KÄRNKRAFTENS
SLUTSTEG

Alternativa tidplaner för hantering av använt kärnbränsle

Konsekvenser för planering, säkerhet och kostnader

December 1985

SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING AB
BOX 5864 S-102 48 STOCKHOLM

Alternativa tidplaner för hantering av använt kärnbränsle

Konsekvenser för planering, säkerhet och kostnader

December 1985

SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING AB BOX 5864 S-102 48 STOCKHOLM TEL 08-65 28 00

SAMMANFATTNING

Gällande tidplan för hantering av använt kärnbränsle är baserad på att bränslet skall mellanlagras ca 40 år i CLAB, innan det förs till slutförvaret. Detta innebär att inkapsling och deponering av bränslet förutses starta omkring år 2020.

I denna studie analyseras konsekvenser av olika förändringar i huvudtidplanen utifrån planerings- och säkerhetsmässiga synpunkter. Vidare beräknas hur kostnaderna för att ta hand om det använda bränslet påverkas. Studien har begränsats till det hanteringssystem och det slutförvarsutförande som redovisats i KBS-3-rapporten. Detta innebär bland annat att resultat från framtida utvecklingsarbete och studier av alternativa systemutformningar inte beaktats.

Analysen visar, att det bör vara tekniskt möjligt att påbörja deponering av använt bränsle redan år 2005, dvs 15 år tidigare. Detta förutsätter att främst arbetet på platsval forceras i jämförelse med gällande tidplan, så att lokaliseringsansökan kan lämnas in 1995 och att myndighetsbehandlingen kan genomföras på ca 3 år.

Resursmässiga och ekonomiska skäl talar dock för en något längre tidplan, där ytterligare ca 5 år läggs in i platsvalsskedet. Därigenom ges främst möjlighet att utnyttja resultaten från FoU- och platsvalsinsatser i andra kärnkraftländer. Vidare ges tid att genomföra platsundersökningsarbetet stegvis och att analysera alternativa utföranden av slutförvarssystemet.

Radioaktiviteten i det använda bränslet och därmed även dess resteffekt och strålkällstyrka avtar med tiden. En ändring av tidplanen för hantering av det använda bränslet kan därigenom påverka säkerheten vid hantering och slutförvaring. Inom det tidsintervall som studerats, tidigareläggning med 15 år resp senareläggning med 60 år har inte några effekter som får avgörande betydelse för säkerheten identifierats. De ändrade förhållandena kan kompenseras med förhållandevis enkla tekniska åtgärder. En

ökning av strålningsnivån motverkas t ex med ökad strålskärmstjocklek. För att ta hänsyn till en ökning av bränslets resteffekt minskas mängden bränsle per kapsel och vice versa. I det studerade tidsintervallet uppstår inga tekniska eller säkerhetsmässiga tröskeleffekter.

Hur länge deponeringen kan skjutas framåt i tiden kommer i första hand att bestämmas av underhållsbehovet i CLAB och av bränslets täthet efter lång tids lagring. Det bedöms sannolikt att bränslet kan mellanlagras i 100 år utan problem.

Kostnadsberäkningar har utförts för tre fall, med start av deponering år 2005, 2020 resp 2080 för att belysa vilka konsekvenser en ändrad tidplan ger. De totala framtida kostnaderna i fast penningvärde för hantering av det använda bränslet blir ca 19 miljarder kronor i alla de tre fallen. Kostnaderna kommer däremot att fördela sig olika i tiden, vilket innebär att en förändrad tidplan kan få inverkan på avgiften för att täcka de framtida kostnaderna för kärnkraftens restprodukter. En senareläggning från 2020 till 2080 kan ge en minskning av avgiften med 0.4 öre/kWh, och en tidigareläggning till 2005 en ökning med 0.2 öre/kWh.

Sammanfattningsvis visar studien att den gällande tidplanen med start av deponering omkring år 2020 ger en rimlig utgångspunkt för planeringen av de åtgärder, som behöver vidtagas innan slutförvaring påbörjas.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

		Sida
	SAMMANFATTNING	i
1	INLEDNING	1
2	TEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR	3
2.1	Använt kärnbränsle	3
2.2	KBS-3-systemet	5
2.3	Övrigt avfall	7
3	PLANERING	8
3.1	Allmänt	8
3.2	Tidplanefrågor	9
3.2.1	Tidplan enligt KBS-3	9
3.2.2	Undersökningar och utvärdering inför slutligt platsval	10
3.2.3	Myndighetsbehandling	14
3.2.4	Byggverksamhet	16
3.2.5	Sammanfattande bedömning av tidigaste deponeringstidpunkt	17
3.3	Kunskapsuppbyggnad	17
3.4	Sammanfattning av planeringsaspekter	19
4	SÄKERHET	21
4.1	Säkerhetspåverkande faktorer	21
4.2	Säkerhet i olika hanteringssteg	23
4.2.1	Mellanlagring i CLAB	23
4.2.2	Transporter	24
4.2.3	Inkapsling av använt bränsle	24
4.2.4	Deponering av kapsel med använt bränsle	25
4.2.5	Slutförvaring	26
4.3	Sammanfattning av säkerhetsaspekter	27

		Sida
5	EXEMPEL PÅ TIDPLANEFÖRÄNDRINGAR	28
5.1	Allmänt	28
5.2	Förskjutning av inkapslings- och deponeringstidpunkten	29
5.3	Ändrad drifttid vid inkapsling och deponering	29
5.4	Inkapsling separerad från deponering	30
5.5	Senarelagd förslutning	30
6	KOSTNADER	32
6.1	Allmänt	32
6.2	Beskrivning av beräkningsfallen	33
6.2.1	Temperatureffekter	33
6.2.2	Referensfallet	35
6.2.3	Tidig deponering	35
6.2.4	Sen deponering	37
6.2.5	Kostnadsposter som ej tas med	38
6.3	Resultat från kostnadsberäkningarna	39
6.3.1	Totala kostnader	39
6.3.2	Kostnadernas tidsmässiga fördelning	40
6.3.3	Inverkan på avgiften	40
7	DISKUSSION OCH SLUTSATSER	43
8	REFERENSER	45

1 INLEDNING

SKB redovisar årligen en beräkning av de framtida kostnaderna för att ta hand om de radioaktiva restprodukterna från det svenska kärnkraftsprogrammet. Som underlag för beräkningen används ett specifikt scenario, där vissa antaganden görs om hur de olika avfallstyperna skall behandlas och slutförvaras och om tidplanen för dessa åtgärder.

För det använda bränslet, som är kostnadsmässigt dominerande, används den hanterings- och behandlingskedja som beskrivits i KBS-3. Detta innebär att det använda bränslet efter ca 40 års mellanlagring, först vid reaktorstationerna och sedan i CLAB, förs till slutförvarets inkapslingsstation, där det förses med en kopparkapsel och därefter deponeras i urberget på ca 500 meters djup. Den första deponeringen av använt bränsle antages ske år 2020, och deponeringen förutses pågå under en 30-årsperiod.

Följande huvudtidpunkter används i planeringen:

- år 2000 görs slutligt platsval för slutförvaret och tillståndsansökan lämnas in

- år 2010 påbörjas anläggningsarbetena

- år 2020 påbörjas deponeringen

- år 2050-60 försluts anläggningen.

Denna tidplan har bedömts vara rimlig med hänsyn till tidsåtgången för de olika åtgärder, som behöver vidtagas, innan slutförvaringen påbörjas och till tidsutsträckningen för det svenska kärnkraftprogrammet. Tidplanen har dock inte baserats på en teknisk/ekonomisk optimering.

Statens kärnbränslenämnd har i brev av 1985-02-27 anmodat SKB att inkomma med material som belyser de säkerhetsmässiga och ekonomiska konsekvenserna av förändringar i huvudtidplanen. I anmodan anges att:

"Bl a följande aspekter bör behandlas.

- Planeringsaspekter såsom kunskapsuppbyggnad, kompetenstillgång, krav på information och redovisning.

- Säkerhetsaspekter bl a mellanlagringstidens betydelse för hanteringen av bränslet och för slutförvarets storlek och utformning.

- Ekonomiska aspekter, främst konsekvenserna av tidsförskjutningar för SKBs kostnader för verksamheten i fast penningvärde. Konsekvenserna för avgiftens storlek och för förvaltningen av avgiftsmedlen behöver inte behandlas."

Vidare anges att:

> "Studierna kan begränsas till det hanteringssystem och det förvaringsutförande, som redovisats i KBS-3-rapporterna samt de anpassningar av dessa, som kan bli motiverade om huvudtidpunkter i verksamhetsplanen ändras."

Beträffande vilket variationsintervall som skall studeras konstaterar SKN att:

> "Planerings- och säkerhetsaspekter sätter gränser för hur tidigt vissa åtgärder kan vidtags. Det går knappast att på tekniska grunder fastställa motsvarande bortre gränser för hanterings- och förvaringsåtgärderna, men det synes för en säkerhetsbedömning och för en beräkning av nuvärdet av kostnaderna ointressant att studera längre mellanlagringstider än 100 år."

I föreliggande rapport ges den begärda redovisningen. Rapporten behandlar huvudsakligen konsekvenserna av en ändrad tidplan för sluthantering av använt bränsle. I verkligheten kommer en ändrad tidplan även att ge effekter på den slutliga hanteringen av övrigt avfall. Detta berörs kortfattat i anslutning till de olika avsnitten.

I enlighet med anmodan har utredningen koncentrerats på KBS-3-systemet. För att ge en uppfattning om några av de variationsmöjligheter som finns ges även en del kommentarer om åtgärder, som med bibehållen säkerhetsnivå kan leda till ett billigare slutförvarssystem. I samtliga fall har man dock utgått från KBS-3-systemet.

2 TEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR

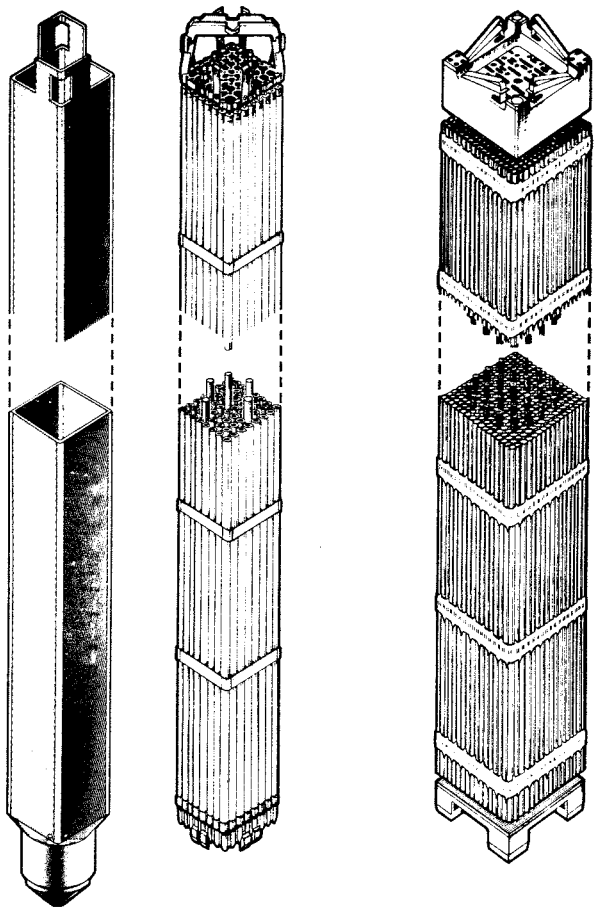
2.1 ANVÄNT KÄRNBRÄNSLE

Mängden kärnbränsle, som kommer att användas i det svenska kärnkraftprogrammet, är beroende, dels av reaktorernas tillgänglighet och totala drifttid, dels av till vilka utbränningsnivåer man utnyttjar bränslet. I SKB PLAN 85 /1/ har den totala mängden använt bränsle, om alla reaktorer drivs till 2010, uppskattats bli ca 7 750 ton uran, varav 5 900 ton använts i BWR-reaktorer och 1 850 ton i PWR-reaktorer. Av det använda bränslet har ca 140 ton från BWR skickats till Storbritannien för upparbetning. Resterande bränsle förutsätts i denna studie bli deponerat i Sverige.

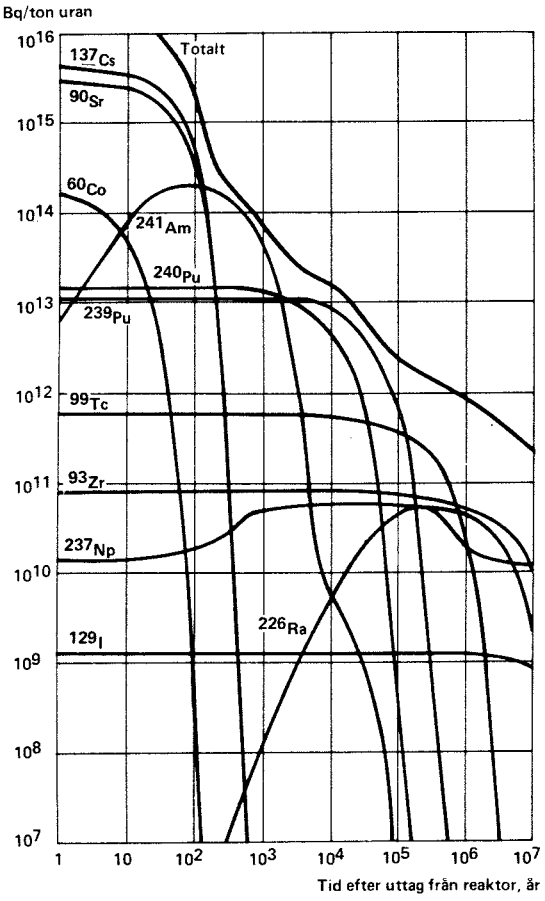
De använda bränsleelementens tekniska data och egenskaper beskrivs utförligt i KBS-3 /2/. Liksom i KBS-3 används i denna studie BWR-bränsle (ASEA-ATOM) avsett för Forsmark 3 och PWR-bränsle (Westinghouse) avsett för Ringhals 3, som referensbränslen. Dessa visas i figur 2-1. Bränsleelementen är något över 4 m långa. BWR-elementen innehåller 63 bränslestavar, har en sida av 139 mm och väger ca 300 kg, varav 178 kg är uran. PWR-elementen innehåller 264 bränslestavar, har en sida 214 mm och väger ca 700 kg, varav 464 kg är uran.

Det egentliga bränslet utgörs av cylindriska kutsar av urandioxid, som är inneslutna i bränslestavar. Det använda bränslet består till 95% av kvarvarande urandioxid. 3 à 4% utgörs av klyvningsprodukter och ca 1% av plutonium och övriga transuraner.

Bränslets innehåll av radioaktiva ämnen är beroende av bränslets utbränning och hur lång tid som gått sedan bränslet togs ut ur reaktorn. I figur 2-2 visas hur radioaktiviteten hos olika ämnen i det använda bränslet avtar med tiden. Samtidigt med radioaktiviteten avtar bränslets värmeavgivning, resteffekten.



Figur 2-1. Bränsleelement för BWR (t.v.) och PWR (t.h.).



Figur 2-2. Radioaktivitet i använt bränsle.

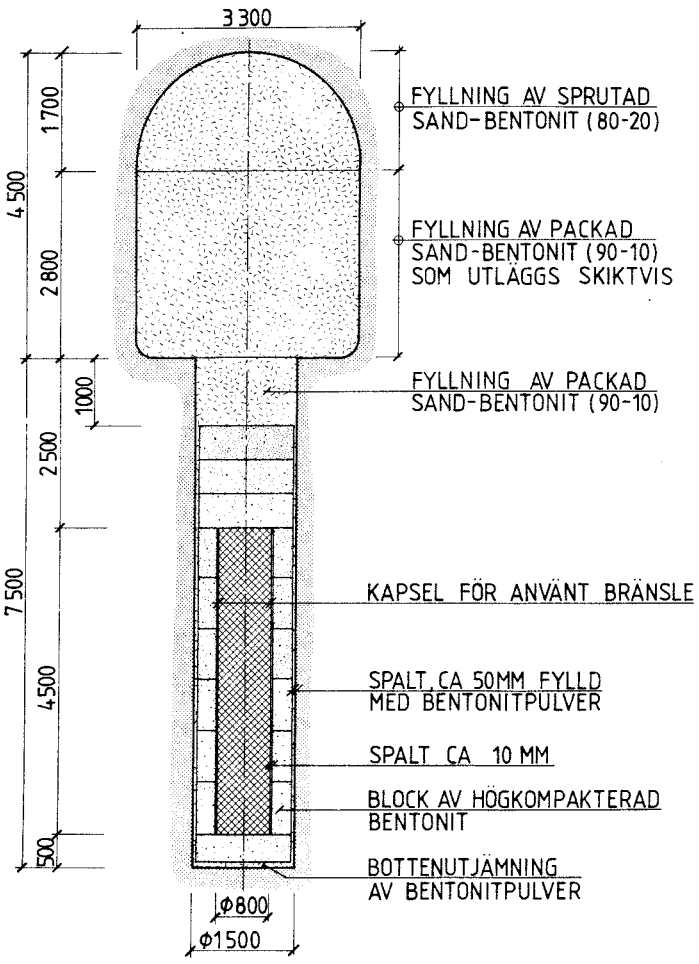
2.2 KBS–3–SYSTEMET

I KBS-3 beskrivs hur ett system för säkert slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle kan utformas med utgångspunkt från dagens kunskapsläge. Avsikten med KBS-3 var inte att visa hur det skall utföras. Under tiden fram till dess den slutliga förvaringen skall ske kommer det omfattande forsknings- och utvecklingsarbete som pågår i Sverige och utomlands att ge ytterligare underlag för den slutliga utformningen. För att belysa konsekvenserna av en ändrad tidplan kan KBS-3-systemet dock tjäna som utgångspunkt.

I KBS-3-systemet genomgår det använda bränslet följande hanteringssteg:

1 Det använda kärnbränslet förvaras först minst 1 år i förvaringsbassänger vid kraftverken.

2 Bränslet transporteras i specialkonstruerade behållare från kraftverken till ett centralt mellanlager.



Figur 2-3. Deponeringshål med kapsel, buffertmaterial och återfyllning.

3 I mellanlagret, CLAB, som är gemensamt för alla svenska reaktorer, förvaras bränslet i vattenbassänger i ca 40 år.

4 Från CLAB transporteras bränslet till en inkapslingsstation belägen ovan jord i anslutning till slutförvaret.

5 I inkapslingsstationen innesluts bränslet i kopparkapslar.

6 Kopparkapslarna med bränslet överförs till ett slutförvar i berg på ca 500 m djup.

7 I slutförvaret deponeras kapslarna en och en i deponeringshål, där det omges av ett s k buffertmaterial som består av hårt sammanpressad bentonitlera.

Sedan alla kapslar deponerats förseglas slutförvaret genom att alla tunnlar och schakt återfylls med en blandning av sand och bentonitlera.

Slutförvarets utformning leder till att skadlig påverkan på biosfären av de radioaktiva ämnena i bränslet förhindras på två sätt, dels genom en total inneslutning i kopparkapseln under mycket lång tid, dels genom att spridningen därefter sker långsamt och med stor utspädning.

Barriärerna i det här beskrivna systemet utgörs av

- Bränslet, som är mycket svårlösligt i vatten.

- Kapseln, som isolerar det använda bränslet från omgivningen under mycket lång tid.

- Buffertmaterialet - den hårt sammanpressade bentonitleran - som förhindrar att strömmande grundvatten kommer i kontakt med kapseln, eller sedan den genombrutits, med det använda bränslet.

- Berget som omger slutförvaret och som valts så att grundvattenomsättningen är låg. I berget sker också en stark fördröjning av de flesta radioaktiva ämnena genom kemiska processer mellan mineralen och de radioaktiva ämnena. Härigenom kommer en mycket stor del av radioaktiviteten att hinna avklinga under transporten i berget.

Det inkapslade bränslet slutförvaras i ett utvalt bergparti. Slutförvarets placering och geometri anpassas till berggrundens lokala geologiska egenskaper. Slutförvaret består av ett system av parallella tunnlar i ett eller flera plan med vertikala deponeringshål.

Avstånden mellan förvaringstunnlarna, 25 m vid enplansförvar och 33 m vid tvåplansförvar, och mellan de enskilda deponeringshå-

len, 6 m, är avpassade så att temperaturen i slutförvaret överallt skall ligga väl under 100°C.

Denna temperaturbegränsning har införts för att säkerställa att bentonitleran inte undergår kemiska förändringar, som skulle kunna påverka dess funktion på lång sikt. Samtidigt leder temperaturbegränsningen till att de värmeinducerade spänningarna i bergmassan blir måttliga.

2.3 ÖVRIGT AVFALL

Utöver använt bränsle erhålles en rad andra avfallsprodukter från det svenska kärnkraftprogrammet, som behöver tas om hand och slutförvaras. Dessa härrör dels från driften och rivningen av reaktorerna, dels från hanteringen och behandlingen av det använda bränslet. Dessutom kommer visst radioaktivt avfall från Studsvik och från användning av radioaktiva preparat inom industri, medicin och forskning.

I PLAN 85 redovisas mängden av de olika avfallsprodukterna och ett scenario för hur de skall tas om hand. Detta innebär i korthet att:

- avfall från drift av kärnkraftverken och CLAB (till 2020) samt motsvarande avfall från Studsvik, industri, medicin och forskning deponeras i SFR 1 under perioden 1988-2020

- avfall från rivning av reaktorerna (utom interna delar) deponeras i SFR 3 under perioden 2015-2035

- härdkomponenter och interna delar från reaktorerna mellanlagras i CLAB och deponeras därefter i anslutning till slutförvaret för använt bränsle (SFL 5) under perioden 2025-2048

- långlivat avfall från Studsvik, driftavfall från CLAB (efter 2020) och inkapslingsstationer för använt bränsle samt rivningsavfall från dessa anläggningar deponeras i anslutning till slutförvaret för använt bränsle (SFL 3 och 4) under perioden 2020-2052.

En ändring av tidplanen för deponering av använt bränsle ger konsekvenser även på tidplanen för de övriga avfallstyper, som deponeras i SFL. SFR-avfall påverkas dock inte.

I PLAN 85 redovisas även mellanlagring och slutförvaring av avfall från upparbetning. I denna studie bortses emellertid från att visst avfall från upparbetning kan behöva tas om hand i Sverige.

3 PLANERING

3.1 ALLMÄNT

Enligt lagen om kärnteknisk verksamhet (SFS 1984:3) åligger det reaktorinnehavarna bl a att svara för att åtgärder vidtas för att på ett säkert sätt hantera och slutförvara i verksamheten uppkommet kärnavfall eller kärnämne, som inte används på nytt. De skall vidare upprätta ett program för den allsidiga forsknings- och utvecklingsverksamheten och de övriga åtgärder som behövs för att genomföra åliggandet. Ett första sådant program skall presenteras 1986. I detta kommer kraftföretagens förslag till tidplan att detaljeras.

I denna studie diskuteras de olika stegen i tidplanen, vilka förändringar som är möjliga och vilka konsekvenser förändringarna medför. Utgångspunkten har varit den tidplan, som beskrivits i rapporten "Använt kärnbränsle - KBS-3. Program för forskning och utveckling" /3/, vilken lämnades in till regeringen i februari 1984 som underlag för ansökan om laddning av Forsmark 3 och Oskarshamn 3. Denna tidplan leder fram till start av deponering år 2020.

Vid en genomgång av möjliga förändringar i tidplanen bör hänsyn tas till:

- tid som erfordras för
  * platsundersökningar och teknikutveckling
  * myndighetsgranskning och godkännande
  * projektering, byggande och idrifttagning
- kunskapsuppbyggnad i Sverige och utomlands, vilket kan påverka
  * val av teknisk lösning
  * behov av utvecklingsarbete i Sverige
  * tiden för myndighetsgodkännande

- förändringar i avfallets egenskaper, som påverkar säkerheten vid hantering och slutförvaring

- teknisk/ekonomisk optimering

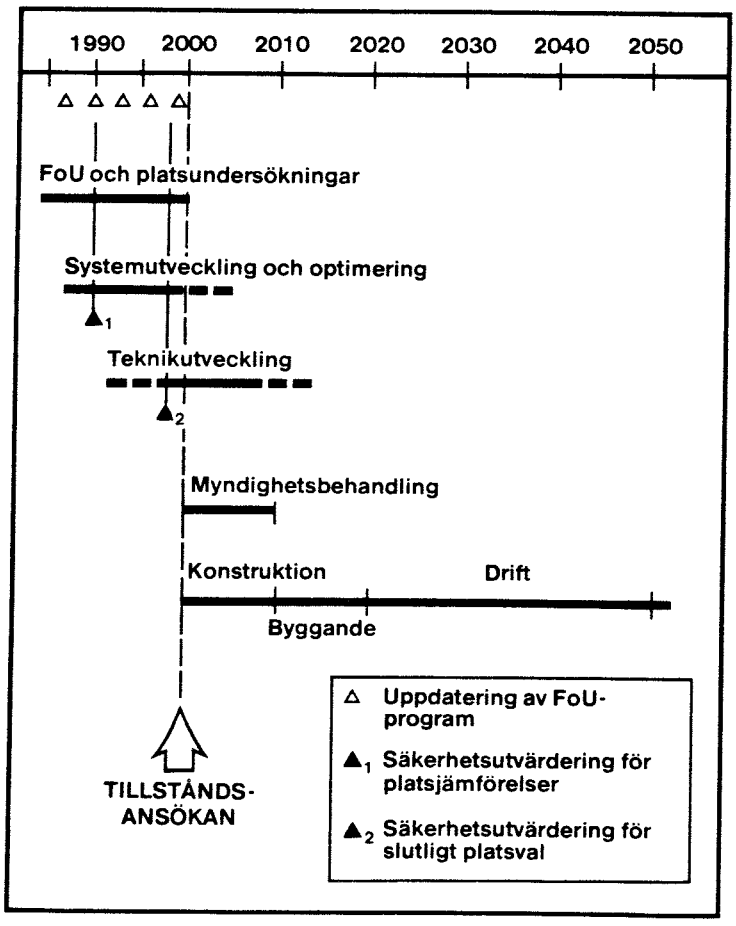
De två första punkterna behandlas närmare i resten av detta kapitel, medan säkerhetsaspekten diskuteras i kapitel 4. Teknik och ekonomi behandlas i kapitel 5 och 6.

3.2 TIDPLANEFRÅGOR

3.2.1 Tidplan enligt KBS-3

Tidplanen (se figur 3-1) baserar sig på förutsättningen att det använda kärnbränslet lagras 40 år i ett mellanlager innan det deponeras.

För att deponering skall kunna påbörjas år 2020 måste anläggningar och system byggas upp under decenniet före. En tioårsperiod torde ge goda marginaler för detta.



Figur 3-1. Övergripande tidplan

Planen förutsätter att en förläggningsplats är beslutad och godkänd av myndigheterna år 2010. För att ge myndigheterna och de politiskt ansvariga en väl tilltagen tid för att överväga och pröva platsvalet bör en lokaliseringsansökan inges omkring år 2000. Då måste också en optimering av slutförvarets utformning vara genomförd så att ett till platsen anpassat system kan redovisas.

Platsstudierna och systemoptimeringen planeras bli genomförd i två steg motsvarande olika detaljeringsnivåer.

Första steget avslutas med en i början av 1990-talet genomförd jämförande bedömning av de då undersökta platserna. Nästa detaljeringsnivå genomförs under 1990-talet med kompletterande undersökningar av 2 à 3 utvalda platser samt studier av en för varje plats optimerad förvarsutformning.

Insatserna planeras så att en teknisk säkerhetsutvärdering kan göras under perioden 1995-2000. Under tiden 2000-2010 finns utrymme för att göra sådana kompletterande undersökningar som kan komma att krävas i samband med myndighetsbehandlingen.

Som grund för referenstidplanen ligger dels behovet av tid för att genomföra de redovisade åtgärderna, dels möjligheterna att utnyttja en mellanlagringsperiod för att nyttiggöra pågående teknikutveckling, för att genomföra realistiska försök och demonstrationer samt för att studera alternativa lösningar och säkerhetsmässigt, tekniskt och ekonomiskt optimera slutförvarssystemet.

Den övergripande tidplanen kan indelas i faserna

- undersökningar och utvärdering
- myndighetsbehandling
- byggverksamhet

I de följande avsnitten diskuteras möjliga förändringar i tidplanen för var och en av dessa faser.

3.2.2 Undersökningar och utvärdering inför slutligt platsval

Undersöknings- och utvärderingsfasen omfattar:

- platsundersökningar, som syftar till att ta fram ett antal möjliga lokaliseringsplatser och att därefter när detaljerade geostudier gjorts utvälja en plats som lokaliseringsort för ett slutlager

- studier av systemutformning, för att möjliggöra en jämförelse av genomförbarhet, säkerhet och kostnad för olika möjliga utformningar av slutförvar och behandlingssteg

- säkerhetsanalyser, för att utvärdera plats och system som underlag för lokaliserngsansökan.

Den nuvarande tidplanen med platsval år 2000 baserar sig på följande program (Se figur 3-2).

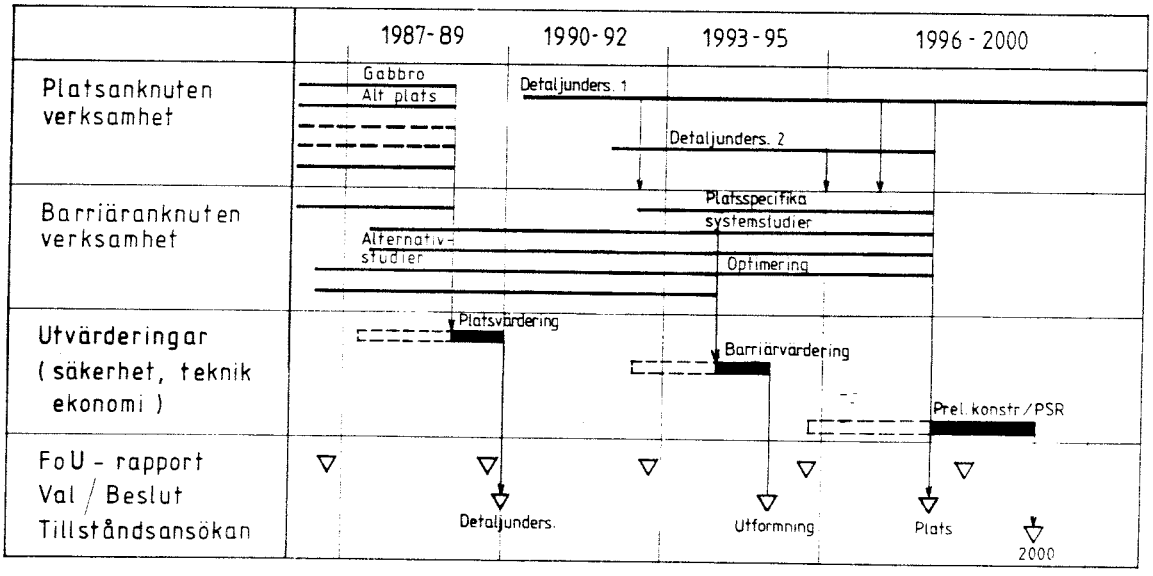
T o m 1985 Omfattande platsundersökningar har genomförts på 8 platser i Sverige. På dessa platser består berggrunden av granitiska och gneissiska bergarter. Vid ytterligare platser har några borrningar och borrhålsmätningar genomförts.

-1985-1989 För att utvärdera om gabbro är lämpat som förvarsbergart kommer ett à två gabbroområden att undersökas. Därutöver kommer ytterligare ett à två granit/gneiss-områden att väljas ut. Tidigare platsval har främst gjorts i syfte att finna stora bergblock med låg vattenföring. Valet av de nya granit/gneiss-områdena kommer i högre grad än tidigare att baseras på andra tekniska och ekonomiska överväganden.

För att ge underlag för säkerhetsanalysen av sådana områden genomförs parallellt studier av nuklidtransport i större sprickzoner.

Samtidigt pågår en systematisk genomgång av alternativa förvarsutformningar.

TIDPLAN FÖR UNDERSÖKNINGS- OCH UTVÄRDERINGSFASEN. REFERENSFALL



Figur 3-2. Tidplan för undersöknings- och utvärderingsfasen. Referensfall.

- Slutet 1989 En rangordning mellan de olika platserna kommer att göras grundad på geologiska och på platsanknutna tekniska, ekonomiska och sociologiska faktorer.

  I samråd med myndigheterna kommer två à tre av dessa områden att väljas för mer detaljerade undersökningar. Programmet för dessa undersökningar kommer att utvecklas fram till 1989.

- 1990-1997 Fördjupade geologiska undersökningar genomförs, som t ex kan innefatta

  - Kompletterande mätningar med nya utrustningar
  - Schaktsänkning till deponeringsnivå och tunneldrivning för att detaljstudera förvarsberget
  - Hydrauliska och geofysiska mätningar
  - Modellering av grundvattenrörelserna med faktiskt kartlagda sprickfördelningar och vattenföringar

  Undersökningsområdenas program är lämpligen fasförskjutna några år. Totalt uppskattas undersökningarna ta 5-7 år per område.

- 1994 Huvudinriktning väljes för lämpligt barriärsystem i förvaret. Därefter påbörjas en platsspecifik optimering av förvarsutformningen, varvid information från de detaljerade platsundersökningarna utnyttjas.

  Valet av förvarsutformning förväntas kräva att in situtester och demonstrationsförsök genomförs, vilket kan ske parallellt fram till ca 1998.

- 1998-1999 Framtagning av platsspecifika säkerhetsanalyser, slutligt platsval och framtagning av handlingar för lokaliseringstillstånd (inklusive ej säkerhetsrelaterat material).

-2000 Ansökan om tillstånd för lokalisering.

Vilka möjligheter finns det att korta ned tidplanen till slutligt platsval och lokaliseringsansökan?

Eftersom säkerhetsanalysen för KBS-3 är baserad på platsdata som nära överensstämmer med minst tre undersökta platser i landet, så skulle det vara möjligt att redan idag välja ett par områden för detaljundersökningar. Schaktsänkning borde därmed kunna påbörjas redan 1986 istället för 1991, varvid fem år skulle sparas.

Om vidare de detaljerade geoundersökningarna genomförs parallellt på två eller flera ställen, skulle i bästa fall en lokaliseringsansökan kunna vara framme 1991.

En sådan plan medför att skedet för alternativgenomgången och teknikutvecklingen blir starkt nedskuren. Stora optimeringsvinster skulle troligen inte kunna tillvaratas.

Studiet av gabbro som förvarsmedium skulle inte hinna genomföras och de möjligheter till en friare lokalisering som de pågående sprickzonsstudierna kan ge upphov till skulle inte kunna utnyttjas. Denna tidplan bedöms därför inte vara lämplig.

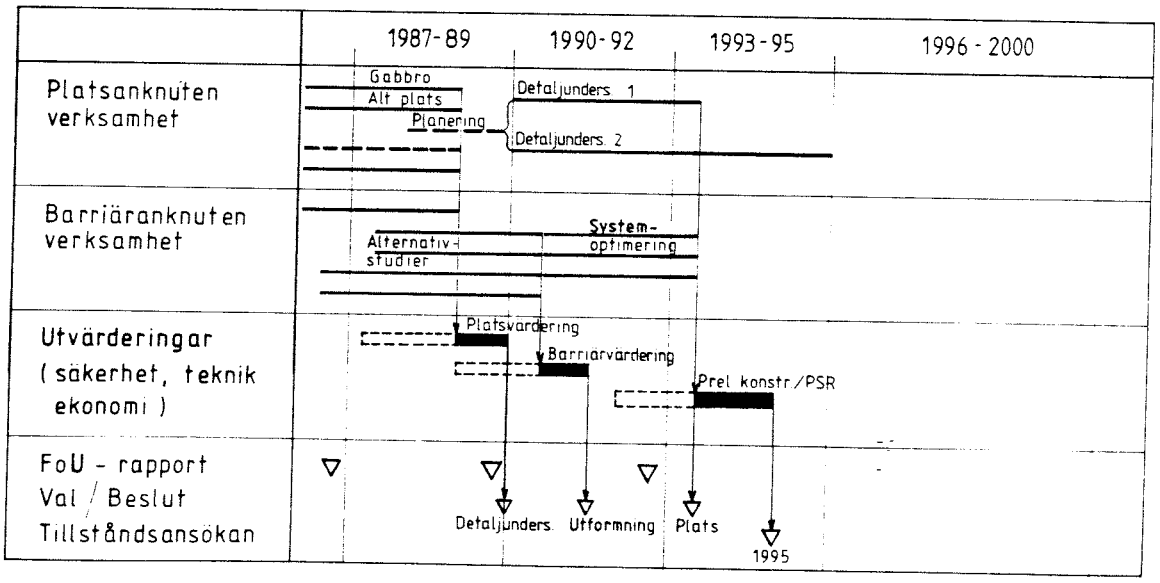
En rimligare planering är att nuvarande tidplaner fram till 1989 bibehålls. Under denna period genomförs en planering för detaljundersökningar på två av platserna parallellt med början 1990.

En absolut minimitid för att genomföra en detaljerad platsundersökning bedöms vara tre och ett halvt år.

Parallellt med de geologiska detaljundersökningarna utförs platsspecifik optimering av förvarsutformningen. Den slutliga utvärderingen av de två platserna och sammanställning av preliminär säkerhetsrapport och övriga handlingar för lokaliseringsansökan kräver slutligen minst ett år.

Med denna förkortade tidplan (se figur 3-3) bedöms en lokaliseringsansökan kunna lämnas in redan 1995.

TIDPLAN FÖR UNDERSÖKNINGS- OCH UTVÄRDERINGSFASEN. TIDIGASTE ANSÖKAN



Figur 3-3. Tidplan för undersöknings- och utvärderingsfasen. Tidigaste ansökan.

En ytterligare förskjutning av ansökningstidpunkten med två år till tidigt 1997 skulle möjliggöra att de geologiska detaljundersökningarna skulle kunna fasförskjutas för de olika områdena. Detta möjliggör överföring av erfarenheter, en mer rationell resursplanering. Det ger även möjlighet till en reduktion av arbetsinsatser, då ett andra område inte skulle behöva undersökas om det första visar sig vara väl lämpat. En förskjutning skulle också förenkla arbetet med såväl konstruktion och dimensionering som med säkerhetsredovisningen.

Sammanfattningsvis bedöms en inriktning mot lokaliseringsansökan 1991 vara olämplig. En lokaliseringsansökan 1995 bedöms ge en tidplan som är praktiskt möjlig och realistisk. Ett platsval under perioden 1997-2000 bedöms vara mest lämpligt med hänsyn till fördelningen av arbetsinsatserna. Denna senare tidpunkt ger även större möjlighet att utnyttja internationella erfarenheter (se kapitel 3.3).

I den fortsatta diskussionen betraktas årsskiftet 94/95 vara den tidigaste realistiska tidpunkten för en lokaliseringsansökan. Härvid har dock inte reservtid lagts in för att möjliggöra väsentliga ändringar i forskningsinriktning, om oväntade resultat skulle framkomma under arbetets gång. Inga extra tidsperioder har heller antagits vara nödvändiga för myndighetsgenomgångar före inlämnandet av lokaliseringsansökan. Detta innebär att platsgallring och gallring bland alternativa barriärutformningar antas bli tillräckligt bevakade av myndigheterna genom deras normala verksamhetsuppföljning.

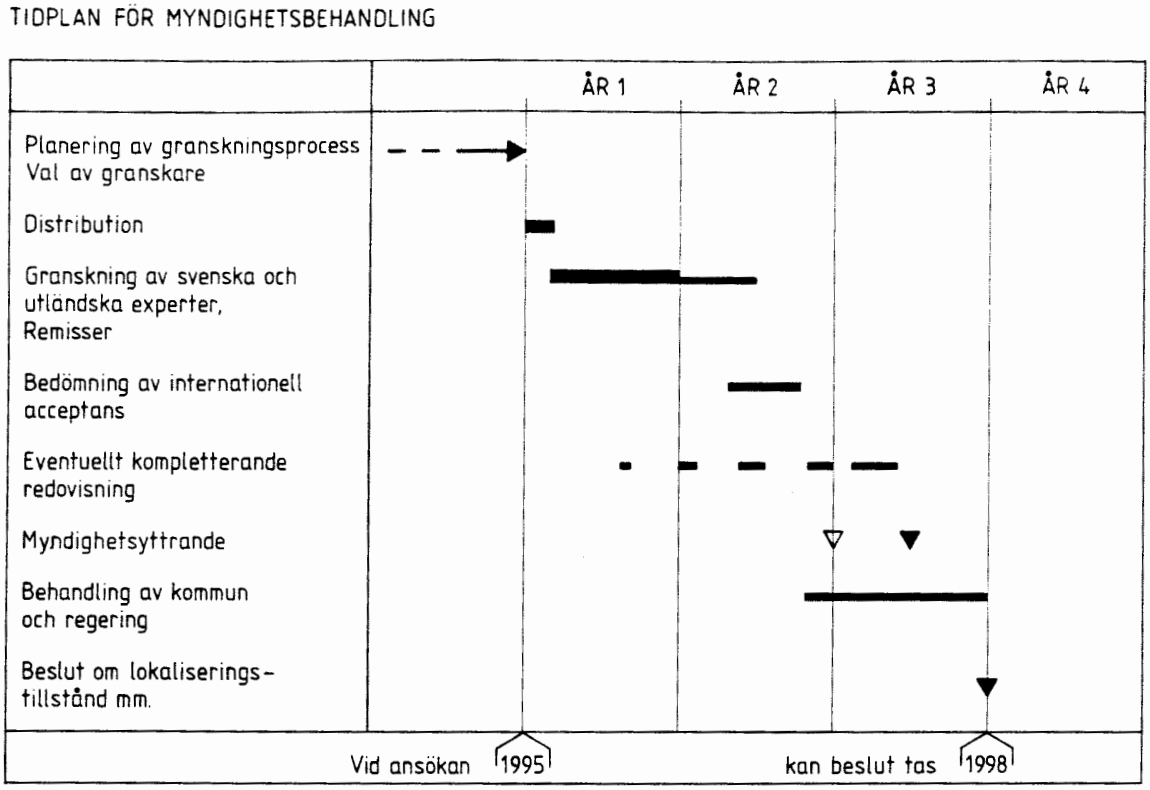
3.2.3 Myndighetsbehandling

I den nuvarande tidplanen har en tioårsperiod från år 2000-2010 avsatts för myndighetsbehandling. De tillståndsärenden som erfordras för lokalisering och för byggstart är

- tillstånd för lokalisering enligt byggnadslagen §136a
- tillstånd enligt kärntekniklagen
- tillstånd enligt strålskyddslagen
- tillstånd enligt miljöskyddslagen

Därtill kan tillstånd enligt vattenlagen och fastställande av stadsplan bli aktuella.

Under perioden förutses en teknisk granskning bli genomförd av ansökningshandlingar, främst den preliminära säkerhetsrapporten och dess underlagsrapporter. Detta bedöms dock kunna ske på betydligt kortare tid än 10 år. En stor del av perioden får därför ses som reservtid för att genomföra kompletterande undersökningar och studier av alternativa utformningar som myndigheterna kan komma att kräva under granskningens gång. Samtidigt erhålles en väl tilltagen period för lokal medverkan.



Figur 3-4. Tidplan för myndighetsbehandling.

En uppskattning av den kortaste tid som behövs för myndighetsbehandlingen visas i figur 3-4. Den baseras på följande resonemang. Omfattningen av det tekniska underlaget bedöms motsvara KBS-3-redovisningen. Behandlingen av KBS-3-rapporten tog 1 år och 3 månader från inlämnande till beslut. Därvid utnyttjades bl a internationell expertis för att granska underlagets tillförlitlighet. Granskningstiden för experterna varierade mellan sex och tio månader. Den granskning som kan förutses i samband med en lokaliseringsansökan torde bli mer omfattande och grundlig och bedöms ta 10 à 15 månader i anspråk.

Med tanke på att ett slutförvar skall fungera över mycket långa tidsperioder, ofta längre än varaktigheten av nuvarande nationsbildningar, är det fullt möjligt att ett internationellt regelsystem för säkermässigt acceptabla slutförvar kommer att etableras (t ex genom IAEA, ICRP eller NEA). Om detta existerar, innebär det att svenska regeringen får möjlighet att få en bedömning av den internationella acceptansen. En sådan utvärdering bedöms ta minst 6 månader.

Samtidigt bör resultatet av den svenska myndighetsutvärderingen kunna vara framme. Expert- och myndighetsgranskningen kan ge upphov till krav på kompletterande studier.

Ett slutgiltigt ställningstagande från myndigheterna bedöms därmed vara möjligt mellan 2 och 2,5 år efter att ansökningen inlämnats.

Med ovan nämnda material som bakgrund erfordras därefter ställningstagande i frågan av kommunen och slutligen av regeringen. En minimitid av ca 6 månader efter att information kommit in bedöms vara realistisk för detta.

Tiden för handläggning av tillståndsärendet bedöms således till tre år. Lämnas ansökan in 1995 torde således lokaliserings- och byggnadstillstånd tidigast kunna erhållas år 1998.

Ovanstående tidplan förutsätter att enbart en plats bedömes ur tillståndssynpunkt. Detta förutsätter att myndigheterna accepterat den platsgallringsprocess och det val av platser för detaljundersökningar, som tidigare gjorts.

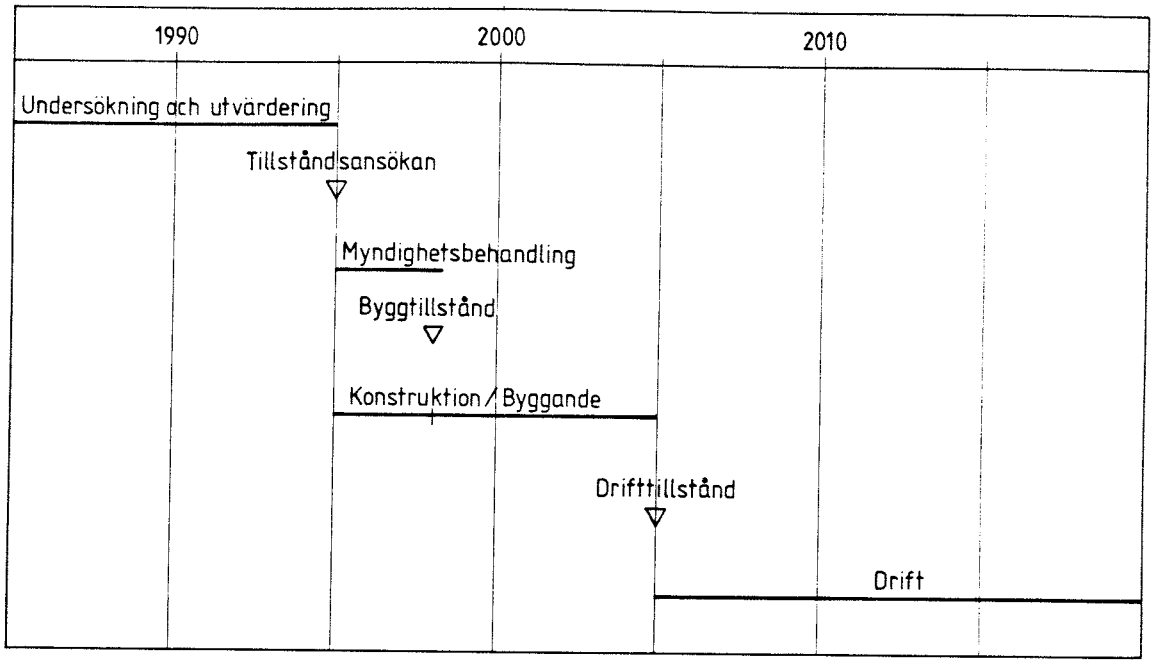
3.2.4 Byggverksamhet

I gällande tidplan har tio år avsatts för att bygga inkapslingsanläggning och slutförvar. Härvid förutsätts att systemutveckling och optimering av de tekniska barriärerna har påbörjats redan under platsvalsskedet. Nödvändig teknikutveckling och vissa pilotförsök har pågått under myndighetsbehandlingstiden. Huvuddelen av pilot- och demonstrationsförsöken behöver dock inte igångsättas förrän efter byggnadstillstånd erhållits.

Minimitiden för byggandet bedöms vara 5 à 6 år. Med hänsyn till att underjordsanläggningen kan byggas ut i etapper samtidigt som deponering pågår i redan färdiga delar, kommer byggandet av ovanjordsanläggningarna att vara tidplanestyrande. Vid en förkortning av tidplanen för byggandet från 10 till 5 à 6 år måste dock pilotförsöken för inkapslingsanläggningen påbörjas redan under tidigare skeden (exempelvis vid systemoptimeringen), så att de i huvudsak är utvärderade vid byggstarten.

Bergrumsbyggande torde inte medföra tekniska problem, dock måste utbyggnaden kopplas mycket nära till ett karteringsprogram för bergkvalitet och sprickförekomst. I detta sammanhang antas att ett provschakt och vissa huvudtunnlar redan är utsprängda vid detaljundersökningarna i platsvalsskedet.

TIDPLAN FÖR TIDIGASTE DEPONERINGSTIDPUNKT



Figur 3-5. Tidplan för tidigaste deponeringstidpunkt.

3.2.5 Sammanfattande bedömning av tidigaste deponeringstidpunkt

Baserat på vad som idag betraktas som rimliga antaganden, bedöms tidigaste tidpunkt för att påbörja deponering av använt bränsle i Sverige vara omkring år 2005. Tidplanen för att uppnå denna målsättning visas i figur 3-5.

I denna tidplan har inga reservtider lagts in för oförutsedda händelser eller ogynnsamma resultat. Inga reservtider har heller införts för att utvärdera och ändra planeringen om tekniska eller kunskapsmässiga landvinningar efter ca 1990/1992 skulle visa på möjligheter till förenklingar eller besparingar.

3.3 KUNSKAPSUPPBYGGNAD

KBS-3 beskriver hur ett system för säkert slutligt omhändertagande av det använda bränslet kan genomföras. Kunskapsnivån är idag tillräcklig för att visa att detta system ger en ur säkerhetssynpunkt acceptabel lösning. Skulle arbete på att genomföra en deponering påbörjas nu, skulle i första hand insatser för att i detalj vidareutveckla teknik för inkapsling och deponering behövas.

I säkerhetsanalysen i KBS-3 har flera för säkerheten gynnsamma omständigheter inte kunnat utnyttjas därför att tillgängliga kunskaper inte medger kvantifiering av vissa faktorer och förlopp. Exempel härpå är att man helt bortsett från fördröjningseffekter i sprickzoner och kopparkapselns skyddseffekt efter ett punktgenombrott. Detta har medfört att stora säkerhetsmarginaler finns i det redovisade KBS-3-systemet.

De fortsatta FoU-insatserna syftar dels till att bredda och fördjupa kunskapsunderlaget för utvärdering av slutförvarssystem, dels till att studera alternativa lösningar på slutförvarsutformningen. Den övergripande målsättningen för arbetet är att åstadkomma sådana förenklingar av slutförvarssystemet att kostnaderna minimeras, samtidigt som en godtagbar säkerhetsnivå uppnås.

FoU-arbetet bedrivs huvudsakligen genom uppdrag från SKB till forskningsinstitutioner, konsulter, industrier eller andra svenska och utländska grupper med önskad kompetens. Ett viktigt och nödvändigt inslag i FoU-arbetet utgör dessutom informationsutbyte och samarbete med avfallsorganisationer i andra länder.

En tidigareläggning av starttidpunkten för deponering innebär att den tillgängliga tiden för FoU-arbete blir kortare, vilket bl a gör att man inte i samma utsträckning kommer att kunna tillgodoräkna sig förenklingar i slutförvarssystemet, som eljest vore möjliga. Konsekvensen av detta kan emellertid inte kvantifieras nu.

Det kan i detta sammanhang vara av intresse att nämna tidplanerna för några andra länders program. Av störst intresse är USAs, Kanadas och Frankrikes planer på deponering i kristallint berg.

- USA avser att 1991 välja en plats för sitt första förvar. Detta avses antingen ligga i basalt, tuff eller salt och bygget planeras bli påbörjat 1994. USAs granitprogram ligger förskjutet med tidigaste platsval 1996 och byggstart 1999. Allmänt bedöms något eller några års försening i detta program vara ofrånkomlig.

- Kanadas program uppvisar stora likheter med det svenska programmet. Mot slutet av 80-talet avses en principutformning bli presenterad för myndigheternas godkännande. En flera år lång period av "public hearings" förutses och platsstudier kommer inte att påbörjas förrän väl in på 1990-talet. Liksom i Sverige kan ett platsval bli aktuellt i Kanada kring sekelskiftet.

- Det franska programmet förutser ett platsval för ett schakt för en underjordisk teststation år 1988. Detta kan antingen komma att ligga i lera, salt, granit eller högmetamorfa skiffrar. Skulle testschaktet visa sig vara i en gynnsam formation kommer platsen troligen att kring 1994 väljas för deras första slutförvar för högaktivt avfall.

- Finland och Schweiz arbetar med samma tidplan som vi i Sverige.

Det framgår således att ett svenskt platsval under första halvan av 1990-talet kräver att Sverige tar på sig en väsentligt större utvecklingsinsats än om platsvalet görs under slutet av denna dekad. Vid ett tidigt platsval kan endast en mindre del av de utländska erfarenheterna utnyttjas i det svenska programmet. Skulle en samordnad utveckling inom området vara önskvärd, bör platsvalet inte göras förrän vid sekelskiftet.

Dessa synpunkter gäller för SKB. Det är emellertid klart att samma resonemang är tillämpligt även på kunskapsuppbyggnaden hos myndigheterna. I detta sammanhang har inte minst utvecklingen av en internationell acceptans stor betydelse.

En senareläggning av deponeringstidpunkten till 100 år efter uttag av bränslet ur reaktorn ger naturligtvis ytterligare utrymme för förbättring av systemet. För detta tidsperspektiv torde dock den allmänna tekniskt/vetenskapliga utvecklingen få en större inverkan på kunskapsuppbyggnaden än den utökade tid som ges för specifik avfallsforskning.

För att genomföra ett slutförvarsprojekt krävs att behövlig kompetens finns tillgänglig, dels för en teknisk/vetenskaplig analys av anläggningens funktion, dels för att genomföra byggandet och driften. Erfarenheterna från KBS-arbetet visar, att den tekniskt/vetenskapliga kompetensen kan byggas upp på mindre än tio år. För den praktiska hanteringen av radioaktivt material finns kompetens idag på kärnkraftverken och i CLAB. Om starttidpunkten för deponering förläggs ca 100 år framåt i tiden kommer den delvis att behöva byggas upp på nytt. Även detta bör kunna ske på en tioårsperiod.

3.4 SAMMANFATTNING AV PLANERINGSASPEKTER

En analys av de olika faser som behöver genomgås, innan ett slutförvar för använt bränsle kan byggas, visar, att det med rimliga antaganden är tekniskt möjligt att påbörja deponering i Sverige år 2005. Denna tidplan förutsätter främst att arbetet fram till platsval forceras, så att lokaliseringsansökan kan lämnas in 1995 och att myndighetsbehandlingen kan genomföras på ca 3 år.

Resursmässiga och ekonomiska skäl talar dock för en något längre tidplan, där ytterligare ca 5 år läggs in i platsvalsskedet. Därigenom ges främst möjlighet att utnyttja resultaten från FoU- och platsvalsinsatser i andra kärnkraftländer. Vidare kan man undvika det kostnads- och forskningsmässigt ineffektiva parallellarbete, som krävs vid lokaliseringsansökan 1995, och man får tid

för en mera djupgående analys av tillgängliga alternativa barriärsystem. SKB bedömer därför att år 2000 är den lämpligaste tidpunkten för en lokaliseringsansökan. I referenstidplanen anges därefter start av deponering ske år 2020. Denna tidpunkt har valts så att lämpliga marginaler erhålles.

Den senaste möjliga tidpunkten för start av deponering bestäms inte av planeringstidplanen utan främst av politiska faktorer.

4 SÄKERHET

4.1 SÄKERHETSPÅVERKANDE FAKTORER

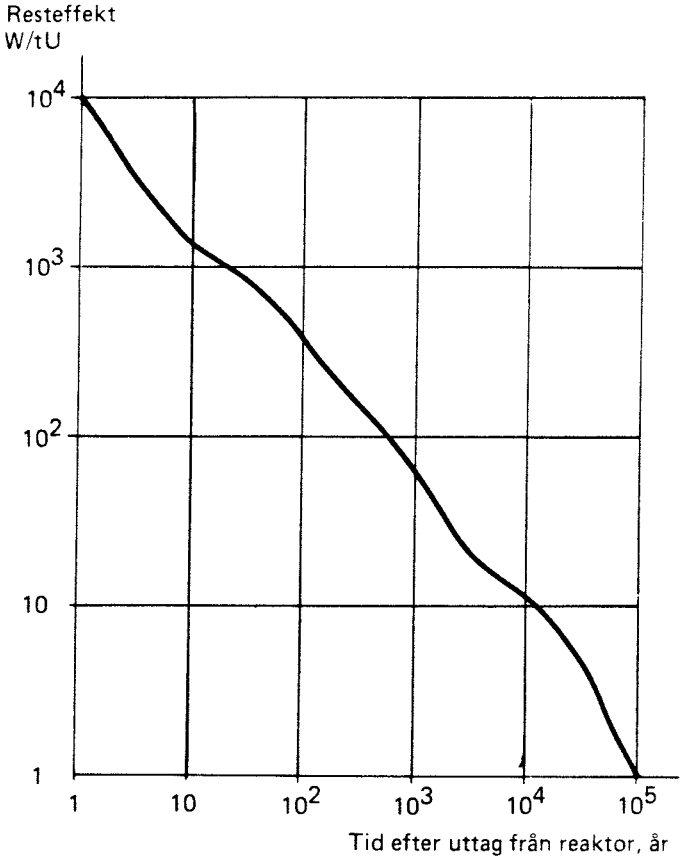
En förändring av huvudtidplanen för hantering av använt bränsle kan få inverkan på säkerheten i alla hanteringsled

- mellanlagring
- transport
- inkapsling
- deponering, och
- slutförvaring

Inverkan hänför sig genomgående till förändringar i bränslets egenskaper med tiden. De viktigaste egenskaperna som förändras med tiden är kopplade till minskningen av bränslets innehåll av radioaktiva ämnen på grund av avklingning (se figur 2-2). Dessa är resteffekten, samt γ-och neutronkällstyrkan. I figur 4-1 visas hur resteffekten avtar som funktion av tid efter uttag ur reaktorn. I det aktuella tidsintervallet 25-100 år avtar resteffekten till ca en tredjedel. Resteffekten har främst betydelse för dimensioneringen av slutförvaret.

Tabell 4-1. Aktivitet m m i använt bränsle.
BWR 33 000 MWd/tU, 22,0 MW/tU, 2,8% U-235

	Tid efter uttag (år)				
	10	25	40	60	100
Aktivitet (PBq/tU)	15	9.0	6.0	3.7	1.5
Resteffekt (W/tU)	1100	820	650	490	320
γ-källstyrka (10^{13} MeV/s,tU)	2.6	1.6	1.1	0.8	0.2
Neutronkällstyrka (10^{8} n/s,tU)	3.4	2.0	1.2	0.6	0.2



Figur 4-1. Resteffekt i använt bränsle från PWR. Utbränningen är 38 000 MWd/tU, effekttätheten 38,5 MW/tU och anrikningen 3,2% uran-235.

Neutron- och γ-källstyrkan, som påverkar behovet av strålskärmning under hantering och transport, avtar något snabbare med tiden än resteffekten. I tabell 4-1 ges en sammanställning av hur aktivitetsinnehåll, resteffekt, γ- och neutronkällstyrkan förändras under de första 100 åren efter uttag ur reaktorn.

Vidare kan förändringar i bränslets integritet under mellanlagring påverka säkerheten. I det svenska systemet sker mellanlagring av använt bränsle i vattenbassänger. De delar av bränsleelementen som är exponerade mot vattnet är gjorda i korrosionsresistenta material, zircaloy eller höglegerade stål.

Erfarenheter från lagring av bränsle i vattenbassänger föreligger sedan många år. I KBS-3 /2/ diskuteras redovisade erfarenheter från lagring och speciella undersökningar fram till mitten av 1970-talet. I flera länder pågår vidare studier av långtidslagrat bränsle. Nyligen har en sammanställning av erfarenheterna fram till 1984 rapporterats /4/. Sammanställningen omfattar såväl resultat från upp till 25 års lagring av lågutbränt zircaloy-kapslat bränsle som 5-6 års lagring av högutbränt zircaloykapslat bränsle. Slutsatsen är att det finns ett säkert tekniskt underlag för att hävda att använt bränsle kan lagras i vattenbassänger under flera tiotals år. Baserat på dessa erfarenheter be-

döms 40 års mellanlagring inte leda till någon besvärande påverkan på bränsleelementen. Det är sannolikt att 100 års lagring kan ske utan problem.

4.2 SÄKERHET I OLIKA HANTERINGSSTEG

4.2.1 Mellanlagring i CLAB

CLAB har utformats för att tillåta mellanlagring av använt bränsle i åtminstone 40 år, i avvaktan på att bränslet skall slutförvaras. Anläggningen är dimensionerad för att kunna ta emot bränsle ett år efter uttag ur reaktorn. Den ur system- och säkerhetssynpunkt dimensionerade perioden är när bränsle tillförs anläggningen, dvs under perioden 1985-2015. Då är dels bränslets aktivitetsinnehåll och resteffekt störst, dels utförs de flesta bränsleförflyttningarna, varvid risken för missöden är störst. Sålunda har merparten av missödesanalysen i CLABs säkerhetsrapport /5/ ägnats åt detta skede. De förändringar i tidplanen som studeras i denna rapport påverkar inte säkerheten vid mottagningen i CLAB.

Under mellanlagringsperioden sker normalt ingen bränslehantering, utan bränslet lagras i kassetter i CLABs förvaringsbassänger. Omflyttningar av kassetterna mellan förvaringsbassängerna kommer dock att bli aktuella i samband med underhåll av bassängerna.

De missöden som analyserats för mellanlagringsskedet är av typen

- Brand
- Hanteringsmissöden
- Långvarig förlust av bassängkylning och spädvattenmatning
- Yttre påverkan och jordbävning

Vid analysen har använts aktivitets- och resteffektförhållanden från ett tidigt skede. Vid en förlängd mellanlagring leder det minskade aktivitetsinnehållet och den minskade resteffekten till att situationen blir fördelaktigare.

När bränslet skall föras till slutförvaring, kommer kassetterna att transporteras upp till mottagningsbyggnaden och bränslet föras över till transportbehållare. Tillvägagångssättet blir i princip omvänt mot mottagning av bränsle. En förändring av tidplanen för urlastning ur CLAB kan ge en påverkan på stråldoserna. Som framgår av tabell 4-1 är γ-strålkällan 50% större resp 80% lägre vid uttransport efter 25 resp 100 år jämfört med strålkällan vid uttransport efter 40 års mellanlagring. Strålkällan är dock lägre än vid inlastning av bränslet. Används samma trans-

portbehållare som vid transporterna till CLAB blir stråldoserna till personalen således mindre än under inlastningsskedet.

På samma sätt blir konsekvenserna av ett missöde vid uttransport mindre än vid intransport. De nuklider som är dominanta vid ett missöde är Kr-85 och Cs-137 med 11 resp 30 års halveringstid.

I ovanstående överväganden har förutsatts att bränslets integritet inte försämrats. Som angavs i avsnitt 4.1 är det sannolikt att 100 års mellanlagring kan ske utan problem. Uppföljning av bränslet i CLAB kommer att ge möjlighet att successivt verifiera detta antagande.

Vidare har det förutsatts att CLABs olika system och bassänger alltjämt är av god klass. Detta åstadkommes genom normala underhållsinsatser och utbyte av komponenter. Vid drift av CLAB i över 100 år får man räkna med att successivt behöva byta ut huvuddelen av hanterings-, process-, el- och kraftsystemen. Detta innebär även att ny teknik kommer att införas efter hand i CLAB.

4.2.2 Transporter

Säkerheten vid transporter av använt bränsle baseras i första hand på transportbehållaren. Denna är utformad, så att den ger erforderligt strålskydd och utgör en läcktät barriär mellan det använda bränslet och omgivningen, såväl vid normal hantering som i samband med missöden och haverier. Behållaren skall dessutom vara utformad så att bränslet erhåller erforderlig kylning. Kraven på transportbehållaren är definierade i IAEAs transportrekommendationer.

De transportbehållare som används i det svenska transportsystemet är dimensionerade för transport av använt bränsle mindre än ett år efter uttag ur reaktorn. Används samma behållare även vid transporterna från CLAB till slutförvaret är de säkerhetsmässiga förhållandena fördelaktigare på grund av radioaktivitetens och resteffektens avklingning. Alternativt kommer nya transportbehållare att användas som har större kapacitet. Dessa utformas, så att de uppfyller kraven enligt IAEAs regler och ger därmed erforderligt skydd.

4.2.3 Inkapsling av använt bränsle

Inkapslingsanläggningen för använt bränsle omfattar en mottagningsdel, en station för inkapsling av bränslet, en uttransportdel, som ansluter till slutförvaret och en station för betongingjutning av härdkomponenter, bl a BWR-bränsleboxar.

Hanteringen i mottagningsdelen liknar i sina väsentliga delar förhållandena i CLAB och de säkerhetsöverväganden som gjorts ovan för CLAB är även tillämpbara här.

I inkapslingsstationen förses bränslet med en kopparkapsel. Två processer finns beskrivna i KBS-3, blyfylld kapsel med svetsat lock och het isostatpressad kapsel.

Hanteringen sker fjärrmanövrerat i olika celler med betongstrålskydd. Den övervakas via strålskärmade fönster från manöverrum. Behovet av strålskärmning bestäms av γ- och neutronkällstyrkan hos bränslet. En tidig inkapsling ökar kravet på strålskärmning. Flyttas tidpunkten för inkapsling från 40 till 25 år efter uttag ökar γ- resp neutronkällstyrkan med 50 resp 70%. För att kompensera för detta behöver betongväggarna göras 5-6 cm tjockare.

I KBS-3 har missöden i samband med inkapslingen analyserats. Dessa är dels av typen hanteringsmissöden, dels problem pga överhettning i ugnarna. I ingetdera fallet erhålles några konsekvenser av betydelse för omgivningen ($< 3\mu Sv$). En tidigareläggning av inkapslingen med 15 år innebär att innehållet av nuklider av intresse för dessa beräkningar ökar med cirka en faktor 2 (Kr-85, Cs-137). Denna ökning kan försummas i sammanhanget.

Vid uttransport hanteras det inkapslade bränslet i en strålskärm. Dimensioneringen av strålskärmen anpassas till bränslets strålnivå, varigenom personaldoserna inte påverkas.

Även vid betongingjutningsstationen för härdkomponenter innebär en tidigareläggning av inkapslingen att betongväggarnas tjocklek behöver ökas. Då strålkällan här domineras av Co-60 innebär en tidigareläggning med 15 år att strålskärmsväggar behöver göras 15 cm tjockare.

4.2.4 Deponering av kapsel med använt bränsle

Liksom för inkapslingsstationen blir den enda påverkan av en ändrad deponeringstidpunkt på hanteringen i samband med deponering, att strålskärmen kring kapseln ändras. Därigenom påverkas inte personaldoserna.

Tänkbara missöden i samband med deponeringen är genomgående mindre allvarliga ur omgivningssynpunkt än missöden vid inkapslingen.

4.2.5 Slutförvaring

Den långsiktiga säkerheten för slutförvaret för använt bränsle är baserad på funktionen hos de barriärer, som omger bränslet, kopparkapseln, bentonitbufferten och berget. Innan någon aktivitet kan komma ut från bränslet, måste kopparkapseln penetreras. Enligt bedömningen i KBS-3 kan kapslarna konstrueras så att de håller i minst en miljon år. Aktivitetsinnehållet i bränslet vid denna tidpunkt är oberoende av när bränslet deponerats.

Det återstår då att bestämma om deponeringstidpunkten kan påverka barriärernas funktion. De två effekter som skulle kunna ha en påverkan är:

kapselns värmeutveckling
kapselns γ- och neutronstrålning

I KBS-3 har mängden bränsle per kapsel och förvarets geometriska utformning valts, så att temperaturen i slutförvaret överallt skall ligga väl under 100°C. Denna temperaturbegränsning har införts för att säkerställa att bentonitleran inte undergår kemiska förändringar, som skulle kunna påverka dess funktion på lång sikt. Samtidigt leder temperaturbegränsningen till att de värmeinducerade spänningarna i bergmassan blir måttliga.

Vid en ändring av deponeringstidpunkten ändras bränslets resteffekt. För att detta inte skall leda till ändrade värmeförhållanden i slutförvaret kan man ändra antalet bränsleelement i varje kapsel. Som framgår nedan måste antalet BWR-bränsleelement minskas från 8 till 7 per kapsel om deponeringen tidigareläggs från 40 till 25 år efter uttag ur reaktorn. Senareläggs deponeringen till 100 år efter uttag kan innehållet i en kapsel ökas till 16 BWR-element.

Neutron- och γ-strålningen från kapseln kan leda till radiolys av vattnet utanför kapseln, varvid väte och oxidanter bildas. Närvaron av oxidanter kan leda till att kopparn oxideras. Med 10 cm tjock kopparkapsel är strålkällan dock så svag, att radiolysen endast ger en liten påverkan på kopparns livslängd. En ändrad deponeringstidpunkt med åtföljande ändrad källstyrka har således ingen säkerhetsmässig effekt.

En ökning av antalet bränsleelement i en kapsel skulle teoretiskt kunna öka risken för kriticitet i slutförvaret. En analys av de kriticitetsbedömningar som gjorts i KBS-3 visar, att en ökning till 16 BWR-element per kapsel inte ger någon ökad kriticitetsrisk.

En ökning av antalet bränsleelement per kapsel leder till att aktivitetsinnehållet i en kapsel ökar. Detta påverkar förvarets långsiktiga säkerhet på följande sätt. Utsläppet av radionuklider från närområdet till geosfären efter kapselgenombrott består

av två fraktioner, en långsam som släpps ut i takt med bränslets matrisupplösning och en snabb direkt efter kapselgenombrottet. Den förra påverkas inte av mängden bränsle i en kapsel, medan den senare är direkt proportionell mot mängden bränsle. I centralfallet i KBS-3 bedöms den momentant frigjorda fraktionen bidra med ca 50% av individdosen. En fördubbling av antalet bränsleelement per kapsel ger således maximalt en ökning av beräknad individdos med 50%. Denna ökning påverkar inte bedömningen av förvarets långsiktiga säkerhet.

4.3 SAMMANFATTNING AV SÄKERHETSASPEKTER

Radioaktiviteten i det använda bränslet och därmed sammanhängande egenskaper, resteffekt och strålkällstyrka avtar med tiden. Ändringar av tidplaner för hanteringen av det använda bränslet kan därmed få en inverkan på säkerheten. En genomgång av förutsättningarna i de olika hanteringsstegen i KBS-3-systemet visar, att de ändrade förhållandena enkelt kan kompenseras med tekniska åtgärder, såsom ändrad strålskärmstjocklek och ändrad mängd bränsle per kapsel. Några effekter som kommer att få en avgörande betydelse för säkerheten har inte identifierats. Detta gäller såväl vid en tidigarelagd som en senarelagd deponering. Hur länge deponeringen kan skjutas framåt i tiden kommer i första hand att bestämmas av underhållsbehovet för CLAB och av bränslets integritet. Det bedöms sannolikt att en mellanlagring i 100 år kan ske utan problem.

I detta kapitel har bedömningen av förvarssystemets säkerhet endast gjorts utifrån det kunnande vi har idag. Det är sannolikt att de kommande årens forskning kommer att ge kunskaper som ger nya möjligheter att utforma förvaret och barriärsystemet. Vidare kommer dataunderlag och modeller att utvecklas så att förbättrade metoder för analys av speciellt den långsiktiga säkerheten kan användas. Dessa faktorer kan inte kvantifieras idag men kommer allmänt att leda till ett bättre bedömningsunderlag för förvarets säkerhet.

5 EXEMPEL PÅ TIDPLANEFÖRÄNDRINGAR

5.1 ALLMÄNT

Av det föregående framgår att det främst är planeringsaspekter och inte säkerhetsaspekter som bestämmer, vilka möjligheter som finns att ändra i huvudtidplanen för hantering av använt bränsle.

Den gällande tidplanen baseras som nämnts på följande förutsättningar.

Reaktorerna drivs till	2010
Bränsle mellanlagras i CLAB	1985-2050
Bränsle inkapslas	2020-2050
Bränsle deponeras	2020-2050
Förvaret tillsluts	2055

Tidplanen innebär att inkapsling och deponering sker i genomsnitt ca 40 år efter deponering.

Med nuvarande planer är endast tidpunkten för när bränsle skall börja föras till CLAB låst. Övriga tidpunkter kan varieras i förhållande till den grundläggande tidplanen. Dessa är:

- start av inkapsling
- start av deponering
- förslutning av förvaret

Vidare kan drifttiden för de olika anläggningarna varieras genom en ökning eller minskning av kapaciteten.

I den grundläggande tidplanen antages inkapsling ske i direkt anslutning till deponeringen och deponeringstunnlarna försluts successivt, varefter hela slutförvarsanläggningen försluts, när allt avfall deponerats. Det är dock möjligt att frikoppla dessa aktiviteter från varandra, så att t ex inkapsling sker tidigt, kapslar mellanlagras och sedan deponeras sent.

I det följande ges exempel på några olika tidplaneändringar och vilka konsekvenser de ger.

5.2 FÖRSKJUTNING AV INKAPSLINGS- OCH DEPONERINGSTIDPUNKTEN

Den enklaste tidplaneändringen är att enbart mellanlagringstiden i CLAB och därmed starttidpunkten för inkapsling förändras, men att inkapsling och deponering sker parallellt som i normalfallet. En sådan förändring ställer inte krav på några nya tekniska lösningar jämfört med KBS-3-systemet. Enda skillnaden blir att antalet bränsleelement per kapsel behöver ändras och därmed även kapseldimensionerna.

Den tidigast möjliga tidpunkten för deponering är enligt analysen i kapitel 3 år 2005, dvs 15 år tidigare än i normalfallet. Den senaste rimliga tidpunkten för start av deponering kommer i första hand att bestämmas av underhållsbehovet för CLAB och av bränslets långsiktiga integritet. Ett hundra års mellanlagring bedöms tekniskt möjlig.

I kapitel 6 analyseras de tekniska och kostnadsmässiga konsekvenserna av tidplaneförskjutningar enligt ovan.

I dessa beräkningar förutsätts mellanlagringen konsekvent ske i CLAB. Om man bestämmer sig för en sen deponering kan en successiv övergång till torr mellanlagring vara att föredra framför utbyggnad av CLAB etapp 2. Vid torr mellanlagring, t ex i bränslebehållare, erhålles sannolikt en minskning av driftkostnaderna. Huruvida denna minskning uppväger de ökade investeringskostnaderna har inte analyserats här.

5.3 ÄNDRAD DRIFTTID VID INKAPSLING OCH DEPONERING

Hanteringen vid inkapslings- och slutförvaringsanläggningen är i normalfallet dimensionerad, så att den motsvarar intransportkapaciteten i CLAB, dvs ca 300 tU/år. Därigenom kommer huvuddelen av bränslet att få samma ålder vid deponeringstidpunkten. Genom att öka antalet inkapslingspositioner och genom att övergå till tvåskiftsdrift för vissa kritiska moment kan inkapslings- och deponeringskapaciteten ökas och därigenom drifttiden göras kortare. En översiktlig analys visar, att en minskning av drifttiden till hälften ger en minskning av totalkostnaden för inkapsling och deponering med ca 500 MSEK. Då en förkortning av drifttiden kan genomföras oberoende av när inkapslingen sker, är effekten av åtgärden inte nämnvärt beroende av ändringar i huvudtidplanen. Alternativet analyseras därför ej vidare här.

5.4 INKAPSLING SEPARERAD FRÅN DEPONERING

I referensfallet förutsätts, att inkapslingsanläggningen ligger i omedelbar anslutning till slutförvaret och att inkapsling och deponering sker parallellt. Detta innebär att den tidigaste tidpunkt, när en inkapslingsanläggning kan byggas är när platsen för slutförvaret har valts, dvs tidigast 2005.

Alternativt skulle inkapslingsanläggningen kunna byggas invid CLAB. Förberedelserna för en sådan anläggning skulle då kunna starta nu och anläggningen skulle teoretiskt kunna tas i drift omkring 1995. Detta förutsätter, att inkapslingsmetoden väljs och blir godkänd, innan förhållandena på den slutliga förvaringsplatsen är kända. Tidplanen medger i detta fall inga studier av alternativ utan medför att KBS-3-konceptet tillämpas.

Start av inkapsling före år 2000 medför att etapp 2 i CLAB inte behöver byggas men i stället ett mellanlager för inkapslat bränsle. Vidare kan CLAB stängas av tidigare, då allt bränsle kapslats in efter ca 30 år. Bränslekapslarna behålls i mellanlager, tills de skall föras till slutförvaret. För transporten av kapslar till slutförvaret kan något enklare transportbehållare användas än vad som behövs för använt bränsle. Transportkapaciteten blir dock lägre pga att en kapsel rymmer mindre mängd bränsle än en bränsletransportbehållare. Vidare kan mottagningsstationen vid slutförvaret göras enklare.

Detta alternativ kan således ur totalkostnadssynpunkt ha vissa fördelar, men det innebär samtidigt en tidigareläggning av investeringarna. Alternativet har dessutom en rad nackdelar ur andra synpunkter, främst att man låser sig för en typ av kapsel i ett tidigt stadium och att man därmed inte får möjlighet att utnyttja resultat från studier av alternativa material och andra slutförvarsutformningar. Av detta skäl analyseras alternativet inte ytterligare här.

5.5 SENARELAGD FÖRSLUTNING

En senareläggning av deponeringstidpunkten innebär, att man kan placera flera bränsleelement i en kapsel utan att ändra temperaturförhållandena i bentonit och berg. En liknande effekt kan erhållas genom att tunnelsystemet hålls öppet under deponeringsperioden och en tid därefter och att värmen aktivt kyls bort via ventilationsluften. En översiktlig bedömning har gjorts av vad detta skulle innebära för fallet att deponering påbörjas år 2005. Det framgår, att man med enkla medel kan öka bränslemängden per kapsel till samma mängd som för deponering år 2020, om tunnelsystemet kyls via ventilationen i 15-20 år efter avslutad deponering.

Under den tid förvarstunnlarna står öppna kommer en del vatten att tas upp av bentoniten i deponeringshålen, varvid bentoniten börjar svälla. För att förhindra detta måste hålen blockeras uppåt med stämpar, som förmår ta upp bentonitens svälltryck. En preliminär sammanvägning av kostnaderna för stämpar, ventilation och förlängt öppethållande mot vinster i form av färre kopparkapslar och mindre slutförvarsutrymme visar att ett öppet ventilerat förvar torde bli några hundra MSEK billigare. Då denna metod kan tillämpas oberoende av när deponeringen sker och således inte är nämnvärt beroende av ändringar i huvudtidplanen analyseras den ej vidare här.

6 KOSTNADER

6.1 ALLMÄNT

I detta kapitel analyseras hur kostnaderna för att ta hand om det använda bränslet påverkas av en förändring av huvudtidplanen. Målsättningen har varit att försöka få fram en renodlad tidspåverkan. För att uppnå detta har beräkningarna utförts för tre likvärdiga fall, vilka alla utgår från KBS-3-systemet.

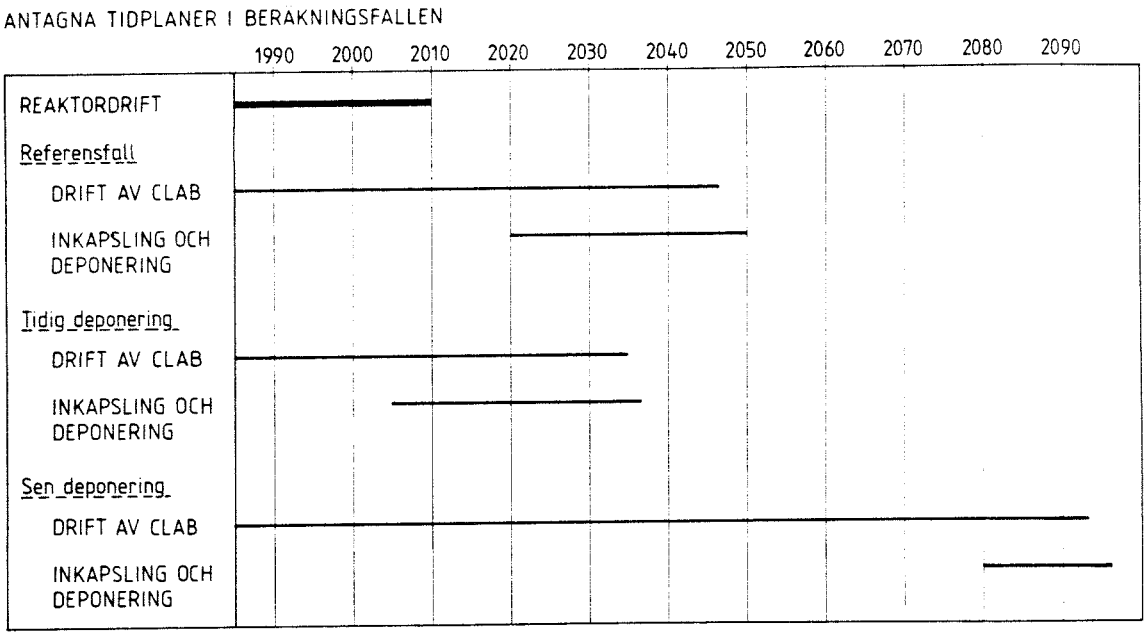
I verkligheten kommer en förändring av tidplanen att leda till att man får en annan utgångspunkt för optimeringen av slutförvarssystemet. En noggrann analys av vilka följder det skulle ge ligger dock utanför ramen för denna rapport.

En förändring av tidplanen innebär även att förutsättningarna för slutförvarets utformning förändras i och med att den allmänna kunskapsnivån kommer att förändras. En tidig deponering innebär t ex, att man låser slutförvarsutformningen i ett så tidigt skede, att man inte kan tillgodoräkna sig resultat från forsknings- och utvecklingsarbete i Sverige och utomlands, som syftar till att, vid bibehållen säkerhetsnivå, förenkla och därmed förbilliga slutförvarssystemet.

På samma sätt kommer en sen deponering sannolikt att göra det möjligt att tillgodoräkna sig resultat från den allmänna tekniskt/vetenskapliga utvecklingen. I en studie av det här slaget har det inte varit möjligt att bedöma, vilka effekter på kostnaden för slutförvarssystemet dessa tidsberoende faktorer kommer att få. Rent generellt torde man dock kunna konstatera, att de bör leda till lägre kostnader.

De tre fall, för vilka kostnadsberäkningar genomförts, är

- Referensfall, start av deponering år 2020
- Tidig deponering, start år 2005
- Sen deponering, start år 2080



Figur 3-6. Tidplaner för beräkningsfallen.

I det följande beskrivs, vilka tekniska och ekonomiska konsekvenser en ändrad tidplan får för de tre fallen. De använda tidplanerna visas översiktligt i figur 6-1.

För en detaljerad beskrivning av anläggningarna hänvisas till KBS-3 /2/ och PLAN 85 /1/.

6.2 BESKRIVNING BERÄKNINGSFALLEN

6.2.1 Temperatureffekter

Kostnadsberäkningar har utförts för tre fall, som skiljer sig åt främst genom att deponeringstidpunkten ändras. I samtliga fall har utgångspunkten varit KBS-3-systemet. Den viktigaste skillnaden vid en förändring av deponeringstidpunkten är att bränslets resteffekt ändras. För att kompensera för detta ändras i kostnadsberäkningarna antalet bränsleelement per kapsel på ett sådant sätt att den termiska belastningen på lerbuffert och berg blir likvärdig i samtliga tre fall.

I referensfallet, start av deponering år 2020, dvs efter i genomsnitt 40 års mellanlagring, kan 8 BWR-bränsleelement eller 2 PWR- och 2 BWR-bränsleelement i genomsnitt placeras i varje kapsel.

Med denna dimensionering blir maximala temperaturökningen i lerbufferten ca 60°C. Vid deponeringsstart år 2005, efter i genomsnitt 27 års mellanlagring, måste man minska kapselinnehållet med ett BWR-element för att temperaturökningen skall bli densamma. Vid deponeringsstart år 2080 efter 100 års mellanlagring kan antalet bränsleelement per kapsel ökas till 16 BWR- eller motsvarande antal PWR-element. För att detta skall rymmas i kapseln ökas kapselns ytterdiameter från 0.8 till 1.0 m. Den positiva effekt som därvid erhålles av en större värmeöverförande yta har tillgodoräknats i beräkningen.

Vid beräkningen av temperaturökningen har för referensfallet och vid tidig deponering slutförvaret utformats i två plan med 100 meters nivåskillnad, såsom exemplifierats i KBS-3. Vid den sena deponeringen, då bränslemängden per kapsel fördubblats, har beräkningen utförts för ett enplansförvar med samma yta som tvåplansförvaret i referensfallet.

I tabell 6-1 sammanställs de viktigaste data som påverkar temperaturberäkningen för de tre fallen. Data ges enbart för BWR-element med medelutbränningen ca 30 000 MWd/tU. Beräkningarna har genomförts med både BWR- och PWR-bränsle.

Tabell 6-1. Temperaturberäkningsdata.

		Referens-fall	Tidig deponering	Sen deponering
Resteffekt, vid deponering	W/tU	580	710	290
Antal BWR-element/kapsel		8	7	16
Kapseldiameter	m	0.8	0.8	1.0
Avstånd mellan hål	m	6	6	6
Avstånd mellan tunnlar	m	33	33	33
Förvarsutformning		tvåplan	tvåplan	enplan
Förvarsarea (teoretisk)	km^2	0.6	0.7	0.6
Maximal temp ökning	°C	62	62	62

6.2.2 Referensfallet

I referensfallet påbörjas deponering år 2020. Detta har följande konsekvenser för dimensionering och driften av de olika delarna av sluthanteringssystemet.

CLAB

CLAB dimensioneras för totala mängden bränsle, dvs 7 600 ton. Detta innebär att etapp 2, som skall tas i drift omkring 1997, behöver utrustas med 6 bränslebassänger (plus en härdkomponentbassäng). I referensfallet drivs CLAB från 1985 tills sista bränslet deponeras år 2046. Totala drifttiden blir således 62 år.

Transporter

Det totala transportbehovet kommer i alla skeden att kunna uppfyllas med ett fartyg.

Behandlingsstation, BS

Behandlingsstationen är lokaliserad i anslutning till slutförvaret. Den är dimensionerad för en inkapslingskapacitet om 210 kopparkapslar/år, vilket med 8 BWR-element per kapsel motsvarar ca 300 tU/år. Med denna inkapslingstakt kommer allt bränsle att bli inkapslat på 26 år, totalt erhålles 5 560 kapslar.

Slutförvaret för använt bränsle, SFL 2

Deponeringen av kopparkapslarna kommer att ske i samma takt som inkapslingen och kommer således att pågå i 26 år. Därefter förslutsförvaret.

Slutförvar för annat långlivat avfall, SFL 3-5

Parallellt med deponeringen av använt bränsle pågår deponering av härdkomponenter, långlivat avfall från Studsvik och driftavfall från CLAB och behandlingsstationen. Efter rivning av CLAB och behandlingsstationen deponeras rivningsavfallet.

6.2.3 Tidig deponering

I detta fall sker första deponering redan 2005, dvs innan allt bränsle har förts till CLAB, vilket innebär att CLABs utbyggnad kan göras mindre. Eventuellt kan en utbyggnad av CLAB helt undvi-

kas genom att utnyttja lagringskapaciteten vid kärnkraftverken och/eller införa tätpackning i CLAB. Så antas dock ej ske här.

I beräkningen antages inkapslings- och deponeringstakten vara lika som i referensfallet, dvs 210 kopparkapslar/år. Då antalet bränsleelement per kapsel minskas, innebär detta att den totala deponeringstiden blir längre.

CLAB

Under perioden 2005-2015 sker parallellt bränsletransporter från CLAB till BS respektive från kärnkraftverken till CLAB. Detta innebär att CLAB kan minskas med 3 000 tU jämfört med referensfallet. Etapp 2 behöver då endast omfatta 2 bränslebassänger (och en mindre härdkomponentbassäng). CLAB kommer i detta fall att vara i drift från 1985 till 2034, dvs totalt 50 år.

Transporter

Under perioden 2005-2020 ökar transportbehovet jämfört med i referensfallet pga de parallella bränsletransporterna. För att klara det ökade behovet införskaffas en extra omgång transportbehållare för använt bränsle.

Behandlingsstationen, BS

Inkapslingskapaciteten är 210 kapslar/år, vilket med 7 BWR-element per kapsel motsvarar ca 260 tU/år. Detta innebär att drifttiden för behandlingsstationen ökar med knappt 4 år till ca 30 år. Totalt erhålles 6 350 kapslar. Kapslarna har samma dimension som i referensfallet och är därför identiska ur hanteringssynpunkt. Den något högre strålnivån kompenseras för genom tjockare betongväggar kring de heta cellerna och kraftigare hanteringsstrålskydd.

Slutförvaret för använt bränsle, SFL 2

På grund av att antalet kapslar ökar blir drifttiden för slutförvaret knappt 4 år längre än i referensfallet och slutförvaret något större. Däremot bibehålls avståndet mellan deponeringshålen och mellan tunnlarna.

Slutförvar för annat långlivat avfall

Minskar något på grund av minskad mängd driftavfall och rivningsavfall från CLAB.

6.2.4 Sen deponering

Som exempel på en sen deponering har valts start år 2080, dvs efter ca 100 års mellanlagring av bränslet. Motsvarande mellanlagringstider diskuteras även utomlands, t ex i Storbritannien. I beräkningsexemplet antas mellanlagringen hela tiden ske i CLAB.

CLAB

CLAB dimensioneras som i referensfallet, dvs för 7 600 ton bränsle. När allt bränsle har transporterats från kärnkraftverken till CLAB, omkring år 2015, kommer driftförhållandena vid CLAB att ändras, såtillvida att enbart lagring kommer att ske där. Antalet bränsleförflyttningar kommer som nämnts att bli begränsat under detta skede och endast vara motiverade av underhållsarbete i bränslebassängerna. Under lagringsskedet, som varar till 2080, kan CLABs personal reduceras med ca 30%. När uttransport av bränsle påbörjas, ökas personalen ånyo. Uttransporter kommer att ske under perioden 2080-2093.

Totala drifttiden för CLAB blir i detta fall drygt 100 år. Vid en så lång drifttid får man räkna med ett successivt ökande behov av underhåll och utbyte av komponenter. För att få en uppfattning om hur mycket behovet ökar har en genomgång gjorts av vilka åtgärder som sannolikt behöver vidtagas. Denna visar att byggnader, betongkonstruktioner m m med lämpligt underhåll kan förväntas fungera i över hundra år. Läckage kommer troligen att uppstå i bassängplåtarna, varvid reparationer kommer att krävas. Huvuddelen av hanterings-, process-, el- och kraftsystemen måste bytas ut en eller flera gånger. Detta återspeglas i att en ökad kostnad för reinvesteringar tas upp i kostnadsberäkningarna.

Transporter

Vid sen deponering kommer inga bränsletransporter att ske under perioden 2015-79. Under perioden därefter blir transportflödet intensifierat jämfört med i referensfallet. För att klara det ökade behovet införskaffas en extra omgång transportbehållare för använt bränsle. Utnyttjandet av transportsystemet under mellanperioden kommer att bli beroende av tidplanen för rivning av kärnkraftverken.

Behandlingsstationen, BS

Liksom i övriga fall användes inkapslingskapaciteten 210 kapslar/år, vilket med 16 BWR-element per kapsel motsvarar ca 600 tU/år. Totalt erhålles ca 2 780 kapslar, vilka framställs på drygt 15 år. Kapseln är i detta fall större än i referensfallet.

Den har ytterdiametern 1 m och väger ca 30 ton mot 0.8 m resp 20 ton i referensfallet. Detta ger en mindre påverkan på dimensioneringen av byggnad och hanteringsutrustning.

Den ökade inkapslingstakten innebär att en större mängd bränsle behöver tas emot och hanteras. För att klara denna ökning tillgrips 2-skift för vissa moment i hanteringskedjan. Vidare utökas kapaciteten i buffertbassängen och inkapslingsdelen utökas med en ugn.

Efter 100 år har strålnivån på härdkomponenter, t ex bränsleboxar, avtagit kraftigt, vilket innebär att dessa kan packas effektivare. Antalet betongkokiller minskar för detta fall med ca 30%.

Slutförvar för använt bränsle, SFL 2

Slutförvaret utformas som ett enplansförvar. För att hantera de något större och tyngre kapslarna görs mindre ändringar i schakt-, tunnel- och håldimensioner. Det minskade antalet kapslar gör, att totala tunnellängden minskar, eftersom avståndet mellan deponeringshålen bibehålles från referensfallet.

Slutförvar för annat långlivat

Tidplanen för dessa anläggningar förskjuts analogt. Avfallsmängden ökar något på grund av den ökade drifttiden för CLAB.

6.2.5 Kostnadsposter som ej tas med

I SKBs årliga redovisning /1/ till SKN av de totala framtida kostnaderna för kärnkraftens radioaktiva restprodukter tas även kostnader för SKBs forsknings- och utvecklingsverksamhet upp samt kostnader för rivning av kärnkraftverken och för deponering av reaktoravfall och rivningsavfall i SFR. Dessa kostnadsposter har inte analyserats i denna studie.

För slutförvaret för reaktoravfall, SFR 1, gäller att det inte finns någon nämnvärd koppling till tidplanen för hantering av använt kärnbränsle. Detta gäller även för tidpunkten när kärnkraftverken skall rivas och rivningsavfallet tas om hand. När man överväger en sen deponering av använt bränsle, kan det dock finnas skäl att även överväga en sen rivning.

Posten forskning och utveckling har däremot en viss koppling till tidplanen. Vid en tidig deponering behöver vissa insatser intensifieras och ett visst parallellarbete blir nödvändigt, vilket kan höja FoU-kostnaderna. Samtidigt innebär den pressade tid-

planen att färre studier av alternativa platser och systemutformningar hinns med, vilket innebär minskade kostnader totalt. Ett sannolikt resultat av FoU-arbete är emellertid att deponeringssystemet kan förenklas och kostnaden minskas. Detta innebär att de högre FoU-kostnaderna som erhålls i referensfallet sannolikt kompenseras av lägre kostnader på systemsidan. I denna studie har det dock inte ansetts motiverat att kvantifiera dessa kostnadsförändringar, och därför har ej heller skillnader i FoU-kostnader beaktats.

I redovisningen till SKN ingår även kostnader förknippade med upparbetning. De har emellertid inte beaktats här, utan allt bränsle har i denna studie förutsatts bli direktdeponerat.

6.3 RESULTAT FRÅN KOSTNADSBERÄKNINGARNA

6.3.1 Totala kostnader

Kostnadsberäkningarna har utförts i prisnivån januari 1985, dvs samma som i PLAN-85. I tabell 6-2 ges en sammanställning av de totala framtida kostnaderna fr o m 1986 för de delar av avfallshanteringssystemet som påtagligt påverkas av en förändrad tidplan för hanteringen av använt bränsle. Kostnaderna är angivna i 85 års penningvärde utan diskontering.

Tabell 6-2. Totala framtida kostnader för hantering av använt bränsle m m. Prisnivå januari 1985 (MSEK)

Objekt	Referensfall (2020)	Tidig deponering (2005)	Sen deponering (2080)
CLAB	5 000	3 900	7 500
Transporter 1)	1 600	1 600	1 500
SFL-BS GA	3 400	3 600	2 900
BS	5 000	5 400	4 000
SFL 2	3 700	4 200	2 500
SFL 3-5	600	600	500
Totalt	19 300	19 300	19 000

1) Inkluderar även kostnader för transport av rivningsavfall från kärnkraftverken, ca 200 MSEK.

De totala kostnaderna i fast penningvärde för sluthantering av använt bränsle påverkas som synes endast obetydligt av tidplanen. Detta beror i första hand på att ökade driftkostnader för CLAB vid en förlängning av mellanlagringsperioden kompenseras av minskade kostnader för inkapsling och deponering på grund av att antalet kapslar kan minskas.

6.3.2 Kostnadernas tidsmässiga fördelning

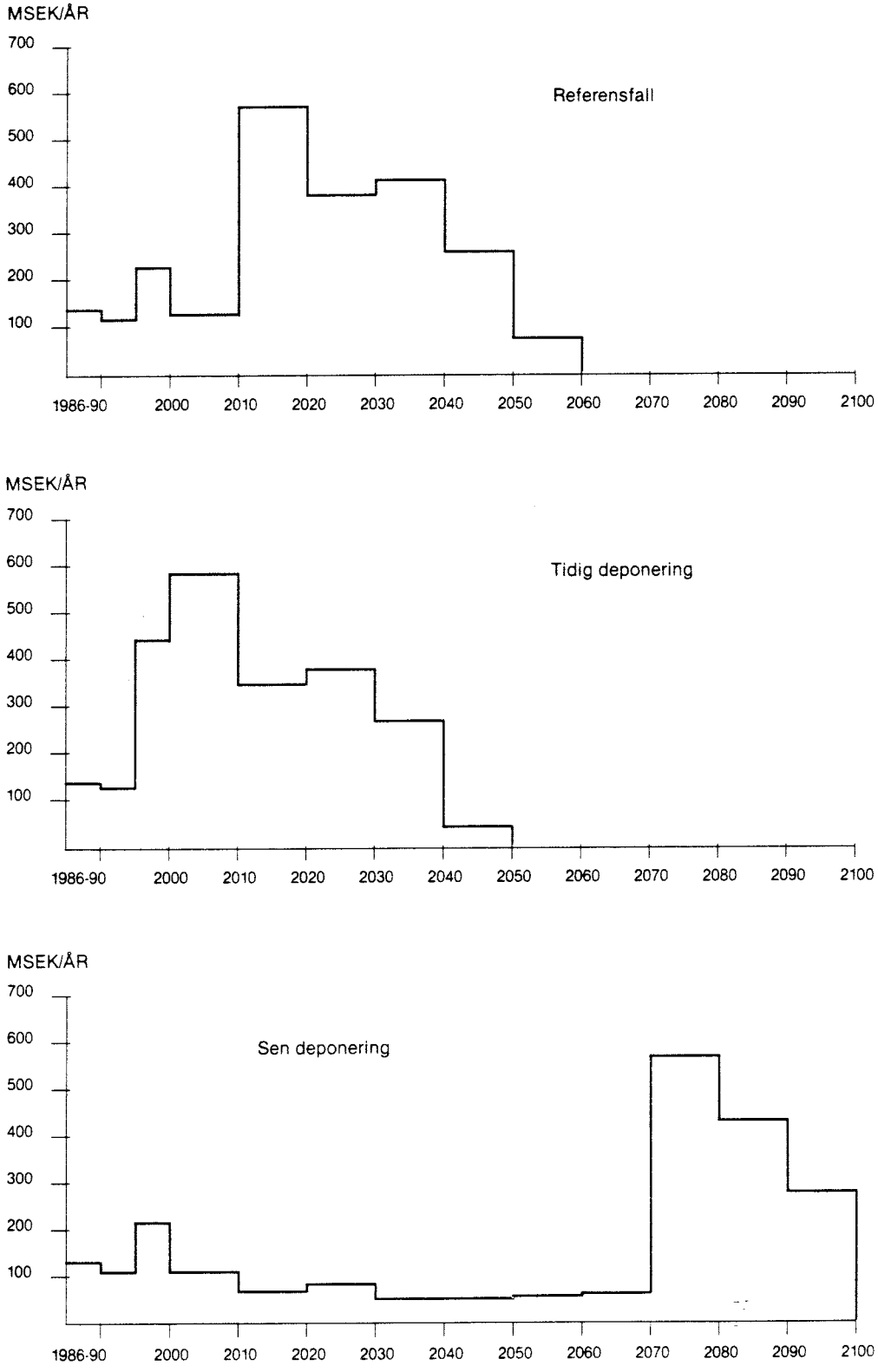
I tabell 6-3 och figur 6-2 visas hur kostnaderna fördelar sig i tiden för de tre fallen.

Tabell 6-3. Fördelning i tiden av framtida kostnader för de tre beräkningsfallen (MSEK).

År	Centralfall (2020)	Tidig deponering (2005)	Sen deponering (2020)
1986-89	520	520	520
1990-94	550	560	540
1995-99	1 090	2 160	1 080
2000-talet	1 170	5 750	1 060
2010-talet	5 580	3 420	620
2020-talet	3 680	3 780	770
2030-talet	3 410	2 690	450
2040-talet	2 570	410	450
2050-talet	720	0	500
2060-talet	0	0	550
2070-talet	0	0	5 550
2080-talet	0	0	4 180
2090-talet	0	0	2 710
Totalt fr o m 1986	19 300	19 300	19 000

6.3.3 Inverkan på avgiften

Även om de totala kostnaderna i fast penningvärde inte skiljer sig nämnvärt mellan de tre fallen gör skillnaderna i kostnadernas fördelning i tiden att en ändrad tidplan skulle få inverkan på avgiften för att täcka de framtida kostnaderna för kärnkraftens radioaktiva restprodukter.



Figur 6-2. Årsvisa kostnader för de tre beräkningsfallen.

En senareläggning av deponeringstidpunkten innebär att förräntningen på fonderade medel blir betydande. Vid 2,5% realränta innebär en förskjutning från 2020 till 2080 av start av deponering att kostnaden per kWh för att ta hand om det använda bränslet minskar med ca 0,4 öre/kWh från 1,0 öre/kWh till 0.6 öre/kWh (räknat på de framtida kostnaderna). Förändringen av kostnaden per kWh sammansätts av en liten ökning för CLAB-delen och en minskning med en faktor fem på slutförvarsdelen.

En tidigareläggning av startpunkten för deponering från 2020 till 2005 motsvarar på samma sätt en kostnadsökning på ca 0,2 öre/kWh.

I detta sammanhang har endast kostnader förknippade med hantering och deponering av använt bränsle beaktats. I underlaget för avgift ingår även kostnader för FoU, rivning samt upparbetning.

7 DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Gällande tidplan för hantering av använt kärnbränsle är baserad på att det använda bränslet deponeras ca 40 år efter uttag ur reaktorerna med början år 2020. Denna tidplan bedöms rimlig med hänsyn till tidsåtgången för de olika åtgärder som behöver vidtagas, innan slutförvaringen påbörjas och till tidsutsträckningen av det svenska kärnkraftsprogrammet.

I denna utredning har konsekvenser av ändringar i tidplanen belysts ur olika aspekter, planering, säkerhet och ekonomi.

Resultatet visar att den tid som behövs för att välja ut och karaktärisera slutförvarsplatsen i första hand är styrande för hur tidigt man kan påbörja en deponering. År 2005 bedöms vara den tidigaste rimliga tidpunkten för start av deponering. Den förutsätter att slutförvarsplatsen väljs ut, så att en tillståndsansökan för lokalisering kan lämnas in 1995.

Det torde emellertid inte vara lämpligt att forcera tidplanen så hårt. Den tillgängliga tiden för FoU-arbete och för studier av alternativa utformningar av slutförvaret blir då så kort att den inte medger att man på ett tillfredsställande sätt kan utnyttja resultaten från planerat forsknings- och utvecklingsarbete för en optimering av systemet.

Bibehålles den gällande tidplanen med start av deponering år 2020 ges dels möjlighet till att utöka dataunderlaget samt utveckla förbättrade modeller och metoder för att utvärdera slutförvarssystemet, dels att effektivt tillvarata teknikutvecklingen, såväl i Sverige som i övriga kärnkraftsländer. Detta innebär, att slutförvarssystemet med bibehållen säkerhetsnivå sannolikt kan göras enklare och till lägre kostnad.

Det är även möjligt att senarelägga starttidpunkten för deponering ytterligare. Politiska och ekonomiska faktorer kommer att bli avgörande för när deponeringen skall ske.

En förändring av tidplanen får inga säkerhetsmässiga konsekvenser inom det studerade tidsintervallet, tidigareläggning av deponering med 15 år eller senareläggning med 60 år. Förändringarna i bränslets resteffekt m m kan kompenseras genom enkla tekniska åtgärder. Inga tröskeleffekter har identifierats.

Kostnaderna för att ta hand om och slutförvara det använda bränslet kommer naturligtvis att bli beroende av den slutliga utformningen av slutförvarssystemet och lokaliseringen av slutförvaret. Däremot visar de genomförda beräkningsexemplen, att de totala kostnaderna för KBS-3-systemet inte påverkas nämnvärt av en ändring av tidplanen. Kostnadernas skilda utfall i tiden kan dock få en inverkan på avgiften för att täcka de framtida kostnaderna för kärnkraftens restprodukter.

Rapportens kostnadsberäkningar har baserats på KBS-3-systemet i det utförande som presenterats i KBS-3 och SKB PLAN 85. Pågående FoU-arbete i Sverige och utomlands kommer sannolikt att leda till att slutförvarssystemen kan göras enklare och till lägre kostnad. Studien har ej beaktat effekterna av framtida utvecklingsarbete och dess inverkan på kostnadsbilden.

8 REFERENSER

1 Plan för kärnkraftens radioaktiva restprodukter, PLAN-85, Svensk Kärnbränslehantering AB, juni 1985.

2 Kärnbränslecykelns slutsteg. Använt kärnbränsle-KBS-3, Svensk Kärnbränsleförsörjning AB, maj 1983.

3 D:o, Program för forskning och utveckling, Svensk Kärnbränsleförsörjning AB, februari 1984.

4 BAILEY W J, JOHNSON A B, Surveillance of LWR Spent Fuel in Wet Storage, EPRI NP-3765, October 1984

5 Centralt Lager för Använt Bränsle (CLAB)
Slutlig Säkerhetsrapport.
Svensk Kärnbränsleförsörjning AB, december 1983.