

Ansökan enligt kärntekniklagen

Toppdokument

Begrepp och definitioner

Bilaga SR
Säkerhetsredovisning för slutförvaring av använt kärnbränsle

Bilaga SR-Drift
Säkerhetsredovisning för drift av slutförvarsanläggningen

Bilaga SR-Site
Redovisning av säkerhet efter förslutning av slutförvaret

Bilaga AV
Preliminär plan för avveckling

Bilaga VP
Verksamhet, organisation, ledning och styrning
Platsundersökningsskedet

Bilaga VU
Verksamhet, ledning och styrning
Uppförande av slutförvarsanläggningen

Bilaga PV
Platsval – lokalisering av slutförvaret för använt kärnbränsle

Bilaga MV
Metodval – utvärdering av strategier och system för att ta hand om använt kärnbränsle

Bilaga MKB
Miljökonsekvensbeskrivning

Bilaga AH
Verksamheten och de allmänna hänsynsreglerna

Kapitel 1
Introduktion

Kapitel 2
Förläggningsplats

Kapitel 3
Krav och konstruktionsförutsättningar

Kapitel 4
Kvalitetssäkring och anläggningens drift

Kapitel 5
Anläggnings- och funktionsbeskrivning

Kapitel 6
Radioaktiva ämnen i anläggningen

Kapitel 7
Strålskydd och strålskärning

Kapitel 8
Säkerhetsanalys

Repository production report

Design premises KBS-3V repository report

Spent fuel report

Canister production report

Buffer production report

Backfill production report

Closure production report

Underground opening construction report

Ramprogram för detaljundersökningar vid uppförande och drift

FEP report

Fuel and canister process report

Buffer, backfill and closure process report

Geosphere process report

Climate and climate related issues

Model summary report

Data report

Handling of future human actions

Radionuclide transport report

Biosphere analysis report

Site description of Forsmark (SDM-Site)

Comparative analysis of safety related site characteristics

Samrådsredogörelse

Metodik för miljökonsekvensbedömning

**Vattenverksamhet
Laxemar-Simpevarp**

**Vattenverksamhet i Forsmark I
Bortledande av grundvatten**

**Vattenverksamhet i Forsmark II
Verksamheter ovan mark**

Avstämning mot miljömål



Öppen
PM

DokumentID 1199888	Version 1.0	Status Godkänt	Reg nr	Sida 1 (43)
Författare Erik Lindgren, Johan Andersson			Datum 2009-03-12	
Granskad av			Granskad datum	
Godkänd av Olle Olsson			Godkänd datum 2011-02-15	

Verksamhet, ledning och styrning - Uppförande

Sammanfattning

Denna rapport utgör bilaga till ansökan enligt kärntekniklagen (KTL) om att få uppföra, inneha och driva slutförvarsanläggningen för använt kärnbränsle.

Rapporten redogör för hur SKB avser att leva upp till säkerhetskraven i Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter ”SSMFS 2008:1 om säkerhet i kärntekniska anläggningar”, avseende organisation, ledning, styrning under uppförandet och driftsättningen av slutförvarsanläggningen. Föreliggande rapport sammanfattar därtill SKB:s plan för uppförandet med avseende på bland annat mål, huvudprocesser och åtgärder med betydelse för säkerheten. Den forskning och teknikutveckling som SKB bedriver parallellt med uppförandet beskrivs översiktligt.

Svensk Kärnbränslehantering AB

Box 250, 101 24 Stockholm
Besöksadress Blekholmstorget 30
Telefon 08-459 84 00 Fax 08-579 386 10
www.skb.se
556175-2014 Säte Stockholm

Innehållsförteckning

1	Inledning	4
2	Avgränsningar	5
3	Implementering av KBS-3-systemet – allmänt	6
4	Verksamhet, ledning, styrning	7
4.1	Kärnbränsleprogrammets plats inom SKB	7
4.1.1	Säkerhetsledning och säkerhetskommitté	7
4.1.2	Avdelning S, Kärnteknisk säkerhet	8
4.2	Kärnbränsleprogrammet	8
4.2.1	Beställarfunktion inom Kärnbränsleprogrammet	8
4.3	Projekt Kärnbränsleförvaret	9
4.3.1	Beslutsnivåer	9
4.3.2	Säkerhet i projektet (SIP)	10
4.4	Kompetenssäkring	11
4.5	Kvalitets- och miljöledningssystem	11
4.6	Projektplan respektive SUUS (Säkerhet Under Uppförande av Slutförvarsanläggningen)	11
4.6.1	Projektplan	12
4.6.2	SUUS (Säkerhet Under Uppförande av Slutförvarsanläggningen)	12
4.7	Krav och kontroller	12
5	Uppförande av Kärnbränsleförvaret	14
5.1	Projekt Kärnbränsleförvarets skeden	14
5.1.1	Verksamhet under skede Tillståndsprövning	14
5.1.2	Verksamhet under skede Uppförande	16
5.1.3	Verksamhet under skede Driftsättning	17
5.2	Åtgärder med betydelse för kärnteknisk säkerhet under uppförandet	17
5.2.1	Bergarbeten i tillfarter och centralområde	18
5.2.2	Montage och kontroll av tekniska system och installationer	19
5.2.3	Arbeten i deponeringsområde	19
5.3	Övergripande mål och huvudprocesser	19
5.4	Huvudprocess Säkerhetsanalys	20
5.4.1	Säkerhetsanalys för Kärnbränsleförvaret	21
5.4.2	Styrning av Uppförande från Säkerhetsanalys	21
5.4.3	Säkerhetsredovisning och säkerhetstekniska driftförutsättningar	22
5.5	Huvudprocess Uppförande	22
5.5.1	Undersökning och modellering	22
5.5.2	Projektering och produktion – observationsmetoden	23
6	Teknikutveckling	24
6.1	Utgångspunkter	24
6.1.1	Konstruktionsförutsättningar	24
6.1.2	Platsanpassade lösningar	25
6.2	Styrning och redovisning	25
6.2.1	Leveransstyrmodell	25
6.2.2	Rapportering	27
6.3	Behov av teknikutveckling	28
6.3.1	Övergripande	28
6.3.2	Bränslelinjen	28
6.3.3	Kapsellinjen	29
6.3.4	Buffertlinjen	30

6.3.5	Återfyllnadslinjen	31
6.3.6	Förslutningslinjen	31
6.3.7	Berglinjen	31
6.3.8	Sammanfattning	33
7	Fördjupning av kunskap och forskning	36
7.1	Utgångspunkter och övergripande strategi	36
7.2	Prioriterade forskningsområden	37
7.2.1	Kopparkorrosion	38
7.2.2	Bentoniterosion	38
7.2.3	Homogenisering av bentonit	39
7.2.4	Beskrivning av sprickor	39
7.3	Pågående och planerade experiment i Äspölaboratoriet	40
7.3.1	Prototypförvaret	40
7.3.2	LOT	40
7.3.3	ABM	41
7.3.4	MiniCan	41
7.3.5	Mikrobprojekten	41
7.3.6	Lasgit	41
7.3.7	Backfill and Plug Test	42
7.3.8	Storskalig homogenisering	42
7.3.9	Teknikutveckling	42
7.4	Planerade experiment i Forsmark	42
8	Referenser	43

1 Inledning

Denna rapport utgör Bilaga till ansökan enligt kärntekniklagen (KTL) om att få uppföra, inneha och driva en slutförvarsanläggning för använt kärnbränsle. Rapporten syftar till att övergripande redogöra för hur SKB avser att leva upp till säkerhetskraven i Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter ”SSMFS 2008:1 om säkerhet i kärntekniska anläggningar”, avseende organisation, ledning, styrning under uppförande och driftsättningen av slutförvarsanläggningen. En mer detaljerad redovisning görs i dokumentet SUUS (Säkerhet Under Uppförande av Slutförvarsanläggningen) som tas fram i samband med projektdokumentationen och lämnas in till SSM inför byggstart av slutförvarsanläggningen. Rapporten syftar även till att beskriva den teknikutveckling som pågår parallellt med uppförandet samt beskriva inom vilka områden SKB fokuserar sin forskning.

Uppförandet av slutförvarsanläggningen kommer att bedrivas som ett projekt, benämnt Projekt Kärnbränsleförvaret, som är en del av det samlade Kärnbränsleprogrammet på SKB. Den planerade slutförvarsanläggningen för använt kärnbränsle i Forsmark har givits benämningen ”Kärnbränsleförvaret” för att särskilja den från slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall (SFR).

SKB planerar att starta projekt Kärnbränsleförvaret i samband med att man lämnar in ansökan enligt kärntekniklagen (KTL) om att få uppföra och driftsätta slutförvarsanläggning och inkapslingsanläggning. Slutförvarsanläggningen kommer att överlämnas till SKB:s driftfunktion när tillstånd för provdrift erhålls. Projekt Kärnbränsleförvaret kommer att avslutas när all slutdokumentation är överlämnad till SKB:s driftfunktion. Fortsatt utbyggnad av deponeringsorter och drift av anläggningen kommer att ske inom ramen för driftverksamheten.

I kapitel 2 beskrivs bilagans avgränsningar.

I kapitel 3 beskrivs på en övergripande nivå hur KBS-3-systemet kommer att implementeras enligt nuvarande planering.

I kapitel 4 beskrivs hur verksamheten organiseras, styrs och leds, beslutsvägar samt övergripande om SKB:s kvalitets- och miljöledningssystem.

I kapitel 5 beskrivs mål för projekt Kärnbränsleförvaret, huvudprocesser och de viktigaste milstolparna i projekt Kärnbränsleförvaret. Vidare beskrivs projektets hantering av konstruktionskrav och kvalitetssäkring av åtgärder som har betydelse för säkerheten.

I kapitel 6 beskrivs hur teknikutvecklingen styrs för att säkerställa att teknik som uppfyller ställda krav levereras i takt med Kärnbränsleprogrammets behov under uppförande och driftsättning. Kapitlet ger också en översikt av mål för teknikutvecklingen för respektive barriär.

I kapitel 7 beskrivs inom vilka områden SKB prioriterar sin fortsatta kunskapsuppbyggnad och forskning. Vidare beskrivs utgångspunkter och övergripande strategi.

2 Avgränsningar

Denna rapport beskriver övergripande verksamheten för uppförande och driftsättning av slutförvarsanläggningen för använt kärnbränsle.

Det underlag som krävs för ansökan enligt kärntekniklagen om att få uppföra och driva en slutförvarsanläggning för använt kärnbränsle har arbetas fram i Kärnbränsleprojektet. Hur verksamheten bedrivits för att ta fram ansökan enligt kärntekniklagen (KTL) framgår av bilaga ”Organisation, ledning, styrning – Platsundersökning”.

Principerna för organisation, ledning och styrning av den driftsatta slutförvarsanläggningen framgår av bilaga till ansökan, ”Säkerhetsredovisning för drift av slutförvarsanläggning för använt kärnbränsle (SR-Drift)”.

Denna rapport beskriver även på en övergripande nivå den forskning och teknikutveckling av KBS-3-systemet som ska ske parallellt med uppförandet. SKB:s program för forskning och teknikutveckling framgår av SKB:s forskningsprogram, Fud.

Projektet Kärnbränsleförvarets hantering av frågor som rör kärnteknisk säkerhet under uppförande beskrivs inom ramen för projektdokumentationen i ett separat dokument, SUUS (Säkerhet Under Uppförande av Slutförvarsanläggningen), se vidare avsnitt 4.6.

Projektet Kärnbränsleförvarets hantering av frågor rörande miljö och arbetsmiljö redovisas inte i denna bilaga.

För projekt Inkapslingsanläggning finns ett motsvarande dokument benämnt Bilaga E – Organisation, ledning och styrning – Uppförande och driftsättning.

3 Implementering av KBS-3-systemet – allmänt

Det fortsatta arbetet med implementering av KBS-3-systemet i syfte att inleda deponering av inkapslat använt bränsle kan indelas i tre huvudverksamheter:

- uppförande av anläggningar – inkapslingsanläggning och slutförvarsanläggning samt komplettering av transportsystem
- vidareutveckling och industrialisering av teknik
- fördjupning av kunskapen om processer av betydelse för långsiktig säkerhet

Aktiviteter inom dessa tre områden kommer att fortlöpa ända fram till förslutning och avveckling av anläggningarna. Efter att slutförvarsanläggningens ovanjordsdel, tillfarter och centralområde färdigställts kommer deponeringsområden successivt byggas ut och förslutas ända tills den sista kapseln deponerats cirka 50 år efter drifttagandet. Inkapslingsanläggningen, transportsystemet och de tekniska systemen byggs under en begränsad tid men efter att de tagits i drift kommer erfarenheter från driften att utvärderas och ge underlag för successiva förbättringar av anläggningar och system.

Forskning, teknisk utveckling och planering har nu nått så långt att uppförandet av anläggningarna kan inledas efter att vederbörliga tillstånd erhållits. Under implementering av KBS-3-systemet kommer en beredskap och en strävan att finnas att tillvarata ny kunskap som kan leda till ytterligare förbättring av KBS-3-systemet. Ny kunskap kommer att tillkomma under den långa tid – flera decennier – som systemet ska vara i drift. Ett av målen är att ny kunskap ska medföra att de osäkerheter som idag hanteras med pessimistiska antaganden ska kunna minskas och ge mer realistiska riskbedömningar. Ett annat mål är att ny kunskap ska leda till att de tekniska lösningar som anges i dagens referensutformning ska kunna förenklas. Den inledande byggverksamheten i form av byggandet av slutförvarsanläggningens ramp och schakt kommer ytterligare att öka kunskapen om berget i Forsmark. En kunskap som kan tillämpas vid den fortsatta utbyggnaden av deponeringsområden samt ge underlag för ytterligare optimering av de tekniska systemen i förvaret.

När tillstånd enligt KTL erhållits kommer uppförande av anläggningarna att stå under tillsyn av Strålsäkerhetsmyndigheten och följas upp mot givna tillståndsvillkor. Vidareutveckling och industrialisering av teknik samt forskning kommer att ske enligt SKB:s forskningsprogram Fud och följas upp av SSM inom ramen för detta. Ansvar för vidareutveckling och förvaltning av system som tagits i drift faller efter idrifttagning på ansvarig för respektive anläggning och förutsätts följas upp av SSM inom ramen för givna tillstånd.

Större utvärderingar av anläggningarnas utformning, tekniska system och kunskapsläget kommer att ske i samband med de förnyade och kompletterade säkerhetsredovisningar som skall redovisas till SSM i samband med drifttagande av anläggningarna samt därefter vid de återkommande helhetsbedömningar som föreskrivs i 10a§ KTL.

Planeringen av uppförande av slutförvarsanläggningen, teknikutveckling och forskning beskrivs i de följande kapitlen.

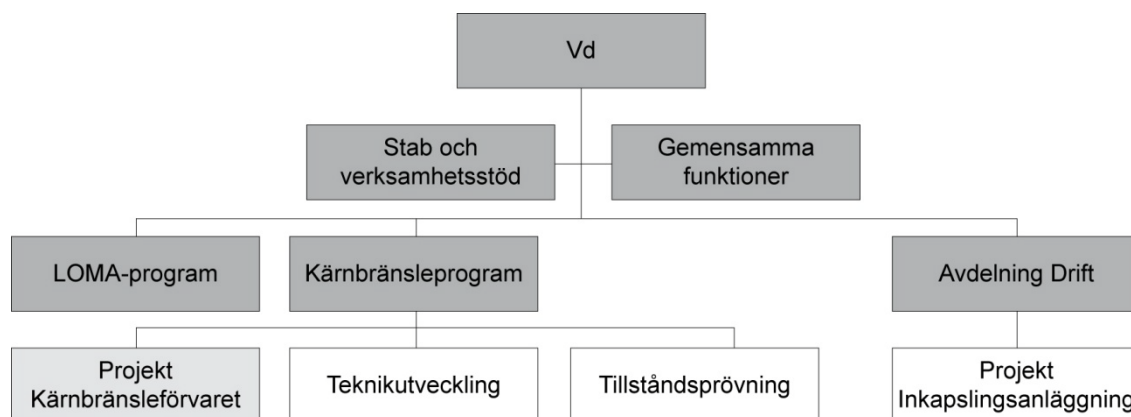
4 Verksamhet, ledning, styrning

I detta kapitel beskrivs principerna för organisation, ledning och styrning under tiden fram till dess KBS-3-systemet kan tas i drift med fokus på uppförandet av slutförvarsanläggningen.

4.1 Kärnbränsleprogrammets plats inom SKB

Inom SKB kommer Kärnbränsleprogrammet att ha ansvar för ledning och implementeringen av KBS-3-systemet. Det är en verksamhet som kommer att pågå under ett drygt decennium. Under denna period kommer företaget att genomgå organisationsförändringar som kan komma att påverka styrningen av programmet och delprojektets plats i företaget.

Chefen för Kärnbränsleprogrammet rapporterar direkt till SKB:s vd. I Kärnbränsleprogrammet ingår uppförande av slutförvarsanläggningen (Kärnbränsleförvaret), tillståndsprövning, teknikutveckling, säkerhetsredovisning samt ansvaret för den samlade kravbild för KBS-3-systemet, se Figur 4-1. Projektering, byggande, provning och driftsättning av slutförvarsanläggningen kommer att bedrivas i projektform. Projektet, benämnt Kärnbränsleförvaret, ska drivas i SKB:s regi.



Figur 4-1. Kärnbränsleprogrammet och Projekt Kärnbränsleförvarets plats inom SKB.

Kärnbränsleprogrammet och Projekt Kärnbränsleförvaret berör flera beslutsnivåer på SKB. Beroende på i vilken omfattning beslutet påverkar ekonomi, säkerhet eller tidsplan kan det tas av företagsledningen och styrelse, Kärnbränsleprogrammets ledning eller projektledningen, se vidare avsnitt 4.3.1. Projektplanen ska redovisa vilka frågor som hör hemma på respektive nivå.

Ledningen för projekt Kärnbränsleförvaret fattar beslut inom ramen för godkänd projektplan. De leverantörer som anlitas kommer att ha beslutskraft inom ramen för de kontrakt som upprättas.

4.1.1 Säkerhetsledning och säkerhetskommitté

SKB:s vd är ytterst ansvarig, som tillståndshavare och högsta driftledning, för kärnteknisk säkerhet. Detta avser både säkerhet under driftskede och långsiktig säkerhet i SKB:s kärntekniska anläggningar. Vd är också ytterst ansvarig för den kärntekniska säkerheten inom SKB:s forskning, utveckling, konstruktion och projektering av nya kärntekniska anläggningar för slutförvar av använt bränsle och kärnavfall.

SKB:s vd fastställer direktiv för Kärnbränsleprogrammet och ger i och med det ramar för uppförandet av KBS-3-systemet. Under programmets genomförande kommer vd via en styrgrupp följa verksamheten.

SKB har en säkerhetskommitté för behandling av övergripande, strategiska och principiella säkerhetsfrågor. Sammansättningen av kommitténs ledamöter ska vara sådan att säkerhetsfrågor på kort och lång sikt inom SKB:s verksamhetsområde får en allsidig belysning.

4.1.2 Avdelning S, Kärnteknisk säkerhet

Inom SKB ansvarar avdelning S, Kärnteknisk säkerhet, för fristående säkerhetsgranskning. Fristående granskning sker enligt SKB:s gällande rutin. Avdelning S är SKB:s revisionsfunktion och förvaltar de företags-gemensamma delarna av ledningssystemet.

4.2 Kärnbränsleprogrammet

Inom SKB är det Kärnbränsleprogrammet som har ansvar för uppförande och driftsättning av anläggningar ingående i KBS-3-systemet samt den teknikutveckling och forskning som krävs. En tydlig avgränsning är ansvaret för uppförande av Inkapslingsanläggningen och komplettering av transportsystemet där ansvaret ligger på avdelning Drift.

Kärnbränsleprogrammets ansvar kan brytas ned i följande huvudsakliga delar:

- KBS-3-systemet enligt ansökan, dvs vidmakthålla anläggningarnas funktion och att fastställa kraven
- framtagande och förvaltning av slutförvarets säkerhetsredovisning för drift och säkerhet efter förslutning
- yttersta ansvaret för kärnteknisk säkerhet inför vd
- fortsatt teknikutveckling och forskning inom KBS-3-systemet
- upprättande av beställningar för anläggningsprojekt
- planering och ekonomiuppföljning av programmet
- riskbedömningar och riskanalyser för genomföranderisker (kvalitet, tid, kostnader, resurser)
- samordning av de i programmet ingående projekten med avseende på förändringar i omfattning, tid eller kostnad

4.2.1 Beställarfunktion inom Kärnbränsleprogrammet

Inom Kärnbränsleprogrammet finns en beställarfunktion. Denna ansvarar för upprättande av projektdirektiv för projekt Kärnbränsleförvaret, fortsatt forskning och teknikutveckling och andra verksamheter som krävs för att genomföra Kärnbränsleprogrammet. Programchefen godkänner upprättade projektdirektiv och därmed kan projekt starta. Beställarfunktionen ansvarar för uppföljning av projekt och beredning av övergripande frågor av strategisk natur som projektmål, projektbudget, milstolpar, ändringar och avvikelser utöver beslutad projektplan. Programchefen kommer att fatta beslut om projektstart samt beslut om ändrad inriktning på, eller avslutning av projektet.

Inom beställarfunktionen kommer det att upprättas arbetsgrupper med syfte att analysera säkerhetsfrågor som berör flera projekt inom programmet samt utgöra beslutsforum för tekniska och vetenskapliga frågor inom programmet. Därutöver ska arbetsgrupperna identifiera samordningsfrågor inom programmets verksamhet samt bidra till att KBS-3-systemet hanteras som en helhet.

4.3 Projekt Kärnbränsleförvaret

En projektorganisation kommer att tillsättas för genomförandet av projekt Kärnbränsleförvaret. Projektet ska utgöra SKB:s byggherreorganisation med ansvar för planering och ledning av uppförandet. Projektchefen tillträder först och ansvarar för fortsatt uppbyggnad av organisationen. Till följd av projektets storlek och komplexitet kommer verksamhetens organisation att anpassas till det behov som föreligger vid respektive projektskede. Ansvarsfördelningen inom projektet kommer att vara knutet till delegeringsordningen i gällande organisation.

Genomförandet av projekt Kärnbränsleförvaret ställer delvis krav på annan kompetens och resurser än de som finns idag. De kompetenser som SKB behöver komplettera med vid uppbyggnad av projektorganisationen är i första hand relaterade till genomförandet av stora byggprojekt t ex kvalificerade projektledare, projekteringsledare, byggledare och resurser för driftsättning. Projekt Kärnbränsleförvaret bedöms sammantaget behöva kompetens inom följande huvudsakliga områden:

- kvalificerad projektledning inom anläggnings- och kärnkraftsindustri
- projekteringsledning inom berg, anläggning och installationer
- byggledning inom berg, anläggning och installationer
- undersökning, analys och modellering
- kärnteknisk säkerhet
- kvalitetssäkring
- drift av kärntekniska anläggningar
- miljöledning

4.3.1 Beslutsnivåer

Under uppförandet av Kärnbränsleförvaret finns tre huvudsakliga beslutsnivåer för frågor rörande kärnteknisk säkerhet. Dessa är:

1. Vd med sin stab som ansvarar på en övergripande nivå för den kärntekniska säkerheten i driftsatta anläggningar och anläggningar under uppförande. Vd beslutar om direktiv för Kärnbränsleprogrammet och har en egen styrgrupp som följer programmets framdrift.
2. Programchef som beslutar om direktiv för projekt inom Kärnbränsleprogrammet. Till sitt stöd har programchefen en programledning som håller samman verksamheten inom Kärnbränsleprogrammet. Programledningen ansvarar för att hantera avvikelser och prioriteringar inom programmet. Programchefen godkänner projektens resultat. På denna nivå fastslås även de krav som ska gälla för KBS-3-systemet.

3. Projektchef för Kärnbränsleförvaret som ansvarar för att fatta beslut inom ramen för sitt projektdirektiv. Till stöd har projektchefen projektets ledningsgrupp och projektorganisation. Beslutsdelegering inom projekt Kärnbränsleförvaret anpassas till projektets organisationsstruktur för gällande projektskede.

Ovanstående beslutsnivåer kan jämföras med de driftledningsnivåer som finns definierade för driftsatta anläggningar. Projektplan och övriga styrande dokument, se avsnitt 4.6, kommer att mer i detalj definiera vilka beslut som hör hemma på vilken nivå.

4.3.2 Säkerhet i projektet (SIP)

Säkerhetsfrågor, både driftsäkerhet och långsiktig säkerhet, är en central del i projektets genomförande. Säkerhetsfrågor kan avse platsens egenskaper i form av data från undersökningar och bergarbeten, resultat av pågående teknikutveckling såväl som resultatet av pågående byggverksamhet. För att säkerställa en enhetligt, dokumenterad och styrd hantering av säkerhetsfrågor finns funktionen Säkerhet i projektet (SIP) som lägger fram förslag till projektchefen för beslut. Det finns två huvudsakliga syften med funktionen SIP:

1. SIP ska utöva en fortlöpande kontroll avseende geovetenskapliga förhållanden som påverkar platsanpassning, såsom termiska egenskaper, långa sprickor, vatteninflöde etc. På liknande sätt görs en fortlöpande kontroll och rapportering, med eventuella avvikelser, av genomfört undermarksarbete.
2. SIP ska i ett tidigt skede uppmärksamma oförutsedda händelser som kan påverka kvalitetskritiska moment i projektet. SIP ska analysera innebörden av händelsen ur ett brett perspektiv och lägga fram förslag så att projektet kan vidta åtgärder för att motverka händelsen.

SIP-funktionen har följande huvudsakliga uppgifter:

- Löpande följa anläggningsarbetet och kunskapsutvecklingen avseende bergets egenskaper.
- Löpande bedöma anläggningens och verksamhetens säkerhet samt bidra till planering så att säkerhetsaspekter beaktas i det dagliga arbetet.
- Ställningstagande till händelser i syfte att avgöra om frågan ska lyftas till någon av ovanförliggande beslutsnivåer för kärnteknisk säkerhet, se avsnitt 4.3.1.
- Bedöma hur verksamhetens aktiviteter påverkar det handlingsutrymme som finns med avseende på långsiktig säkerhet.
- Granska kontrollprogram och annan kvalitetsrelaterad dokumentation.
- Förebyggande analysera händelser som kan inträffa i närtid och på längre sikt.
- Proaktivt utarbeta alternativa handlingsplaner.

SIP-gruppens medlemmar ska tillsammans ha kompetens inom kärnteknisk säkerhet, analys och modellering, projektering, produktion och miljö. Flertalet av SIP-gruppens medlemmar ska vara engagerade i den ordinarie driften inom projekt Kärnbränsleförvaret.

4.4 Kompetenssäkring

SKB:s kompetensförsörjningsprocess kommer att tillämpas i projektet. För samtliga positioner i projektet finns befattningsbeskrivningar av vilka bl a kompetenskrav framgår. En stegvis detaljering och fördjupning av kompetenskrav och tillämpning av kompetensutvecklingsprocessen genomförs i takt med att den organisation som skall genomföra projektet etableras och bemannas.

4.5 Kvalitets- och miljöledningssystem

SKB har idag ett ledningssystem som är certifierat enligt kvalitetslednings- och miljöledningsstandarderna ISO 9001 och ISO 14001. SKB har de generella funktioner och ledningssystem som krävs för att driva kärnteknisk verksamhet det vill säga ett ledningssystem som lever upp till alla relevanta krav i Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter.

Projekt Kärnbränsleförvaret är en stor och komplex verksamhet vilket medför att SKB:s nuvarande ledningssystem kommer att anpassas och kompletteras med för verksamheten specifika delar för att uppfylla de behov som finns när projektet inleds.

SKB:s ledningssystem ställer krav på att styrande dokument i form av projektdirektiv och projektplan upprättas för projekt Kärnbränsleförvaret (se avsnitt 4.6). SKB har redan idag funktioner och rutiner för att vidareutveckla ledningssystemet. Inom ramen för detta förbättringsarbete kommer ledningssystemets ändamålsenlighet och effektivitet regelbundet att utvärderas, vilket kommer att resultera i att systemet hela tiden utvecklas. Nya och förändrade interna krav och myndighetskrav, liksom erfarenheter från den egna och från andra organisationer kommer kontinuerligt att utvärderas vilket kan resultera i att organisation och ledningssystem förändras.

Projekt Kärnbränsleförvaret kommer att gå igenom fler skeden där fokus i kvalitetsarbetet kommer att förändras med tiden. Projektet har kvalitetssamordnare som arbetar med ledningssystemets uppbyggnad, fortsatta utveckling och tillämpning. Projektets organisation och ledningssystemets ändamålsenlighet och effektivitet kommer att bedömas regelbundet genom internrevisioner.

4.6 Projektplan respektive SUUS (Säkerhet Under Uppförande av Slutförvarsanläggningen)

Under uppförandet kommer det att finnas följande styrande dokument för projekt Kärnbränsleförvaret:

- Projektplan
- SUUS (Säkerhet Under Uppförande av Slutförvarsanläggningen)

Under projektets genomförande förvaltas och utvecklas projektplanen och SUUS i takt med att projektet fortskrider. Inför provdrift ska arbetsmoment som fortsätter under driftperioden på motsvarande sätt styras av SAR, STF och driftinstruktioner.

4.6.1 Projektplan

Projektplanen som beskriver hela projekt Kärnbränsleförvaret har tre övergripande syften:

1. Projektplanen ska utgöra ett ramverk för projektets genomförande med avseende på bland annat omfattning, tid och resurser.
2. Projektplanen ska beskriva hur projektets ingående aktiviteter samordnas samt hur projektet samordnas mot övriga anläggningsprojekt och teknikutveckling inom Kärnbränsleprogrammet.
3. Projektplanen ska säkerställa kvalitet i projektets genomförande och projektets resultat. Planen ska tillsammans med SUUS (se avsnitt 4.6.2) säkerställa att verksamheten bedrivs med en stringent hantering av krav och kontroller för de arbetsmoment som har betydelse för säkerheten. I praktiken innebär det att projektplanen tillsammans med SUUS fyller det syfte som säkerhetstekniska driftförutsättningar (STF) gör efter start av provdrift.

4.6.2 SUUS (Säkerhet Under Uppförande av Slutförvarsanläggningen)

Projektets hantering av frågor som rör kärnteknisk säkerhet under uppförandet beskrivs i ett separat dokument, SUUS (Säkerhet Under Uppförande av Slutförvarsanläggningen). Strukturen i SUUS ska tillämpa strukturen i PSAR och vissa avsnitt blir delvis gemensamma. SUUS planeras ha följande innehåll:

- En samlad redovisning av krav och konstruktionsförutsättningar som gäller för uppförande av tillfarter, centralområde och deponeringsområde.
- En beskrivning av verksamheten under uppförande med avseende på organisatoriska, personella och administrativa förutsättningar att genomföra uppförandet med den kvalitet som preciseras i PSAR.
- En plan för verifiering av bergets initialtillstånd och installerade system samt hänvisning till verifiering av övriga barriärers initialtillstånd vid samfunktionsprovning.

SKB avser upprätta SUUS parallellt med PSAR och överlämna dokumenten till SSM innan byggstart.

4.7 Krav och kontroller

Krav och kontroller ska vara strukturerade i ett antal avgränsade delar t ex *Kärnteknisk säkerhet*, *Arbetsmiljö*, *Miljö*, *Kvalitet*, *Tid och kostnad*, se Figur 4-2. Varje del ska hantera såväl krav på projektets utförande och resultat som verifiering av kravuppfyllnad.



Figur 4-2. Indelning av krav och kontroller i avgränsade delar.

Den del i ledningssystemet som gäller kärnteknisk säkerhet hämtar krav från PSAR med avseende på säker drift av slutförvarsanläggningen och den långsiktiga säkerheten efter förslutning. Kraven ska löpande utvärderas mot det handlingsutrymme som finns med avseende på driftsäkerhet, långsiktig säkerhet och de erfarenheter som byggs upp allteftersom projektet fortskrider.

Huvudsyftet med kontroller är att säkerhetsställa att verksamhet under uppförandet utförs på ett sådant sätt att kraven på säkerhet, kvalitet och effektivitet uppnås.

Kontroller inordnas i kontrollprogram vars utformning och innehåll beror av vilken typ av krav som ska verifieras t.ex. kontrollprogram för yttre miljö, program för undersökningar av berg, program för bergteknisk kontroll och kontrollprogram för arbetsmiljö, se vidare avsnitt 5.2.

Under projekt Kärnbränsleförvarets senare del kommer det första deponeringsområdet att börja byggas ut. Detta arbete planeras fortgå under ett antal år med målet att skapa ett antal deponeringsorter som kan användas kort efter det att tillstånd för provdrift erhållits. För utbyggnad av det första deponeringsområdet krävs särskilt utvecklade rutiner som säkerställer att arbetsmoment med betydelse för säkerheten utförs på korrekt sätt.

5 Uppförande av Kärnbränsleförvaret

I detta avsnitt beskrivs genomförandeplan för projekt Kärnbränsleförvaret med huvudprocesser och mål översiktligt. Därtill redogörs för projektets etappindelning, milstolpar samt koppling till pågående teknikutveckling. Övergripande planer för framtagande och förvaltning av säkerhetsredovisningen, där ansvaret ligger direkt hos Kärnbränsleprogrammet, beskrivs också.

5.1 Projekt Kärnbränsleförvarets skeden

Verksamheten från start av projekt Kärnbränsleförvaret till driftsatt anläggning delas in i tre huvudsakliga skeden enligt figur 5-1.



Figur 5-1. Skeden under uppförande av slutförvarsanläggningen.

Inom varje skede styr projektledningen mot ett antal milstolpar. Projektplan och projektorganisation anpassas successivt efter de behov som respektive skede medför.

5.1.1 Verksamhet under skede Tillståndsprövning

Skedet Tillståndsprövning startar när ansökningar enligt kärntekniklagen och miljöbalken har lämnats in. En viktig uppgift för projektledningen i detta läge är att etablera en övergripande plan för hela projektets genomförande. Kärnbränsleförvaret ska utformas på ett sätt som erbjuder hög säkerhet, tar hänsyn till människans förutsättningar och förebygger arbetsskador, tillbud och olyckor. SSMFS 2008:1 ställer krav på att den som arbetar i kärntekniska anläggningar ska ges de förutsättningar som behövs för att arbeta på ett säkert sätt och att det utförs analyser av samspelet människa-teknik-organisation. Det ställs också krav på att konstruktionen ska vara anpassad till personalens förmåga att på ett säkert sätt kunna övervaka och hantera anläggningen, samt de driftstörningar och missöden som kan inträffa.

Ett systematiskt beaktande av MTO-aspekter under de olika faserna i uppförandet och driften av Kärnbränsleförvaret är centralt för att säkerställa uppfyllandet av ovanstående MTO-aspekter, samt allmänna krav på kvalitetsstyrning.

Under tillståndsprövningen ska Kärnbränsleprogrammet utarbeta en PSAR (preliminär säkerhetsredovisning) som lämnas in till SSM efter det att regeringstillstånd erhållits. Projekt Kärnbränsleförvaret ska därvid ta fram erforderligt underlag. Målet är att ha milstolpar och delmål med sådan tydlighet att det finns beredskap för att anpassa verksamhet och styrmedel till projektets framdrift.

Projektledningen ska inledningsvis också planera den verksamhet som står i fokus under skede tillståndsprövning. SKB har begränsade möjligheter att påverka tidsutsträckningen av tillståndsprocessen. Målet för projektet är genomföra alla de förberedelser som krävs för en byggstart i en

takt som är anpassat till tillståndsprovningens framdrift. De viktigaste milstolparna i tillståndsprovningen är:

- Strålsäkerhetsmyndighetens yttrande till regeringen
- Miljödomstolens yttrande till regeringen
- Regeringsbeslut om tillåtlighet enligt MB kapitel 17 och tillstånd enligt KTL
- Strålsäkerhetsmyndighetens beslut om villkor enligt KTL
- Miljödomstolens beslut om villkor enligt MB

Vid ovanstående milstolpar sker avstämningar mot verksamheten i projekt Kärnbränsleförvaret.

Förberedelsearbete består dels i att bygga upp den organisation och de administrativa system som krävs för genomförandet, dels av att slutligt utforma de anläggningsdelar som ska byggas först. Fokus ligger på att utreda kvarstående frågor från platsundersökningsskedet, formulering av krav och etablering av styrande dokument för den projekteringsfas som ska föregå upphandlingar och byggstart. Oavsett med vilken intensitet projektet arbetar ska följande huvudsakliga milstolpar uppnås under skede tillståndsprovning.

- Kravformulering baserat på de reviderade konstruktionsförutsättningar som tas fram utifrån SR-Site och SR-Drift
- Systemprojektering färdigställd
- Utskick av förfrågningsunderlag sänkschakt
- Utskick av förfrågningsunderlag ramp
- Underlag för PSAR
- Anpassning av ledningssystem
- Revidering av projektplan och framtagning av SUUS inför start av nästa skede

Projektering sker i två steg varav det första, systemprojekteringen, syftar till att ta fram en samlad systemlayout som är den sista samlade projekteringen av hela anläggningen. Det andra steget, detaljprojekteringen, resulterar i bygghandlingar. Byggtekniska och ingenjörsgelogiska undersökningar planeras som stöd för projekteringen under tillståndsprovningen. Markundersökningar kommer att göras som underlag för placering av byggnader och dimensionering av grundläggning. Även ytnära berg kommer att undersökas, bland annat i planerade lägen för tillfarter med mera. Den lokala infrastrukturen för anläggningarna kommer att förberedas. Det handlar i stor utsträckning om att i samarbete med Forsmarks Kraftgrupp AB anpassa den infrastruktur som redan finns i Forsmark så att även Kärnbränsleförvarets behov kan tillgodoses.

SKB ska under tillståndsprovningen etablera en strategi för upphandling av konsulttjänster och entreprenader. SSM:s föreskrifter anger också krav på anmälan och godkännande av uppdragstagare. För vissa anläggningsdelar krävs ett omfattande förberedelsearbete innan upphandling kan ske.

5.1.2 Verksamhet under skede Uppförande

Uppförandeskedet börjar när SKB fått alla tillstånd och villkor som behövs för att påbörja bygget av slutförvarsanläggningen. Uppförandet som bedrivs under en längre tid kan indelas i följande delsteg:

- Tillfarter till förvarsnivå
- Centralområde och installationer
- Arbeten i det första deponeringsområdet

Gränsen mellan ovanstående delsteg är inte skarp och arbeten kommer under kortare perioder att pågå i såväl tillfarter som centralområde och det första deponeringsområdet. Projektering och uppförande av slutförvarsanläggningen sker i enlighet med observationsmetoden, se avsnitt 5.5.2. Strategin för projektering, uppförande och driftsättning kommer att detaljeras under tillståndsprövningen.

Under hela byggprocessen görs bergundersökningar (detaljundersökningar) /SKB 2010/. I det korta perspektivet ska undersökningarna ge det ingenjörsgelogiska underlag som tillsammans med uppföljning av byggerfarenheterna möjliggör löpande anpassning av bergarbetena till lokala bergförhållanden. På längre sikt ska undersökningarna också ge underlag för de anpassningar av förvarets utformning som kan krävas för att möta konstruktionsförutsättningar med avseende på bland annat långsiktig säkerhet se vidare avsnitt 5.5.1. Vid behov ska platsbeskrivningar och säkerhetsanalyser kunna revideras med ledning av resultaten från undersökningarna. Löpande ska projektet verifiera att platsens förutsättningar och resultatet av byggprocessen ligger inom de marginaler som ges av säkerhetsredovisningen.

Tillfarter till förvarsnivå

Under denna period skapas tillfarter till slutförvarsanläggningens undermarksdel via schakt och ramp. Tidskritiska delar av den infrastruktur och de anläggningar som behövs ovan mark färdigställs, hit hör bland annat bergupplag och reningsanläggning, vägar och vissa byggnader t ex geologibyggnaden. Förutom själva berguttaget pågår undersökningar enligt särskilt program.

Centralområde och installationer

När förvarsnivån nås via schakt så börjar arbetet med att spränga ut centralområdet. Först färdigställs berglaststationen för att uppnå full kapacitet i berguppfodringen. När berglaststationen byggts klart färdigställs centralområdets bergrum och tunnlar. Parallellt genomförs borrhningar från förvarsnivå ut mot det första deponeringsområdet. Allteftersom bergrummen blir klara monteras de installationer som ska ingå i anläggningen, bland de viktigaste kan nämnas anläggningens tvärsystem som elkraft, ventilation och vattenhanteringssystem. Installationerna tas successivt i drift för att underlätta fortsatt utbyggnad och montage.

Arbeten i första deponeringsområdet

Parallellt med utbyggnaden av centralområdet görs undersökningar för det första deponeringsområdet och en tunnel drivs som ger tillträde till detta område. Från tunneln drivs ett fåtal deponeringstunnlar där deponeringshål borrar. Syftet med att färdigställa ett deponeringsområde i detta tidiga skede är dels att samla de geovetenskapliga data som behövs för att underbygga en förnyad säkerhetsredovisning inför ansökan om provdrift, dels att skapa utrymme för

implementering av hanteringsteknik för deponering och samfunktionsprovning av hela processen under driftsättningskedet. När driften sedan inleds är avsikten att området ska kunna användas för deponering av de första kapslarna med använt bränsle. Utbyggnaden omfattas därför av alla tekniska och administrativa krav och kontroller som kommer att gälla för den framtida driften.

SKB förbereder framtida drift av Kärnbränsleförvaret genom att använda de sista åren av uppförandeskedet till att producera stamtunnlar, deponeringsorter och deponeringshål. Målet med utbyggnad av det första deponeringsområdet är att skapa ett antal deponeringsorter redan i ett tidigt skede vilket möjliggör att deponering av kapslar kan inledas kort efter tillstånd för provdrift.

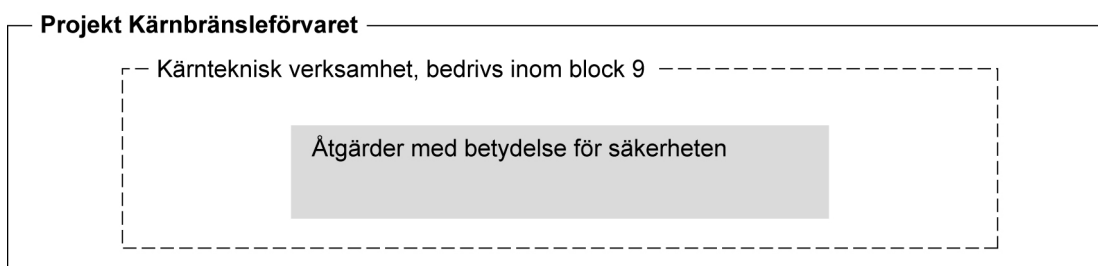
5.1.3 Verksamhet under skede Driftsättning

Driftsättningen av Kärnbränsleförvarets delsystem startar successivt i takt med att systemen byggs och installeras. Intrimningen av teknik och organisation avslutas med samfunktionsprovning, som innebär att hela anläggningen provas under driftsmässiga förhållanden. Då genomförs alla moment i verksamheten, inklusive deponering av ett antal kapslar, utan innehåll av använt kärnbränsle, i det första deponeringsområde som byggts under senare delen av uppförandeskedet. Samfunktionsprovningen avslutas med att hela slutförvarssystemet, med inkapslingsanläggning, transporter och slutförvarsanläggning provas integrerat.

Driftsättningskedet avslutas när SKB får tillstånd för provdrift av Kärnbränsleförvaret. Målet är att alla funktioner och resurser samt utrymmen för deponering då ska finnas tillgängliga så att provdriften kan inledas med kort varsel. I och med detta övergår ansvaret för anläggningen till SKB:s driftavdelning.

5.2 Åtgärder med betydelse för kärnteknisk säkerhet under uppförandet

I projekt Kärnbränsleförvaret ingår aktiviteter av många olika slag. Långt ifrån alla är att betrakta som kärnteknisk verksamhet. I Kärnbränsleförvaret är block 9 den del där den kärntekniska verksamheten bedrivs och utgör därmed den kärntekniska anläggningen, se figur 5-2. Vid uppförande av block 9 har vissa åtgärder betydelse för säkerheten bland annat med avseende på fysiskt skydd.



Figur 5-2 Förhållande mellan Kärnbränsleförvarets verksamhet, kärnteknisk verksamhet och åtgärder med betydelse för säkerheten.

I SKB:s redovisning av säkerheten (PSAR) uttrycks de krav som har betydelse för säkerheten. Det sker via krav och konstruktionsförutsättningar. Utifrån de krav som i dagsläget gäller för uppförandet av Kärnbränsleförvaret kan uppförandet av block 9 delas in i följande tre delar:

- bergarbeten i tillfarter och centralområde
- montage och kontroll av tekniska system och installationer
- arbeten i deponeringsområde

Innebörden av kärnteknisk säkerhet för respektive del förklaras i nedanstående avsnitt.

5.2.1 Bergarbeten i tillfarter och centralområde

Vid bergarbeten i tillfarterna och centralområdet är det av stor vikt att bergbarriären inte påverkas på ett sådant sätt att förutsättningarna för den långsiktiga säkerheten äventyras. I praktiken handlar det bland annat om mängden främmande material som tillåts komma i kontakt med berget, påverkan på grundvattensituationen i berget samt påverkan från sprängningsarbeten. Mätningar av de parametrar som är av betydelse för säkerheten ska ske integrerat med produktionen.

En annan viktig uppgift vid utsprängning av tillfarter och centralområde är de undersökningar som görs för att vidareutveckla de geovetenskapliga modeller som ligger till grund för anpassning av anläggningens layout och framtida säkerhetsanalyser. Till detta hör även hantering av data, instrumenthantering och metodik för uppbyggnad av geovetenskapliga modeller.

Kvalitetssäkring av ovanstående moment hanteras i huvudsak av program för bergteknisk kontroll och program för undersökningar. Kontroller omfattar:

- materialleveranser
- utförandekontroller
- resultatkontroller

Kontroller med dess kvalitetsdokumentation är underlaget till utvärdering om byggnadsarbetena varit acceptabla med tanke på långsiktig säkerhet samt krav på effektivitet och kvalitet. Kvalitetsdokumentationen omfattar:

- utförandedokumentation (material och utförande)
- kvalitetsdokumentation (acceptanser, avvikelser, korrigerande åtgärder)
- relationshandlingar (läge och geometri, material, arbeten).

Övergripande krav och syften med kontroller definieras inför byggstart, men utvecklas och anpassas till aktuell projektorganisation, produktionsutrustningar och -metoder. Drivningen av ramp och schakt ger successivt nya erfarenheter, vilket innebär att arbetet med kontroller vidareutvecklas och anpassas för central- och deponeringsområdet.

Utöver de åtgärder som vidtas för att säkerställa den långsiktiga säkerheten ska bergarbeten anpassas till krav på driftsäkerhet. I denna del av projektet handlar det t ex om att bergförstärkning utförs med tillräcklig säkerhet för att undvika bergras och att schakt och tunnlar har rätt dimensioner som möjliggör säkra transportvägar. Förstärknings- och tätningsåtgärdernas omfattning avpassas till behov av kommande underhållsinsatser.

5.2.2 Montage och kontroll av tekniska system och installationer

Efter det att tillfarter och centralområdet är utbyggt ska SKB inreda bergutrymmena med de tekniska system och installationer som krävs för driftverksamheten. Dessa arbeten ska i tillämpliga delar följa det etablerade regelverk som finns inom kärnkraftsindustrin. Kravnivåer och omfattning av kontroller styrs i huvudsak av hur respektive system är klassat. Vid montage av mekaniska anordningar kommer kontroll att göras i enlighet med fastställda kontrollprogram.

Arbeten som utförs i detta skede av projektet har primärt påverkan på den kärntekniska säkerheten under slutförvarsanläggningens drift. Montage av tekniska system och installationer görs på ett sätt som inte påverkar på den långsiktiga säkerheten i slutförvaret.

5.2.3 Arbeten i deponeringsområde

De arbeten som utförs i det första deponeringsområdet under uppförandeskedet består till allra största delen av undersökningar av berg och bergarbeten. I detta läge finns inga kapslar med använt kärnbränsle i anläggningen. Kontrollprogrammet för utbyggnaden ska säkerställa att krav relaterade till den långsiktiga säkerheten uppfylls. Krav som relaterar till långsiktig säkerhet genererar krav på placering av deponeringstunnlar och deponeringshål, undersökningar och bergarbetets utförande med mera.

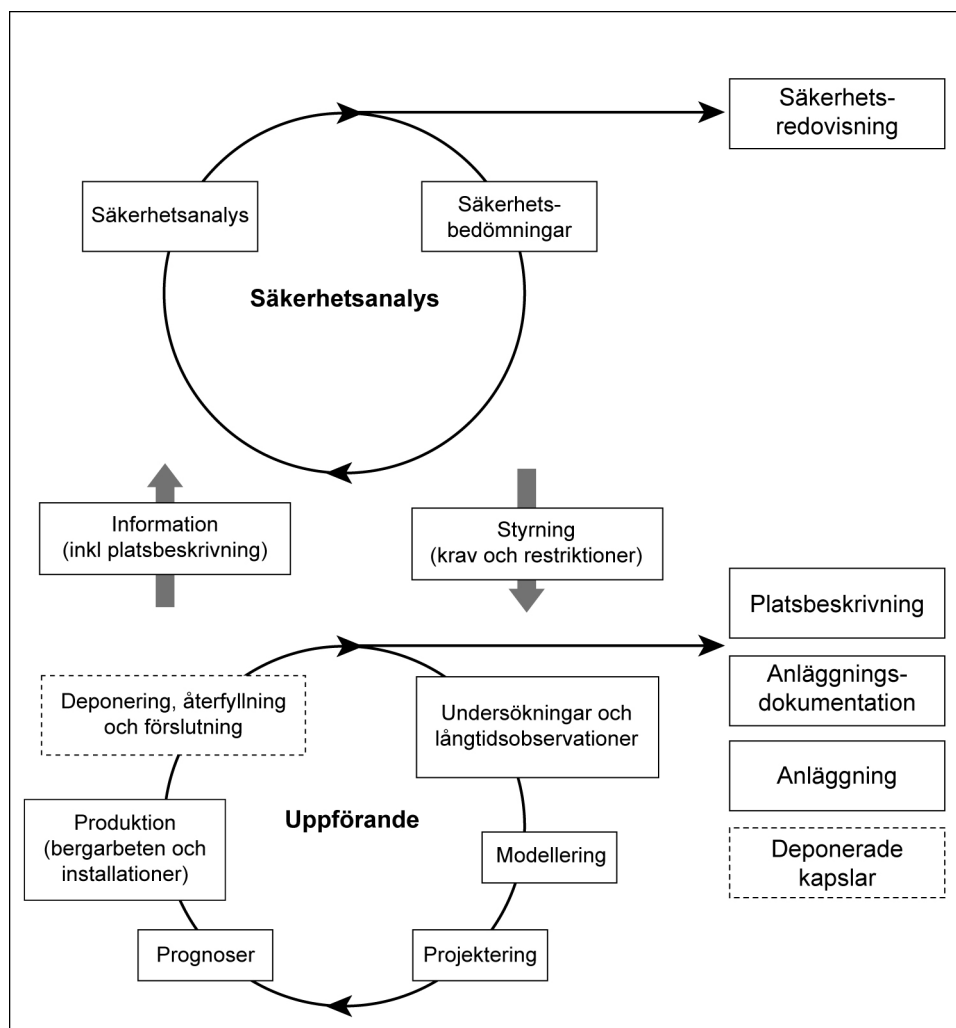
I det första deponeringsområdet planeras även samfunktionsprovning av hanteringsutrustning att ske. Detta arbete ska omfattas av ett eget kontrollprogram som syftar till att verifiera att krav på deponeringsprocessen är uppfyllda inför ansökan om provdrift.

5.3 Övergripande mål och huvudprocesser

Uppförandet ska resultera i att SKB kan ansöka om att få ta Kärnbränsleförvaret i drift. För att uppnå detta ska följande två huvudsakliga mål uppfyllas:

1. **Kärnbränsleförvaret uppfört och samfunktionsprovning genomförd.** Detta innebär att anläggningen är provad under driftliknande förhållanden samt att en driftorganisation finns etablerad. Därutöver ska administrativa system samt anläggningsdokumentation vara komplett.
2. **Säkerhetsredovisningen förnyad.** Detta innebär att säkerhetsredovisningen är förnyad till en SAR inför ansökan om provdrift.

Samtliga delar av verksamheten under uppförandet strävar mot det ena eller båda av det två ovanstående målen, se figur 5-3.



Figur 5-3. Huvudprocesser och projektmål. Streckade rutor indikerar verksamhet som ej utförs under uppförandet.

I den pågående planeringen för uppförande och drift av Kärnbränsleförvaret har verksamheten delats in i två huvudprocesser. Mellan dessa och delprocesser finns viktiga samband i form av styrning, information och feedback. Projektplan och övriga delar av ledningssystemet har som mål att dessa samband ska fungera effektivt.

5.4 Huvudprocess Säkerhetsanalys

Inom huvudprocess Säkerhetsanalys samlas den verksamhet som har som mål att förnya den preliminära säkerhetsredovisningen (PSAR) till en säkerhetsredovisning (SAR) som tillsammans med säkerhetstekniska driftförutsättningar (STF) utgör en del i ansökan om att få inleda provdrift samt att ge sådan styrning till huvudprocessen Uppförande så att man åstadkommer säker drift och slutförvaret blir långsiktigt säkert. Inom huvudprocess Säkerhetsanalys görs regelbundet avstämningar mot platsbeskrivningen och mot förutsättningar och antaganden i den senaste analysen av långsiktig säkerhet. Arbetet utgår från den platsbeskrivning som tagits fram efter avslutade platsundersökningar och den säkerhetsredovisning som lämnats vid ansökan. Ansvaret för att ta fram och förvalta säkerhetsredovisningen ligger hos Kärnbränsleprogrammet, men projekt Kärnbränsleförvaret lämnar viktigt underlag.

5.4.1 Säkerhetsanalys för Kärnbränsleförvaret

Säkerheten för Kärnbränsleförvaret utvärderas med stöd av säkerhetsanalyser. I en säkerhetsanalys görs olika integrerade beräkningar och värderingar av hur förvarssystemet, kan komma att utvecklas över tiden. Systemets framtid kommer att bero på dess initialtillstånd och ett antal termiska, hydrauliska, mekaniska och kemiska processer som verkar internt i förvarssystemet över tiden, samt extern påverkan på systemet. För att göra en säkerhetsanalys behövs därför den platsmodell som uppdateras inom delprocessen undersökningar och modellering, se avsnitt 5.5.1.

Metodik för analys av förvarets långsiktiga säkerhet kommer att bygga på den metodik som använts för SR-Site /SKB 2011/. Som underlag till initialtillståndet behöver säkerhetsanalysen följande:

- uppdaterad platsmodell
- uppdaterat initialtillstånd för det använda bränslet, de tillverkade barriärerna efter att dessa lagts på plats i förvaret, bergutrymmena och det av bergguttaget påverkade berget.

Säkerhetsanalysen ger, förutom en reviderad verifikation att förvaret bedöms uppfylla ställda krav på säkerhet, även reviderade konstruktionsförutsättningar för Kärnbränsleförvaret.

Tidpunkter för säkerhetsredovisningar kan komma att revideras, men omfattar minst en PSAR som underlag för tillstånd att påbörja bygget och en SAR som underlag för ansökan om provdrift.

5.4.2 Styrning av Uppförande från Säkerhetsanalys

Huvudprocessen *Säkerhetsanalys* styrning av huvudprocess *Uppförande* sker i första hand via de krav och konstruktionsförutsättningar som angetts för observationsmetodens platsanpassning av förvaret, se avsnitt 5.5.2. Det gäller, till exempel, krav på lämpliga deponeringsområden, deponeringstunnlar och deponeringshål. Inför detaljprojektering av förvarets olika anläggningsdelar görs dessutom en avstämning mot långsiktig säkerhetsanalys om tillkommande information i då gällande platsmodeller bedöms innebära att ytterligare platsanpassning med avseende på långsiktig säkerhet behöver göras. Normalt ska sådan bedömning kunna göras utan att en fullständig säkerhetsanalys genomförs.

Under uppförandet erhålls ny, och lokalt mycket mer detaljerad, information om platsen som tolkas och redovisas i platsmodeller i olika skalor, se avsnitt 5.5.1. Denna information syntetiseras och tolkas genom vidareutveckling av platsmodellen i förvarsskala. Om reviderade modeller bedöms leda till layoutändringar utanför acceptabelt utfallsrum anmäls detta för bedömning och eventuellt åtgärd (se avsnitt 4.3.2). Säkerhetsbedömningar görs för att precisera behov av ytterligare undersökningar och de gränser inom vilket den fortsatta utbyggnaden kan ske. Säkerhetsbedömning kommer även att göras med avseende på säkerhet under anläggningens drift och kan genomföras även för andra syften t ex för att avgöra lämplighetsgraden av en viss teknisk utformning.

När en fullständig säkerhetsanalys har genomförts för slutförvaret uppdateras de konstruktionsförutsättningar, inklusive krav på berget, som ställs med avseende på långsiktig säkerhet. Utifrån de uppdaterade konstruktionsförutsättningarna revideras projekteringen, om detta bedöms nödvändigt.

5.4.3 Säkerhetsredovisning och säkerhetstekniska driftförutsättningar

Ett av villkoren för att kunna inleda uppförandet är att SSM har godkänt den preliminära säkerhetsredovisningen (PSAR). Den preliminära säkerhetsredovisningen kommer att förnyas till en säkerhetsredovisning (SAR) som tillsammans med säkerhetstekniska driftförutsättningar (STF) utgör en del i ansökan om att få inleda provdrift. SAR och STF ska baseras på den uppförda anläggningen och den samfunktionsprovning som genomförts i projektets slutskede. Den del av ledningssystemet som tillämpats på åtgärder med betydelse för säkerheten under anläggningens uppförande utgör ett av underlagen för upprättande av SAR och STF.

Säkerhetsredovisningen kommer i ett senare skede att kompletteras utifrån de erfarenheter, ändringar och avvikelser som identifieras under provdriften. Den kompletterade säkerhetsredovisningen kommer att ligga till grund för SKB:s ansökan om att få inleda rutinmässig drift av Kärnbränsleförvaret.

5.5 Huvudprocess Uppförande

Inom huvudprocess *Uppförande* samlas den verksamhet som har som mål att leverera en uppförd anläggning. Verksamheten omfattar bland annat projektering, undersökningar, modellering, bergarbeten, byggarbeten, konstruktion och montage av tekniska system. I senare delen av projektet sker driftsättning av tekniska system, upprättande av anläggningsdokumentation och uppbyggnad av en driftorganisation. I projektets slutskede sker samfunktionsprovning av anläggningens ingående delar och till sist integrerat med övriga anläggningar i KBS-3-systemet.

5.5.1 Undersökning och modellering

Undersökningar och modelleringar kommer att göras i olika skalor med syftet att:

- ge underlag till ingenjörsmässiga beslut om till exempel injekterings- och förstärkningsåtgärder
- ge underlag för anpassning av förvaret till de platsspecifika förhållandena för att möta konstruktionsförutsättningarna bland annat m a p långsiktig säkerhet
- ge underlag för revision av platsmodell, som i sin tur ska vara underlag för reviderade säkerhetsanalyser.

De första två syftena ingår som en integrerad del i den s k observationsmetoden, se avsnitt 5.5.2 medan det tredje syftet går utöver detta, se avsnitt 5.4. Alla tre syftena kan leda till olika, men även överlappande behov av undersökningar och ett integrerat program som samlat tillgodoser de olika behoven är därför nödvändigt.

Modellering bygger på den metodik som utvecklats och använts under platsundersökningsskedet och de erfarenheter som vunnits. Under uppförandet tillkommer dock ett behov av modellering i olika skalor, ibland mer detaljerad för att tillgodose samtliga syften ovan.

Mer specifika mål, syften och övergripande planer för de fortsatta undersökningarna beskrivs i ramprogram för detaljundersökningarna som redovisas i ansökan. Detta ramprogram konkretiseras sedan ytterligare inför utbyggnaden av de olika förvarsdelarna. Av logistiska skäl organiseras undersökningarna och modelleringen som en del av uppförandeprocessen, dels

eftersom undersökningarna kommer att bedrivas parallellt med pågående produktion och dels eftersom ett väsentligt syfte med undersökningarna är att, genom observationsmetoden, ge underlag till detaljprojekteringen och uppförandet av de olika förvarsdelarna.

5.5.2 Projektering och produktion – observationsmetoden

Eftersom platsförhållanden aldrig kan bestämmas i detalj i förväg måste projekteringen ha en metod för att hantera osäkerheter. För anläggningarna under mark sker detta med hjälp av den s k observationsmetoden. Observationsmetoden är ett sätt att hantera identifierade osäkerheter/risker kopplade till bergförhållandena och till utförandet, men förutsätter att data om bergförhållandena kan tolkas, förstås och omsättas till relevanta åtgärder/förändringar av konstruktion eller utförande tillräckligt tidigt, om detta är motiverat. En del av observationsmetoden avser att styra byggarbetena, så att till exempel, förstärkningen och tätningen anpassas till de erfarenheter som dras om de faktiska förhållanden som konstateras under byggarbetena. En mer komplex – men central – del av observationsmetodens tillämpning för slutförvaret, är platsanpassning för att möta krav från långsiktig säkerhet.

Undersökningar och modellering med olika metoder, och prognos över bergförhållanden är en central aktivitet inom observationsmetoden. Planering och genomförande av detaljerade undersökningar är en löpande process för att i tid ge tillräcklig kunskap om de detaljerade platsförhållandena som kan ligga till grund för att modifiera den detaljerade utformningen av förvarsanläggningen. Projektering och produktion av förvaret genomförs därför etappvis, där utformningen av en viss etapp detaljprojekteras, först när det finns tillgång till detaljerade undersökningsdata från aktuell bergvolym. De prediktioner av bergförhållandena som gjorts och haft betydelse för detaljprojekteringen följs upp vid produktionen av etappen för att ge erfarenheter för detaljprojektering och uppförande av kommande anläggningsdel.

För att observationsmetoden som arbetsmetodik ska ge önskad kvalitet när bergarbetena når förvarsdjup kommer man att i ett tidigt stadium introducera arbetssättet vid drivning av schakt och ramp.

Behovet av vidareutveckling av praktisk tillämpning beskrivs närmare i avsnitt 6.3.7.

6 Teknikutveckling

I detta kapitel redovisas hur teknikutvecklingen styrs för att säkerställa att teknik som uppfyller ställda krav levereras i takt med Kärnbränsleprogrammets behov under uppförande och driftsättning. Kapitlet ger också en översikt av målen för teknikutvecklingen avseende de olika barriärerna.

6.1 Utgångspunkter

Parallellt med arbetet att utforma Kärnbränsleförvaret bedrivs teknikutveckling för att kunna bygga, driva och försluta Kärnbränsleförvaret så att kraven på långsiktig säkerhet, låg stråldos och säkerhet vid arbete i anläggningen samt god yttre miljö på den plats verksamheten sker uppfylls. Den struktur med uppdelning av teknikutvecklingen i ett antal produktionslinjer innebär att det konkreta utvecklingsarbetet genomförs inom produktionslinjer för bränsle, kapsel, buffert, återfyllnad, förslutning och berg. Vidare utvecklas maskiner som är unika för Kärnbränsleförvaret och som därmed inte finns att köpa på marknaden.

Teknikutvecklingen har nu nått ett stadium som innebär att en referensutformning för Kärnbränsleförvaret är fastställd och visats uppfylla de konstruktionsförutsättningar som tagits fram. Samtidigt har en genomförbar väg mot produktion och kontrollprogram påvisats. Fortsatt teknikutveckling behövs när arbetet nu går från principiösningar till lösningar som är anpassade till en industrialiserad process med fastställda krav på kvalitet, kostnad och tidsåtgång.

Teknikutvecklingen har nått längst för komponenter av avgörande betydelse för den långsiktiga säkerheten, som utformningen av kapseln. För andra komponenter, men även för kapseln, kan utformningen behöva modifieras, åtminstone i detaljer. Även möjligheterna att ytterligare förbättra utformningen för att kunna förenkla det tekniska genomförandet med bibehållen eller förbättrad säkerhet behöver undersökas.

6.1.1 Konstruktionsförutsättningar

Teknikutvecklingen ska leverera lösningar för förvarets konstruktion och platsanpassning. Lösningarna ska uppfylla konstruktionsförutsättningar såväl avseende långsiktig säkerhet som med hänsyn till att de olika barriärerna ställer krav på varandra.

Gällande konstruktionsförutsättningar avseende långsiktig säkerhet baseras i huvudsak på slutsatser från säkerhetsanalysen SR-Can samt ett antal kompletterande analyser. Förnyade säkerhetsanalyser kan föranleda förtydliganden eller revideringar av konstruktionsförutsättningarna.

Ett exempel på konstruktionsförutsättningar med hänsyn till att de olika barriärerna ställer krav på varandra är toleranskravet för deponeringshålets dimensioner. Valet av dimensioner för de förkompakterade buffertblocken innebär att deponeringshålets dimensioner måste ligga inom vissa toleranser för att tillåtna densitetsintervall för bufferten ska kunna upprätthållas. Denna typ av konstruktionsförutsättningar redovisas för de olika produktionslinjerna och kan behöva revideras om referensutformningen ändras.

6.1.2 Platsanpassade lösningar

Valet av Forsmark som plats för slutförvaret för använt bränsle innebär att det nu är möjligt att inrikta den fortsatta teknikutvecklingen mot de förhållanden som förväntas där. Den förväntat låga frekvensen av vattenförande sprickor innebär att vissa moment som varit och är föremål för teknikutveckling bör kunna prioriteras ned. Det gäller exempelvis arrangemang för att hantera vatten i deponeringshål. Den bergtekniska utvecklingen kan inriktas på bergarbeten i en miljö med sprickfattigt, höghållfast berg och relativt höga bergspänningar.

6.2 Styrning och redovisning

Styrning av teknikutvecklingen inom de olika produktionslinjerna sker genom Kärnbränsleprogrammets beställarfunktion som har som uppgift att:

- Utveckla och förvalta de krav och konstruktionsförutsättningar som styr teknikutvecklingen.
- Samordna arbetet mellan de olika linjerna så att KBS-3-systemet som helhet uppfyller kraven avseende långsiktig säkerhet och drift.
- Styra utvecklingen efter de behov som projekt Inkapslingsanläggning och projekt Kärnbränsleförvaret har vad gäller hur långt olika delar måste ha utvecklats vid olika tidpunkter för att utgöra underlag för projektering, uppförande, installationer och funktionstester.

För att åstadkomma denna styrning tillämpar Kärnbränsleprogrammet systematisk kravhantering. Det innebär att beslut om att ändra lösningar i förhållande till gällande referensutformning eller referensverksamhet sker på ett systematiskt och styrt sätt. Syftet är att säkerställa att alla arbetar utifrån samma förutsättningar. Referensutformning och referensverksamhet definieras som de lösningar som gäller vid ett visst tillfälle och som alla som arbetar med utveckling av anläggning och teknik ska använda som förutsättningar. Alla uppdrag för de olika produktionslinjerna definieras i enlighet med en leveransstyrmodell för teknikutvecklingen (se avsnitt 6.2.1).

Alla resultat från teknikutvecklingen inom produktionslinjerna utgör underlag för säkerhetsredovisningen för slutförvar och inkapslingsanläggning. Resultat och utförande ska därför uppfylla krav på kvalitetssäkring, spårbarhet och dokumenterad värdering av kravuppfyllelse. Hur detta ska ske regleras i SKB:s ledningssystem.

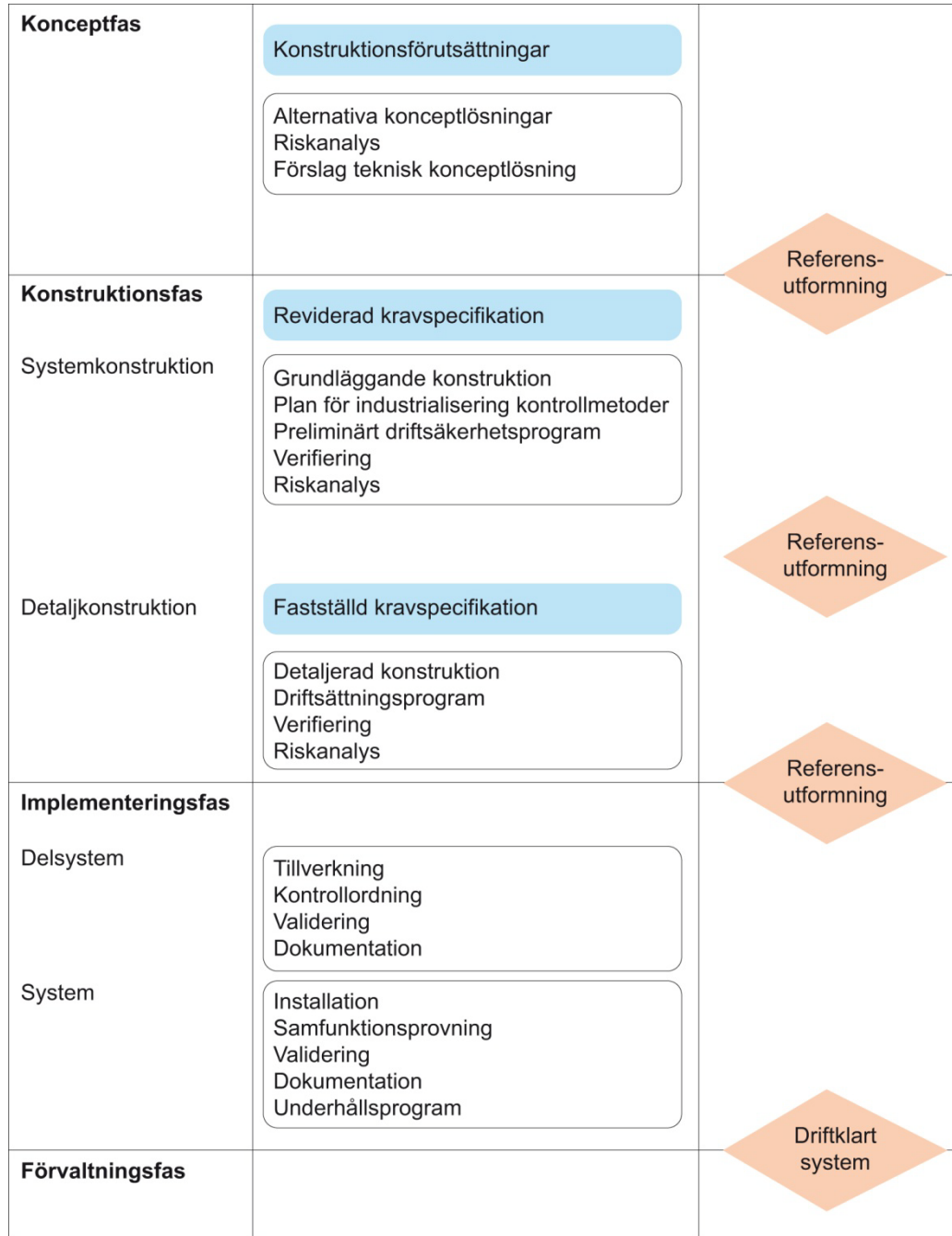
6.2.1 Leveransstyrmodell

SKB har tagit fram en metodik för styrning av teknikutveckling för slutförvaret för använt bränsle, en leveransstyrmodell. Metodiken går ut på att precisera vilken mognadsgrad utvecklingen av olika delkomponenter måste ha uppnått inför milstolparna byggstart, start utbyggnad av första deponeringsområdet, start samfunktionsprovning och driftstart. Leveransstyrmodellen syftar således till att förtydliga hur teknikutvecklingens olika komponenter kopplar till genomförandet av slutförvarssystemet. Vidare ska leveransstyrmodellen säkerställa att beställarna ger utförarna tydligt preciserade uppdrag så att de levererar rätt saker i förhållande till kraven och de två anläggningsprojektens behov av leveranser.

Grundtanken bakom modellen är att utvecklingen indelas i ett antal faser och att det för varje fas finns en specifikation för vad som ska ha uppnåtts och således vad som ska föreligga som underlag för beslut att gå vidare till nästa fas.

Modellen indelar teknikutvecklingen i följande faser, se även figur 6-1.

- *Konceptfas:* Syftet med konceptfasen är att specificera kraven på delsystemet eller komponenten, utvärdera flera tänkbara lösningar och föreslå en eller flera tekniska lösningar att gå vidare med i nästa fas. Det innebär att en referensutformning (eller flera alternativa referensutformningar) för delsystemet ska kunna fastställas, att det påvisats hur denna (dessa) kan verifieras mot de konstruktionsförutsättningar som angetts inför konceptfasen och att en genomförbar väg mot produktion och kontrollprogram har påvisats.
- *Konstruktionsfas:* Syftet med konstruktionsfasen är att ta fram en konstruktion av delsystemet eller komponenten, att verifiera att den uppfyller kraven samt att ta fram förslag avseende produktion, kontroll och underhåll av delsystemet/komponenten. Konstruktionsfasen kan vara iterativ då det kan visa sig att föreslagen lösning inte fyller kraven eller inte kan produceras eller kontrolleras på ett effektivt sätt. Konstruktionsfasen består i regel av två delar, en inledande *systemkonstruktion* och en avslutande *detaljkonstruktion*.
- *Implementeringsfas:* Syftet med implementeringsfasen är att bygga upp produktions- och kontrollsystem. Fasen innefattar också den dokumentation inklusive eventuell licensiering som behövs för drift av delsystemet/komponenten. Målet med implementeringsfasen är att systemet/komponenten ska vara intrimmat och klart för överlämnande till driften.
- *Förvaltningsfas:* Förvaltningsfasen börjar när systemet/komponenten tagits i drift. Målet med denna fas är att på ett strukturerat sätt tillvarata drifterfarenheter och ge underlag för eventuella modifieringar av såväl produktionsapparat som produkt. Om och när det är motiverat initieras ett ändringsärende/projekt.



Figur 6-1. Leveransstyrmodell för teknikutvecklingen

I samband med att SKB lämnat in ansökningar för slutförvarssystemet har teknikutvecklingen uppnått konceptfasen. Vissa delar av teknikutvecklingen har nått längre. Senast inför samfunktionsprovningen ska utvecklingen av alla system och komponenter ha uppnått implementeringsfasen.

6.2.2 Rapportering

Resultaten från teknikutvecklingen dokumenteras av utföraren och rapporteras till beställaren, som underlag till säkerhetsredovisningen. Där anges referensutformning, visas att referensutformningen uppfyller angivna konstruktionsförutsättningar, redovisas hur

referensutförningen kan åstadkommas med metoder för kontroll/verifiering av uppnådda resultat, samt redovisas initialtillstånd för de olika barriärerna. I ansökningarna för uppförande och drift av slutförvarsanläggningen görs denna redovisning i så kallade linjerapporter.

6.3 Behov av teknikutveckling

I och med att SKB lämnar in ansökan om tillstånd enligt kärntekniklagen för slutförvars- och inkapslingsanläggningarna ska teknikutvecklingen, med leveransstyrmodellens definition, minst ha uppnått målen för konceptfasen. Det vill säga referensutförningar som uppfyller konstruktionsförutsättningarna har redovisats och genomförbara vägar mot produktion och kontrollprogram har anvisats. För många delsystem återstår ett konstruktionsarbete innan de är redo för implementering. Utvecklingsbehoven diskuteras översiktligt i de avsnitt som följer och sammanfattas i tabell 6-1.

6.3.1 Övergripande

Med linjerapporterna har SKB visat att den valda referensutförningen uppfyller konstruktionsförutsättningarna. I det fortsatta konstruktionsarbetet är det viktigt att inrikta insatserna på lösningar som är effektiva för det integrerade systemet. Det finns därför ett behov av att fokusera på ett antal linjeövergripande frågor. Dessutom innebär den metodik som valts för att ta fram konstruktionsförutsättningar med avseende på säkerheten att de måste uppdateras när en säkerhetsanalys genomförs. Ett antal övergripande mål har lagts fast:

- Efter varje större uppdatering av säkerhetsredovisningen uppdateras konstruktionsförutsättningarna utifrån säkerhetsredovisningens analyser och slutsatser.
- En ännu mer integrerad kravbild mellan de olika linjerna utvecklas. Syftet är att kunna tillåta mer optimala lösningar, som också tar hänsyn till de förväntade förhållandena i Forsmark. Det gäller till exempel krav på tillfarter, krav på förslutning, krav på geometri för sulan i deponeringstunneln, avfasningen av deponeringshål, toleranser för deponeringshål och buffert samt inflödeskrav.
- Integrerad kravbild för bränsle och kapsel avseende bland annat toleranser för resteffekt och vatten i kapseln. Denna kravbild måste vara klar inför systemkonstruktion av inkapslingsanläggningen.
- Integrerad produktionsanpassning avseende berguttag, kontrollprogram, deponering och återfyllning behöver göras. Arbetet omfattar att, från den vidareutvecklade integrerade kravbilden för slutförvarets olika delar, tillse att de olika bygg- och produktions-processer som utvecklats inom de olika linjerna kan fungera tillsammans.
- Databasstrukturer och rutiner för informationsflödet i genomförandeprocessen utvecklas och underhålls. De är viktiga verktyg för redovisning och integration av kontrollprogram inom de olika linjerna och för att styrka att förvaret utformats i enlighet med fastlagda konstruktionsförutsättningar.

6.3.2 Bränslelinjen

Bränslelinjen utgår från det beräknade tillståndet för allt använt bränsle som ska deponeras, i form av inventarium av radionuklider, resteffekt och andra parametrar av betydelse för den långsiktiga säkerheten. Även om inventariet kan skilja sig mycket mellan olika bränslelement

med olika drifhistoria begränsas variationen för en given kapsel av att bränsleelementen för en kapsel bara får uppgå till en högsta resteffekt (1700 W). Därmed är det möjligt att på ett förenklat sätt beräkna konsekvenserna för långsiktig säkerhet utan att dessa underskattas. De bränsleparametrar som påverkar hanteringen av bränslet och som behövs för analys av säkerheten har också betydelse för kärnkraftverkens säkra och effektiva drift. Program för beräkning av parametrarna finns därför tillgängliga redan idag.

Fortsatta utvecklingsinsatser handlar huvudsakligen om att ge underlag för utformning av inkapslingsprocessen. Vidare behövs insatser för att få mer detaljerad kunskap om bränslet. Det planerade utvecklingsarbetet omfattar följande områden:

- Fortsatta mätningar av resteffekt på enskilda bränsleelement i Clab. Syftet är bland annat att få ett bättre statistiskt underlag. Målet är att en mätmetod för bestämning av resteffekt ska vara utvecklad när inkapslingsanläggningen börjar byggas.
- Utredda olika tekniker för att torka bränslet i Clink, inklusive PWR-bränsle med styrvstav. I insatsen ingår att inventera tänkbara tekniker, välja metod samt planera utvärderingen av den valda metoden. Målet är att kunna fatta beslut om metod för torkning inför detaljprojektering av Clink.
- Analysera sannolikheten för kriticitet i kapslar med udda bränsletyper, bland annat PWR-bränsle med hög anrikning och låg utbränning, samt utreda hur sådant PWR-bränsle ska hanteras.

6.3.3 Kapsellinjen

Kapsellinjerapporten visar att vald referensutformning för kapseln är tekniskt möjlig att åstadkomma och att den uppfyller ställda konstruktionsförutsättningar. Utvecklingen av kapseln har passerat konceptfasen och delar ligger redan nu långt inne i konstruktionsfasen. Det gäller särskilt kapseln med insats för BWR-element.

Utvecklingen av de olika processerna för tillverkning av kapselkomponenter, svetsning för förslutning kapseln samt kontroll av komponenter och svetsar har kommit olika långt. Kopparkomponenterna kan tillverkas med flera varmformningsmetoder. SKB har tillverkat komponenter som uppfyller krav på dimensioner, materialstruktur och materialsammansättning. Svetsning av kopparkomponenter med FSW (friction stir welding) har genomförts med hög reproducerbarhet och liten förekomst av defekter. Kapselinsatser för BWR-element kan idag tillverkas med en kvalitet som med marginal uppfyller krav på dimensioner och materialegenskaper. Utveckling pågår för att nå motsvarande nivå på tillverkningstekniken för PWR-insatser. Metoderna för kontroll av kapslar vidareutvecklas.

Det behövs även utveckling som underlag för mer detaljerande acceptanskriterier, industrialisering av provnings- och kontrollmetoder vid tillverkning och hantering i Clink samt utveckling och studier av hur kapseln hanteras och deponeras. Därvid ingår bland annat att anpassa processerna för svetsning och oförstörande provning (OFP) av förslutning till strålningsmiljön i Clink samt att fastställa provningsprocedur och verifiera tillförlitligheten för OFP av kapslar med ultraljud, samt ta fram teknik för att påvisa och storleksbestämma ytdefekter och ytdeformationer.

Sammanfattningsvis omfattar det planerade utvecklingsarbetet inom kapsellinjen följande huvudområden:

- Kapselutformning - Analyser av kapseln
- Tillverkning och provning av insatser
- Tillverkning och provning av kopparkomponenter
- Förslutning och provning av svetsen
- Hantering och deponering av kapslar i Kärnbränsleförvaret innefattande utveckling av rampfordon för nedtransport av kapseln till omlastningsstation i centralområdet samt vidareutveckling av deponeringsmaskinen.

6.3.4 Buffertlinjen

Buffertlinjerapporten visar att vald referensutformning för bufferten uppfyller konstruktionsförutsättningarna och att den är tekniskt genomförbar. Utvecklingen av bufferten har passerat konceptfasen. Teoretiskt kan dock den vattenmättade densiteten för installerad buffert lokalt överskrida gränserna för acceptabelt densitetsintervall för extrema kombinationer av deponeringshålens geometri och densitet för buffertblock och pellets.

Studier visar att det går att uppnå densitet och materialsammansättning hos pressade block och pellets inom de intervall som krävs enligt konstruktionsförutsättningarna. Med konventionell teknik bör det dessutom vara möjligt att ytterligare minska variationsbredden, vilket bedöms vara en fördel från säkerhetssynpunkt även om inga formella krav har ställts upp. Det fortsatta utvecklingsarbetet inom buffertlinjen har därför primärt följande mål:

- Slutföra konstruktionen av bufferten inom vald referensutformning så att systemkonstruktion kan fastläggas innan byggstart och implementeringsfas uppnåtts innan samfunktionsprovning.
- Utveckla metod och konstruera utrustning för att tillverka bentonitblock i tid till systemkonstruktion av produktionsbyggnaden.

Till dessa mål ska även fogas ett antal frågor som griper över hela systemet buffert, återfyllning och förslutning. Exempelvis skulle buffertinstallationen kunna förenklas genom att bottenplatta och buffertskydd tas bort, men det förutsätter att även deponeringssekvensen med återfyllningen modifieras. Följande insatser planeras:

- Demonstration av hur buffert och återfylld tunnel utvecklas i full skala genom brytning av prototypförvaret.
- Värdering av alternativa metoder för deponering och återfyllnadssekvenser med målet att kunna fastställa metod för att hantera snabb återmättnad och mottryck utan bottenplatta och buffertskydd.
- Klargöra att det finns tillräcklig förståelse av processerna erosion innan bufferten mätas, vattenmättnad, självläkning och homogenisering för buffert och återfyllning, genom analys av experimentella data och modellstudier. Målet är att kunna bestämma utvecklingen av densitet och svälltryck för det samverkande systemet buffert, återfyllning och plugg för tiden mellan installation och förvarets förslutning så väl att mer praktiskt användbara konstruktionsförutsättningar för dessa systemdelar kan formuleras.

- Utveckling av transportsystem för transport av buffert och återfyllnadsmaterial mellan produktionsbyggnad och aktuellt deponeringsområde i Kärnbränsleförvaret.

6.3.5 Återfyllnadslinjen

Produktionslinjerapporten för återfyllnaden visar att vald referensutformning för återfyllnaden är tekniskt möjlig att åstadkomma och att den uppfyller angivna konstruktionsförutsättningar. Utvecklingen av återfyllningen har passerat konceptfasen. Installationen av återfyllningen kan sannolikt förenklas jämfört med nuvarande referensutformning. Vidare gäller att de förväntat mycket låga inflödena i Forsmark bör kunna möjliggöra en enklare installation än den som nu förutsätts.

Även för utformning av pluggar återstår utvecklingsarbete. Det gäller inte minst vilka täthetskrav som behöver ställas för att säkerställa ett kontrollerat svällningsförlopp hos återfyllningen och för att i tillräcklig grad förhindra erosion i buffert och återfyllning. Förutom de övergripande mål för hela systemet buffert, återfyllning och förslutning som redovisas i avsnitt 6.3.4 har det fortsatta konstruktionsarbetet inom återfyllnadslinjen primärt följande mål:

- Slutföra konstruktionen av återfyllningen inom vald referensutformning så att systemkonstruktion kan fastläggas innan byggstart och implementeringsfas uppnåtts innan samfunktionsprovning.
- Slutföra konstruktion av pluggen för deponeringstunnlar så att systemkonstruktion kan fastläggas innan byggstart och implementeringsfas uppnåtts innan samfunktionsprovning.

6.3.6 Förslutningslinjen

Med undantag för vissa borrhål kommer förslutning av förvaret inte att påbörjas förrän allt använt bränsle har deponerats. Detaljkonstruktion och implementering är därför inte aktuellt förrän om mer än 50 år. Nu gällande referensutformning för förslutningen, som i väsentliga delar bygger på referensutformningen för återfyllningen, kommer därför sannolikt att modifieras och förenklas så att den svarar mot de lägre krav som bör gälla för förslutningen jämfört med återfyllningen. Det gäller både materialsammansättning och geometrisk konfiguration. De krav som behöver ställas på bergguttaget i tillfarterna utgör ett viktigt undantag. Dessa behöver fastläggas innan byggstart för att säkerställa att utformningen och produktionen av tillfarterna möjliggör en ändamålsenlig förslutning.

Förutom de övergripande mål för hela systemet buffert, återfyllning och förslutning som redovisas i avsnitt 6.3.4 har det fortsatta arbetet med teknikutveckling inom förslutningslinjen primärt följande mål:

- Vidareutveckla referensutformningen för förslutning av förvaret med primärt fokus på att fastställa krav på bergguttag i tillfarter innan byggstart. En ny konceptfas genomförs. Efter reviderad referensutformning utvecklas konstruktionen.

6.3.7 Berglinjen

Berglinjerapporten visar att vald referensutformning är tekniskt möjlig att åstadkomma och att den uppfyller angivna konstruktionsförutsättningar. För ett fåtal konstruktionsförutsättningar är bedömningen att det finns osäkerheter som kräver fortsatt teknikutveckling. Vidareutveckling behövs även för att omsätta resultat från fullskaleförsök på Äspö till industriell process.

Bergprojekteringen kommer, som redovisats i tidigare avsnitt, att genomföras med hjälp av observationsmetoden. Metoden är ursprungligen avsedd för geoteknisk konstruktion, men behöver vidareutvecklas för att vara det centrala verktyget för att säkerställa att förvaret platsanpassas med hänsyn till krav på långsiktig säkerhet. Detaljundersökningar utförs i steg inför och under pågående byggproduktion och logistiken för hur dessa samordnas med byggproduktionen behöver klarläggas. Resultat från detaljundersökningarna, med tillhörande modellering, utgör det viktigaste underlaget för dimensionering av bergutrymmena och platsanpassning av layouten. Det behöver också säkerställas att behoven för säkerhetsredovisningen tillgodoses.

Industrialisering av bergbyggnadsprocessen omfattar att utveckla produktionsmetoder som är anpassade till de krav som ställs för berguttag, stabilitet och täthet. Använda konstruktionsmaterial måste uppfylla krav med hänsyn till långsiktig säkerhet. Det gäller främst att cementbaserade material som injekteringsbruk, sprutbetong, bultbruk och konstruktionsbetong ska ha $\text{pH} < 11$ ("låg-pH") åtminstone inom förvarsområdet. Det bedöms att konventionella material kan användas i de övre delarna av förvarets tillfarter.

Inom huvudområdet maskiner behövs i första hand en bormaskin för deponeringshål utvecklas. Erfarenheter från försök på Äspö visar att de maskiner som behövs för berguttag och injektering i tillfarter, i första hand tunneldrivningsaggregatet och injekteringsutrustning, har förutsättningar att klara idag ställda krav.

Utveckling av planer för leveranskontroller av byggnadsmaterial samt utförande- och resultatkontroller av bergarbetena är en viktig del för att styra och verifiera att ställda krav uppnåtts. Detta är en integrerad del av industrialiseringen av bergbyggnadsprocessen som kommer att vara fastställd i samband med de första bergarbetena för slutförvarsanläggningens tillfarter. Dokumentation av var och hur tunnarna uppförts kommer att vara en viktig leveransbilaga till kommande säkerhetsredovisning.

Det fortsatta arbetet inom berglinjen har därför primärt följande mål:

- Utveckla metodiken för bergprojektering och tillämpningen av observationsmetoden. Utvecklingen avser i första hand: strategier för platsanpassning av deponeringsområden och strategier för samordning av detaljundersökningar och byggproduktion.
- Vidareutveckla metoder och utrustning för detaljundersökningar med tillhörande modellering.
- Utveckla produktionsmetoder anpassade till de krav som ställs för berguttag, stadga och täthet. Målet för arbetet är i första hand att kunna ansätta rimliga utförandekrav i samband med upprättande av förfrågningshandlingar och den första bygghandlingen (för Kärnbränsleförvarets tillfarter).
- Säkerställa att godkända och tillräckligt beprövade konstruktionsmaterial är tillgängliga när tillfarterna har passerat nivån under toppförslutningen.
- Säkerställa att olika specialmaskiner som behövs finns tillgängliga i tid.
- Utveckla bormaskin för deponeringshål.
- Kontrollplaner, inklusive format och rutiner för dokumentation och för relationshandlingar, ska vara utvärderade och fastställda i samband med att de första bergarbetena startar.

6.3.8 Sammanfattning

Tabell 6-1 sammanfattar hur långt teknikutvecklingen inom olika områden måste ha nått, i relation till angivna, viktiga milstolpar för genomförandeprogrammet.

Tabell 6-1. Planerad status för teknikutvecklingen inför olika etapper av uppförande och driftsättning.

Utvecklingsbehov	Inför byggstart	Inför utbyggnad deponeringsområden – sammankoppling Clink	Inför samfunktionsprovning	Inför driftstart
Linjeövergripande				
Konstruktionsförutsättningar avseende driftsäkerhet och långsiktig säkerhet.	Reviderade med hänsyn till resultat från säkerhetsanalyser.	Eventuell revision om ny kunskap av betydelse för säkerheten har tillkommit.		
Integrerad kravbild för bränsle och kapsel avseende bland annat toleranser för resteffekt och vatten i kapseln.	Klart i tid för systemkonstruktion av inkapslingsanläggningen.			
Vidareutvecklad, samlad kravbild för tillfarter, samt för deponeringshåll och deponeringstunnlar.	Kravbild reviderad i tid för systemprojektering av Kärnbränsleförvaret.	Kravbild reviderad i tid för detaljprojektering av deponeringsområde.	Förvaltning och förbättring	Förvaltning och förbättring
System för Informationshantering i genomförandeprocessen.	Detaljkonstruktion slutförd	Implementering slutförd.	Förvaltning och förbättring	Förvaltning och förbättring
Verktyg för produktionsstyrning och logistik.	Systemkonstruktion slutförd.	Detaljkonstruktion slutförd.	Implementering pågår	Implementering slutförd.
Bränslelinjen				
Mätmetod för bestämning av resteffekt och andra bränsleparametrar	Implementering slutförd vid byggstart för inkapslingsanläggningen.	Förvaltning och förbättring	Förvaltning och förbättring	Förvaltning och förbättring
Metod för att torka bränsle	Metod vald inför detaljprojektering av Clink	Konstruktion pågår	Implementering pågår	Förvaltning och förbättring
Kriticitetsanalyser för PWR-bränsle med hög anrikning och låg utbränning	Valt alternativ för hantering av sådant bränsle redovisas i ansökan om utbränningskreditering för Clab	Implementering pågår	Förvaltning och förbättring	Förvaltning och förbättring

Utvecklingsbehov	Inför byggstart	Inför utbyggnad deponeringsområden – sammankoppling Clink	Inför samfunktionsprovning	Inför driftstart
Kapsellinjen				
Utförning och analys av kapseln	Detaljkonstruktion slutförd	Implementering pågår	Förvaltning och förbättring	Förvaltning och förbättring
Metoder och utrustning för tillverkning och oförstörande provning (OFP) av insatser	Detaljkonstruktion slutförd	Implementering pågår	Implementering pågår	Förvaltning och förbättring
Metoder för tillverkning och provning av kopparkomponenter	Detaljkonstruktion slutförd	Implementering pågår	Implementering pågår	Förvaltning och förbättring
Metoder och utrustning för svetsning och OFP av svetsar	Systemkonstruktion slutförd	Detaljkonstruktion slutförd	Implementering pågår	Implementering slutförd
Inkapslingsprocess med nuklearisering, inklusive svets och OFP.	Systemkonstruktion slutförd	Detaljkonstruktion slutförd	Implementering pågår	Implementering slutförd
Hantering och deponering av kapslar i slutförvarsanläggningen.	Systemkonstruktion slutförd	Detaljkonstruktion slutförd	Implementering pågår	Implementering slutförd
Specialmaskiner: Rampfordon och deponeringsmaskin.	Systemkonstruktion slutförd.	Detaljkonstruktion slutförd.	Implementering pågår	Implementering slutförd
Buffertlinjen				
Vidareutveckling av bufferten inom vald referensutförning.	Systemkonstruktion slutförd	Detaljkonstruktion slutförd	Implementering pågår	Implementering slutförd
Metod och utrustning för att tillverka bentonitblock och pellets.	Systemkonstruktion slutförd	Detaljkonstruktion slutförd	Implementering pågår	Implementering slutförd
Fullskaledemonstration av funktionen hos buffert och återfylld tunnel.	Brytning av prototypförvaret slutförd.			
Alternativa metoder för deponering och återfyllnadssekvenser.	Konceptfas slutförd. Ev beslut om ändrad referensutförning.			
Kvantitativ beskrivning av utvecklingen av densitet och svälltryck för det samverkande systemet buffert, återfyllning och plugg för tiden mellan installation och förvarets förslutning.	Underlag för eventuell revidering av konstruktionsförutsättningar för återfyllnad och plugg klart.			
Transportsystem för buffert och återfyllnadsmaterial.	Systemkonstruktion slutförd.	Detaljkonstruktion slutförd.	Implementering pågår	Implementering slutförd

Utvecklingsbehov	Inför byggstart	Inför utbyggnad deponeringsområden – sammankoppling Clink	Inför samfunk- tionsprovning	Inför driftstart
Återfyllnadslinjen				
Vidareutveckling av återfyllningen inom vald referensutförande.	Systemkonstruktion slutförd.	Detaljkonstruktion slutförd.	Implementering pågår	Implementering slutförd
Plugg för deponeringstunnel	Systemkonstruktion slutförd.	Detaljkonstruktion slutförd.	Implementering pågår	Implementering slutförd
Förslutningslinjen				
Referensutförande samt installationsmetod för förslutning.	Krav på berguttag i tillfarter fastställda.	Systemkonstruktion påbörjad.	Systemkonstruktion pågår.	Systemkonstruktion slutförd
Berglinjen				
Metodik för bergprojektering.	Metodik avseende tillfarter klar för implementering	Metodik avseende deponeringsområde klar för implementering	Förvaltning och förbättring	Förvaltning och förbättring
Verktyg för detaljundersökningar.	Instrument och metoder för undersökningar i tillfarter klara att implementeras.	Instrument och metoder för undersökningar i deponeringsområde klara att implementeras.	Förvaltning och förbättring.	Förvaltning och förbättring
Utförandemetoder, byggnadsmaterial och specialmaskiner.	Metoder etc för tillfarter klara att implementeras.	Metoder etc för deponeringsområde klara att implementeras.	Förvaltning och förbättring	Förvaltning och förbättring
Bormaskin för deponeringshål.	Systemkonstruktion slutförd	Detaljkonstruktion slutförd	Implementering pågår	Implementering slutförd
Verktyg för datahantering och visualisering.	Detaljkonstruktion slutförd	Implementering slutförd.	Förvaltning och förbättring	Förvaltning och förbättring

7 Fördjupning av kunskap och forskning

7.1 Utgångspunkter och övergripande strategi

En genomgripande analys och utvärdering av den långsiktiga säkerheten hos ett förvar för använt bränsle har gjorts inom ramen för SR-Site /SKB 2011/. Underlaget till SR-Site är resultatet av 30-års dedicerad forskning och teknikutveckling samt kunskap som tagits fram för andra ändamål. Analysen innefattar även en utvärdering av vilka processer som är av betydelse för långsiktig säkerhet, tillgänglig kunskap om dessa processer, utvärdering av förvarets konstruktion (referensutformning) samt utvärdering av de metoder som kommer att tillämpas vid tillverkning och kontroll av komponenter i systemet.

Slutsatsen i SR-Site är att slutförvaret i Forsmark är säkert och uppfyller SSM:s riskkriterium. Kunskapsnivån bedöms tillräckligt hög för att gränssätta betydelsen av identifierade osäkerheter. I analysen identifieras ett antal områden där ytterligare kunskap kan bidra till att reducera kvarvarande osäkerheter samt där ytterligare teknikutveckling kan leda till förbättring eller förenkling av systemets referensutformning. Slutsatserna från SR-Site utgör den viktigaste grunden för planering och prioritering av fortsatt forskning och utveckling i syfte att ytterligare förbättra den långsiktiga säkerheten eller för att bättre kunna bedöma den.

Den fortsatta forsknings- och utvecklingsverksamheten har som mål:

- Att minska osäkerheter i bedömningen av processer och händelser av betydelse för den långsiktiga säkerheten genom att förbättra förmågan att förutsäga hur förvaret utvecklas med tiden. Dessa osäkerheter och förslag till program redovisas i SR-Site avsnitt 15.7. Det innebär att SKB fortsätter att bedriva grundläggande forskning kring till exempel korrosionsmekanismer, materialegenskaper, termo-hydro-mekaniska processer, processer som påverkar omvandlingen av olika lermineral, grundvattenströmning, geokemi och transportprocesser för radionuklider.
- Att ge underlag till att förenkla och optimera verksamheten genom fortsatt teknikutveckling. Även teknikutveckling för produktionstekniska eller ekonomiska förbättringar kan komma ifråga.

SKB:s forskning har en stor bredd och omfattar många olika ämnesområden. Detta framgår av SKB:s Fud-program och sammanställningen av så kallade FEPs (Features Events and Processes) som finns som underlag till SR-Site. För att undersöka, förutsäga och bedöma konsekvenser av händelser över långa tidsperioder krävs en bredd i metodik. Metodiken utgår från vetenskapssamhällets grundläggande naturvetenskapliga kunskap vilken utgör grunden för värdering av vilka processer som kan påverka förvarets utveckling. För prediktioner – eller för att gränssätta konsekvenserna av framtida händelser – erfordras riktade experiment och undersökningar vars resultat formuleras i empiriska och matematiska samband. Undersökningar kan även ge resultat som prövar tilltron till det som idag anses etablerad vetenskaplig sanning och som i så fall måste undersökas ytterligare. De metodiker som tillämpas är:

- **Konceptuella modeller** som ger uttryck för hur kända företeelser samverkar med varandra i ett tänkt slutförvarssystem och som därmed bidrar till förståelsen av hela systemets funktion.

- **Laboratorieexperiment** som ger kunskap om och underlag till kvantifiering av processer under kontrollerade förhållanden. Parametrar som ingår i modeller kan varieras, egenskaper bestämmas och modeller kan testas.
- **Matematiska modeller** som kvantifierar naturvetenskapliga fenomen och utgör grunden för kvantitativa prediktioner. De matematiska modellerna baseras på teoretiska resonemang och/eller empiriska samband.
- **Fältexperiment** i större skala som ger möjlighet att prova system under realistiska förhållanden. Fältexperimenten kan visa om ett system beter sig som förväntat, eller användas för att kontrollera att processer av betydelse inte försummas. Fältexperiment medger ofta bara en begränsad möjlighet att variera eller kontrollera randvillkor vilket kan leda till svårigheter att kvantifiera processer. Tidsutsträckningen är också begränsad jämfört med de tidsskalor som utvärderas i säkerhetsanalysen. Resultaten från fältexperiment kan därför komma att domineras av processer kopplade till en initial störning av systemet som har begränsad betydelse för systemets utveckling på lång sikt.
- **Naturliga analogier** som möjliggör studier av den fulla komplexiteten hos ett naturligt system under mycket långa tidsperioder. Två aspekter som inte är möjliga att studera i laboratorie- eller fältexperiment. Studier av naturliga analogier kan ge tilltro till de prediktioner som gjorts i säkerhetsanalysen men nackdelen är att initialtillstånd och övriga randvillkor i allmänhet är ofullständigt kända.
- **Data från den valda förvarsplatsen**, Forsmark, som ger information om egenskaper av betydelse för slutförvaret. De kommer att ge ytterligare värdefullt underlag för planering av fortsatt forskning och utveckling.

Fortsatt detaljering av planering för forskning och utveckling kommer att ske stegvis alltefter som utbyggnaden av förvaret ger underlag i form av mer detaljerad kunskap om förvarsberget. Innan kapslarna börjar deponeras i det första deponeringsområdet (det vill säga innan provdrift) kommer en förnyad säkerhetsredovisning att göras. Den förnyade säkerhetsredovisningen kommer att innefatta en analys av den långsiktiga säkerheten baserad på uppdaterad kunskap om förvarsberget, aktuell referensutformning och då aktuellt kunskapsläge om processer av betydelse för långsiktig säkerhet.

En stor del av SKB:s experimentella verksamhet bedrivs idag vid Äspölaboratoriet, Bentonitlaboratoriet och Kapsellaboratoriet. Fältexperiment och teknikutveckling i förvarsliknande miljö kommer i huvudsak att bedrivas i Äspölaboratoriet ända tills byggandet av tillfarter och centralområde vid slutförvaret i Forsmark är färdigt. När byggande av deponeringsområdena börjar kommer delar av fältverksamheten att flyttas till Forsmark. SKB kommer även att nyttja andra anläggningar för experiment, såsom Onkalo och Grimsel, och då i samarbete med andra organisationer.

7.2 Prioriterade forskningsområden

Nedan redovisas de prioriterade forskningsområden som i SR-Site utpekats som områden där ytterligare kunskap behövs.

7.2.1 Kopparkorrosion

Koppar är ett beständigt material i den miljö som råder i slutförvaret, men kan under vissa omständigheter korrodera. Det är framförallt tillgång på sulfid och initialt även löst syre som kan orsaka korrosion. Korrosionens omfattning påverkas av den hastighet med vilken korrosiva ämnen transporteras till kapseln och korrosionsprodukter transporteras därifrån.

Ytterligare studier kommer att göras av tillgängligheten av ämnen som kan korrodera koppar, i första hand sulfid, under förvarsförhållanden. Förekomst av sulfid i grundvatten kommer att studeras genom provtagning och analys av grundvatten i Forsmark och på Äspö. Själva provtagnings- och analysförfarandet kommer också att studeras för att utreda huruvida förfarandet i sig kan påverka analysresultaten, på vilket sätt påverkan i så fall sker och hur ett eventuellt sådant problem kan elimineras.

Kopparkorrosion påverkas även av tillgången på mikroorganismer genom att de kan påverka den kemiska miljön dels genom sulfidbildning dels genom reduktion av syre. Mikroorganismer bidrar till att hålla den kemiska miljön i när- och fjärrområdet vid en låg och stabil redox-potential.

Påverkan av mikroorganismer kommer att studeras, till exempel så har studier inletts av sulfidbildande bakteriers förmåga att bilda en biofilm på koppar i kompakterad bentonit. I studien placeras kopparbitar i block av kompakterad bentonit av olika densitet vilka sedan får komma i kontakt med grundvatten på 450 meters djup i Äspölaboratoriet samtidigt som bakteriernas näringstillförsel varieras på olika sätt.

Små kopparbitar placerade i bentonit finns i Prototypförvaret och LOT-experimentet som utförs i Äspölaboratoriet (se 7.3.1 och 7.3.2). Syftet med experimenten är att studera den totala korrosionen i kopparbentonitsystemet efter olika långa tider. De hittills genomförda LOT-experimenten har brutits (tre av sex experiment är avslutade) efter att kopparbitarna legat cirka 1, 2 respektive 6 år i bentonit. För Prototypförvaret planeras brytning av den yttre delen under 2011, efter cirka 8 år. För att få en spridning i de tider kopparbitar och bentonit varit exponerade för förvarsliknande förhållanden planeras upptag av nästa LOT-paket att ske 2016, dvs cirka 16 år efter installationen. Målsättningen är att data från dessa experiment ska vara utvärderade och finnas som underlag till den förnyade säkerhetsredovisningen som kommer att göras inför provdriften.

Studier i syfte att ytterligare öka kunskapen om korrosionsmekanismerna kommer att fortsätta dels med hjälp av laboratorieexperiment där en del dem pågår under lång tid dels som teoretiska beräkningar.

7.2.2 Bentoniterosion

Av SR-Site framgår att det med nuvarande kunskap inte går att utesluta att bentonitbufferten utsätts för kemisk erosion vid exponering för grundvatten med låg salthalt. Den modell som används i SR-Site för att beräkna erosionen av bentonit bygger dessutom på ett förenklat system och överskattar troligtvis erosionen. För att i kommande säkerhetsredovisningar kunna göra mer realistiska, mindre pessimistiska antaganden, är det därför viktigt att fortsätta med ytterligare studier inom området.

Det finns fortfarande osäkerheter om hur kalcium påverkar processen särskilt för buffertmaterial med en blandning av natrium och kalcium som motjon. Ett projekt har därför startats med syftet att bygga upp en modell som kan beskriva svällning och erosion hos kalciumbentonit.

Erosion i slutförvarssystem kommer att inträffa i sprickor, medan de flesta laborieförsök har genomförts i öppna rör eller genom filter. Planerade erosionsexperiment kommer därför att genomföras i spalter med olika vidder som mer liknar realistiska förhållanden i ett slutförvar. Försök i sprickor av olika bredd kommer att kombineras med olika vattenflöden för att studera flödes hastighetens betydelse för korrosionsprocessen.

Fältexperiment av buffererosion i miljöer med låg salthalt kan inte genomföras i Äspö eller Forsmark eftersom grundvattnets salthalt på båda platserna är för hög för att kemisk erosion av buffert ska kunna ske. Möjligheten att göra fältexperiment i Grimsel där grundvattnets salthalt är mycket lägre ska utredas.

7.2.3 Homogenisering av bentonit

Vid deponering av kapslar fylls deponeringshål och deponeringstunnlar med bentonit i form av bentonitblock och bentonitpellets. Blandningen av block och pellets vilka har olika densitet samt förekomst av spalter resulterar inledningsvis i en inhomogen densitetsfördelning. Vattenmättnad, svällning, homogenisering och självläkningen av bentonitmaterial i buffert, återfyll och pellets är viktiga processer av betydelse för förvarets funktion.

Homogeniseringsprocessen studeras i större eller mindre omfattning i samtliga pågående eller planerade bentonitförsök (jfr avsnitt 6.3.4, 7.2.2 och 7.3). Laborieförsök kommer att genomföras för att studera bentonitsvällning samt skjuvning mellan bentonit och olika material. Resultaten av dessa försök kommer att användas för att kontrollera, kalibrera och eventuellt uppdatera modeller för homogenisering av bentonit.

Vattenmättnad, självläkning och homogenisering kommer att studeras genom scenarieanalyser av hela installations- och bevätningsförloppet som omfattar bentonitbuffert runt kapseln, bentonitåterfyllnad av deponeringstunneln samt den cementplugg med bentonittätning som tunneln försluts med. Försök kommer att göras dels för berg som är torrt dels för berg som har olika sprickkonstellationer där vatteninflöde kan ske.

Under 2011 kommer brytning av den yttre delen av prototypförvaret (se avsnitt 7.3.1) att ske. Det förväntas ge viktig information om homogenisering i vertikal led och uppsvällningen av bentonit i återfyllningen.

Ett fältexperiment planeras för att studera homogenisering i en storskalig volym (se avsnitt 7.3.8). Syftet är att bättre förstå hur en lokaliserad förlust av buffert påverkar buffertens egenskaper i deponeringshålet och dess förmåga till homogenisering.

7.2.4 Beskrivning av sprickor

Förekomst och fördelning av sprickor på förvarsdjup och deras vattenföring är av betydelse för placeringen av deponeringshål samt storlek och fördelningen av vattenströmningen genom förvaret. Arbetet med att få en bättre förståelse av den statistiska fördelningen av spricknätverket i kristallin berggrund fortsätter för att om möjligt, kunna få en mer integrerad och därmed mer realistisk och mindre pessimistisk bild som tar hänsyn till de geologiska, bergmekaniska och hydrogeologiska aspekterna på berget. Ett antal insatser planeras inom ramen för SKB:s

forskningsprogram dessutom kommer data från undersökningarna som görs i samband med utbyggnaden att användas för att kontrollera och successivt uppdatera modellerna för Forsmark.

7.3 Pågående och planerade experiment i Äspölaboratoriet

7.3.1 Prototypförvaret

Prototypförvaret vid Äspölaboratoriet är en storskalig experimentell installation av KBS 3V-metoden för slutförvaring av använt kärnbränsle. Installationen skiljer sig från nuvarande referensutförning genom att den är gjord i en TBM-borrade tunnel och att återfyllnadsmaterialet består av en blandning av bentonit (30 %) och bergkross (70 %). Experimentet består av en inre del med fyra deponeringshål som installerades 2001 och en yttre del med två deponeringshål som installerades 2003.

Prototypförvaret förväntas demonstrera den integrerade funktionen av delkomponenter i ett slutförvar under realistiska förhållanden och i full skala. Den yttre delen planeras att brytas under 2011 följt av analyser av prover, utvärdering och rapportering under 2012-2013. Resultaten kommer således att föreligga före byggstart.

Brytningen av den inre delen med fyra deponeringshål planeras att genomföras så att mätningarna utvärderats och rapporterats så att de kan utgöra underlag till den förnyade säkerhetsredovisningen inför ansökan om provdrift.

Inom ramen för projektet ”Prototypförvaret” (samt LOT-projektet) bedrivs även studier av kopparkorrosion. Små kopparbitar finns placerade i bentoniten. Syftet med experimenten är att studera den totala korrosionen i koppar-bentonitsystemet efter olika långa tider i slutförvarsliknande miljö.

7.3.2 LOT

Syftet med LOT-experimenten (Long Term Test of Buffer Material) är att studera bentonitbuffertens egenskaper under slutförvarsliknande förhållanden. Experimentet genomförs i hål borrhåll i tunnelgolvet där fyra meter långa kopparrör med värmare är omgivna av högkompakterad bentonit. I projektet studeras mineralogiska och kemiska processer i bufferten som en funktion av tid och temperatur. Tre försöksuppställningar har brutits cirka 1, 2 respektive 6 år efter installationen och tre återstår. Allmänt sett ligger det ett värde i att ha långtidsförsök som dessa löpande och som kan brytas om någon frågeställning skulle dyka upp där dessa resultat kan vara av värde. Det är mot denna bakgrund viktigt att inte bryta samtliga försök samtidigt utan få resultaten utspridda i tiden.

Nästa försöksuppställning planeras att brytas 2016, det vill säga cirka 16 år efter installationen. Data förväntas då erhållas avseende utvecklingen av bentonitens egenskaper, radionuklidtransport, mikrobiologiska processer och kopparkorrosion. Resultaten av analyserna kan förväntas vara klara något år senare och då användas som underlag för den förnyade säkerhetsredovisningen inför provdrift.

När de resterande försöksuppställningarna ska brytas får beslutas mot bakgrund av de resultat som erhållits.

7.3.3 ABM

Syftet med ABM-försöket (Alternative Buffer Materials) är att testa olika buffertmaterial med olika halter av svällande mineral, positiva (mot) joner och accessoriska mineral. Försöken genomförs vid en förhöjd temperatur (130 °C) jämfört med förväntade förvarsförhållanden. Experimentuppställningen liknar den som används vid LOT-experimenten men värmaren består i detta fall av järn. Inga studier av kopparmaterial ingår. Tre experimentinställningar har installerats varav en har brutits.

Tidpunkt för brytning av nästa experimentuppställning är inte bestämd utan beslut får tas när resultaten från den första experimentuppställningen utvärderats. Vid beslut om tid för brytning bör hänsyn tas till planerade tider för brytning av LOT-experimenten då det finns stor likhet mellan experimenten. Ytterligare ett ABM-experiment avses vara brutet inför färdigställandet av den förnyade säkerhetsredovisningen inför provdrift.

7.3.4 MiniCan

Syftet med experimentet MiniCan (Miniature Canister Corrosion) är att studera korrosionen av järninsatsen för en kapsel med hål i kopparhöljet. Experimentet görs i Äspölaboratoriet för att det ska kunna göras under reducerande förhållanden och med representativ grundvattenkemi. Det finns fem experimentuppställningar med olika förhållanden runt kapslarna. Korrosion och vissa kemiska parametrar mäts löpande under experimentet. Slutliga data på omfattningen av korrosionen erhålles vid brytning av experimentuppställningarna. Installationen skedde från slutet av 2006 till början av 2007 och experimenten planeras pågå många år.

En experimentuppställning kommer att brytas under 2011, framförallt på grund av svårigheter med de elektrokemiska mätningarna av korrosion. Resultat från brytning av den första experimentuppställningen får ligga till grund för beslut om brytning av resterande experimentuppställningar.

7.3.5 Mikrobprojekten

De tidigare definierade mikrobprojekten vid Äspölaboratoriet är nu i stort sett slutförda. Insatserna under de kommande åren kommer att fokuseras mot mikroorganismers förmåga till sulfidbildning och syrereduktion i när- och fjärrområdet (se 7.2.1 ovan). Sambanden mellan innehåll och fördelning av gaser och mikrobiella processer i djupa grundvatten kommer också att studeras.

7.3.6 Lasgit

Syftet med Lasgit-försöket (Large Scale Gas Injection Test) är att öka förståelsen och utvärdera modeller för gastransport i bufferten och dess eventuella påverkan på buffertens egenskaper. Experimentet installerades i början av 2005 och de första gasinjektionsförsöken gjordes i början av 2008 när bufferten vattenmätts.

Lasgit ingår nu som en del i EU-projektet Forge som löper under perioden 2009–2012 och försöket kommer att fortsätta under den tiden. År 2012 kommer resultaten att utvärderas och ett nytt beslut om Lasgits framtid att tas. För att komplettera Lasgit kommer laborieförsök att genomföras för att studera kritiska parametrar som är svåra att utvärdera i ett fullskaletest.

7.3.7 Backfill and Plug Test

Syftet med Backfill and Plug Test var att prova två olika återfyllningsmaterial (krossat berg respektive en blandning av bentonit och krossat berg), återfyllningsmetoder och funktionen hos en tunnelplugg i full skala. Sedan försöket installerades 1999 har referensmaterialet för återfyllning ändrats till att bestå av en svällande lera vilket inte ingår i detta försök.

Inga ytterligare insatser planeras för detta experiment.

7.3.8 Storskalig homogenisering

Förlust av buffertmaterial är en av de kvarstående osäkerheterna enligt SR-Site. De uppskattade förlusterna ligger i intervallet noll till flera ton i ett deponeringshål. Intervallet beror på den naturliga variabiliteten i de hydrauliska egenskaperna i Forsmark, framtida utveckling av grundvattnets sammansättning och osäkerheten i den kvantitativa modellen. I och med att stora förluster inte kan uteslutas är det viktigt att förstå utvecklingen hos den buffert som finns kvar eftersom den sätter gränser för hur buffertens säkerhetsfunktioner upprätthålls.

För närvarande pågår omfattande laboriestudier för att förbättra förståelsen om buffertens självläkningsförmåga (se 7.2.3 ovan). Det går dock inte att utesluta att försöksskalan har betydelse för homogeniseringsprocessen. Ett försök i full skala planeras för att verifiera huruvida resultaten från laboriestudierna kan extrapoleras till deponeringshålsskala. Försöket avses genomföras i Äspölaboratoriet, men det återstår att ta fram en detaljerad projekt- och tidplan. Efter att försöket har installerats kommer det att ta i storleksordningen mellan sju och tio år innan de slutgiltiga resultaten finns framme.

7.3.9 Teknikutveckling

Som en del av teknikutvecklingen som beskrivs i kapitel 6 så kommer ett antal fullskaleförsök att genomföras i Äspölaboratoriet. Även dessa kan ge ytterligare kunskap om processer och materialegenskaper av betydelse för förvarets långsiktiga säkerhet.

Äspölaboratoriet kommer även att användas för utprovning av metoder och instrument för detaljundersökningar (se 6.3.7).

7.4 Planerade experiment i Forsmark

Forskning, teknikutveckling och genomförande av fältexperiment kommer under tiden fram till driftsstart av förvaret i huvudsak att ske i Äspölaboratoriet. Verksamheten i Forsmark kommer att domineras av uppförande av anläggningen inklusive detaljundersökningar med tillhörande platsmodellering. Programmet för detaljundersökningar innehåller också en hel del aktiviteter av forskningskaraktär relaterade till de platsspecifika förhållandena i Forsmark. De viktigaste forskningsrelaterade uppgifterna är studier av;

- Storlek och orientering av bergspänningar och eventuella mekaniska problem relaterade till höga bergspänningar.
- Termisk spjälkning i deponeringshål. SKB kommer att följa och medverka i det så kallade POSE-projektet som genomförs av Posiva i Onkalo. Det bedöms inte meningsfullt att genomföra fältexperiment i Forsmark för att studera denna fråga förrän förvarsdjup har nåtts.

- Grundvattenkemi och bestämning av oxidationsgrad hos sprickmineral
- Biosfärsstudier genomförs dels inom ramen för detaljundersökningsprogrammet dels inom ramen för Fud-programmet.

Fältexperiment på förvarsdjup i Forsmark kan tidigast inledas om cirka tio år. Under denna tid kommer många långtidsförsök på Äspö att avslutas och ytterligare kunskap kommer att finnas om det integrerade systemets funktion. Kunskapsläget kommer att vara ett annat och teknikutvecklingen kan ha medfört att referensutformningen ändrats. Planeringen av kommande fältexperiment i Forsmark, i synnerhet sådana som planeras pågå under en längre tid, måste ske löpande utgående från den strategi som redovisats ovan.

8 Referenser

SKB, 2010. Ramprogram för detaljundersökningar vid uppförande och drift av slutförvar för använt kärnbränsle. SKB R-10-08, Svensk Kärnbränslehantering AB

SKB, 2011. SR-Site – Redovisning av säkerhet efter förslutning av slutförvaret för använt kärnbränsle. Svensk Kärnbränslehantering AB.