktigaste kommer att vara:

- Gällande lagar och föreskrifter - tillåtna doser, effekter, gränsvärden etc.
- Teknisk beskrivning av förvaret.
- Systemanalys.
- Beskrivning av MKB-process, genomförda samråd, avgränsningar, hur processen påverkat beslut som rör projektet och MKB-dokumentets innehåll.
- Redovisning av alternativ samt motiv för valt alternativ.
- Redovisning av nollalternativ.
- Sammanfattning av översiktsstudier.
- Sammanfattning av förstudier.
- Samlad redovisning av lokaliseringsunderlag vid valet av minst två platser.
- Värderingsfaktorer och kriterier för platsundersökningar.
- Sammanfattning av platsundersökningar för respektive plats.
- Säkerhetsanalys för ett djupförvar på respektive plats.
- Radiologisk risk- och missödesanalys för inkapsling, transport och deponering.
- Konsekvenser av radioaktiva utsläpp vid respektive plats samt för nollalternativet.
- Redovisning av icke-radiologiska miljökonsekvenser för respektive plats och för nollalternativet.
- Sammanfattning av planerad detaljundersökning.