

Ansökan om tillstånd enligt kärntekniklagen – komplettering juli 2016

Följebrev

Bilaga SFR-U K:4

Motiv till förvarsdjup

Bilaga SFR-U K:5

Motivering av vald utformning för 2-5BLA

Bilaga SFR-U K:6

Redovisning av alternativa utformningar av bergssal för medelaktivt avfall, 2BMA

Bilaga SFR-U K:7

Alternativa utformningar av bergssal för reaktortankar - konsekvensanalys

Bilaga SFR-U K:8

Avgränsning till 200 m djup vid lokalisering

Bilaga SFR-U K:9

Jämförelse mellan sökt placering och en alternativ placering i den tektoniska linsen i Forsmark

Bilaga SFR-U K:10

Malmpotential

Toppdokument

Ansökan om tillstånd enligt Kärntekniklagen för utbyggnad och fortsatt drift av SFR

Bilaga Begrepp och definitioner

Begrepp och definitioner för ansökan om utbyggnad och fortsatt drift av SFR

Bilaga F-PSAR SFR

Första preliminär säkerhetsredovisning för ett utbyggt SFR

Allmän del 1

Anläggningsutformning och drift

Allmän del 2

Säkerhet efter förslutning

Typbeskrivningar

- Preliminär typbeskrivning för hela BWR reaktortankar exklusive interndelar.
- Preliminär typbeskrivning för skrot i fyrkokill
- Preliminär typbeskrivning för hårdkomponenter i ståltankar

Bilaga AV PSU

Avvecklingsplan för ett utbyggt SFR
Slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall

Bilaga VOLS-Ansökan PSU

Verksamhet, organisation, ledning och styrning för utbyggnad av SFR – Ansökans- och systemhandlingskede

Bilaga VOLS-Bygg PSU

Verksamhet, organisation, ledning och styrning för utbyggnad av SFR – Tillståndsprövnings- och detaljprojekteringskedet samt byggskedet.

Bilaga MKB PSU

Miljökonsekvensbeskrivning för utbyggnad och fortsatt drift av SFR

Bilaga BAT

Utbyggnad av SFR ur ett BAT-perspektiv

Kapitel 1

Inledning

Kapitel 2

Förläggningsplats

Kapitel 3

Konstruktionsregler

- Tolkning och tillämpning av krav i SSMFS
- Principer och metodik för säkerhetsklassning – Projekt
- SFR utbyggnad
- Säkerhetsklassning för projekt SFR-utbyggnad
- Acceptanskriterier för avfall, PSU

Kapitel 4

Anläggningens drift

Kapitel 5

Anläggnings- och funktionsbeskrivning

- Preliminär plan för fysiskt skydd för utbyggt SFR
- SFR Förslutningsplan
- Metod och strategi för informations- och IT-säkerhet, PSU

Kapitel 6

Radioaktiva ämnen

- Radionuclide inventory for application of extension of the SFR repository - Treatment of uncertainties.
- Låg- och medelaktivt avfall i SFR.
- Referensinventarium för avfall 2013

Kapitel 7

Strålskydd

- Dosprognos vid drift av utbyggt SFR

Kapitel 8

Säkerhetsanalys för driftskedet

- SFR – Säkerhetsanalys för driftskedet

Kapitel 9

Mellanlagring av långlivat avfall

- Ansökansinventarium för mellanlagring av långlivat avfall i SFR

Huvudrapport

Redovisning av säkerhet efter förslutning för SFR
Huvudrapport för säkerhetsanalysen SR-PSU

FHA report

Handling of future human actions in the safety assessment

FEP report

FEP report for the safety assessment

Waste process report

Waste process report for the safety assessment

Geosphere process report

Geosphere process report for the safety assessment

Barrier process report

Engineered barrier process report for the safety assessment

Biosphere synthesis report

Biosphere synthesis report for the safety assessment

Climate report

Climate and climate related issues for the safety assessment

Model summary report

Model summary report for the safety assessment

Data report

Data report for the for the safety assessment

Input data report

Input data report for the safety assessment

Initial state report

Initial state report for the safety assessment

Radionuclide transport report

Radionuclide transport and dose calculations for the safety assessment

SDM-PSU Forsmark

Site description of the SFR area at Forsmark on completion of the site investigation

Bilaga SFR-U K:2

Konsekvensbedömning för vattenmiljöer vid utbyggnad av SFR

Samrådsredogörelse

Konsekvensbedömning av vattenmiljöer vid utbyggnad av SFR **Ersatt av K:2**

Naturmiljöutredning inför utbyggnad av SFR, Forsmark, Östhammar kommun.

Bilaga SFR-U K:3

Marin inventering av vegetation och fauna på havsbottenarna vid SFR, Forsmark 2012.

Bilaga SFR-U K:11

Redovisning av alternativ för mellanlagring av långlivat låg- och medelaktivt avfall



DokumentID
1534753, (1.0 Godkänt)
Reg nr

Sekretess
Öppen
Dokumenttyp
Promemoria (PM)

Sida
1(17)

Författare
2016-03-07 Fredrik Vahlund

Kvalitetssäkring
2016-06-17 Sarah Lundqvist (Kvalitetsgranskning)
2016-06-17 Peter Larsson (Godkänd)

Kommentar
Granskning har skett enligt granskningsprotokoll SKBdoc 1548929

Jämförelse mellan sökt placering och en alternativ placering i den tektoniska linsen i Forsmark

Jämförelse mellan sökt placering och en alternativ placering i den tektoniska linsen i Forsmark

Innehåll

1	Inledning	3
2	Den tektoniska linsen	3
3	Alternativ placering och utformning	7
3.1	Förvarsdjup för alternativen i linsen	7
3.2	Alternativ I, förvar i linsen ansluten med en tunnel från SFR:s ovanmarksanläggning ...	8
3.3	Alternativ II, förvar i linsen ansluten med en tunnel från Kärnbränsleförvarets ramp.....	8
3.4	Jämförelse av de olika alternativen	9
4	Jämförelse av de olika alternativen för tiden efter förslutning.....	9
4.1	Vattengenomsläpplighet i berggrunden.....	9
4.2	Hydraulisk gradient.....	10
4.3	Reducerande förhållanden.....	10
4.4	Seismisk aktivitet	10
4.5	Malmpotential	10
4.6	Risk för brunnborrning	11
4.7	Klimat- och klimatrelaterade processer.....	11
4.8	Interaktion mellan förvar.....	11
5	Jämförelse av de olika alternativen för tiden före förslutning.....	12
5.1	Teknik för genomförande.....	12
5.1.1	Byggnation och drift av slutförvarsanläggningen	12
5.1.2	Utrymme för anläggningar ovan och under mark	12
5.1.3	Transporter.....	13
5.1.4	Samordningsmöjligheter	13
5.1.5	Kostnader	13
5.1.6	Tidsåtgång till driftklar anläggning.....	13
5.2	Miljö och hälsa	13
5.3	Samhällsaspekter.....	14
6	Sammanfattning och skälighetsavvägning.....	14
7	Referenser	17

Jämförelse mellan sökt placering och en alternativ placering i den tektoniska linsen i Forsmark

1 Inledning

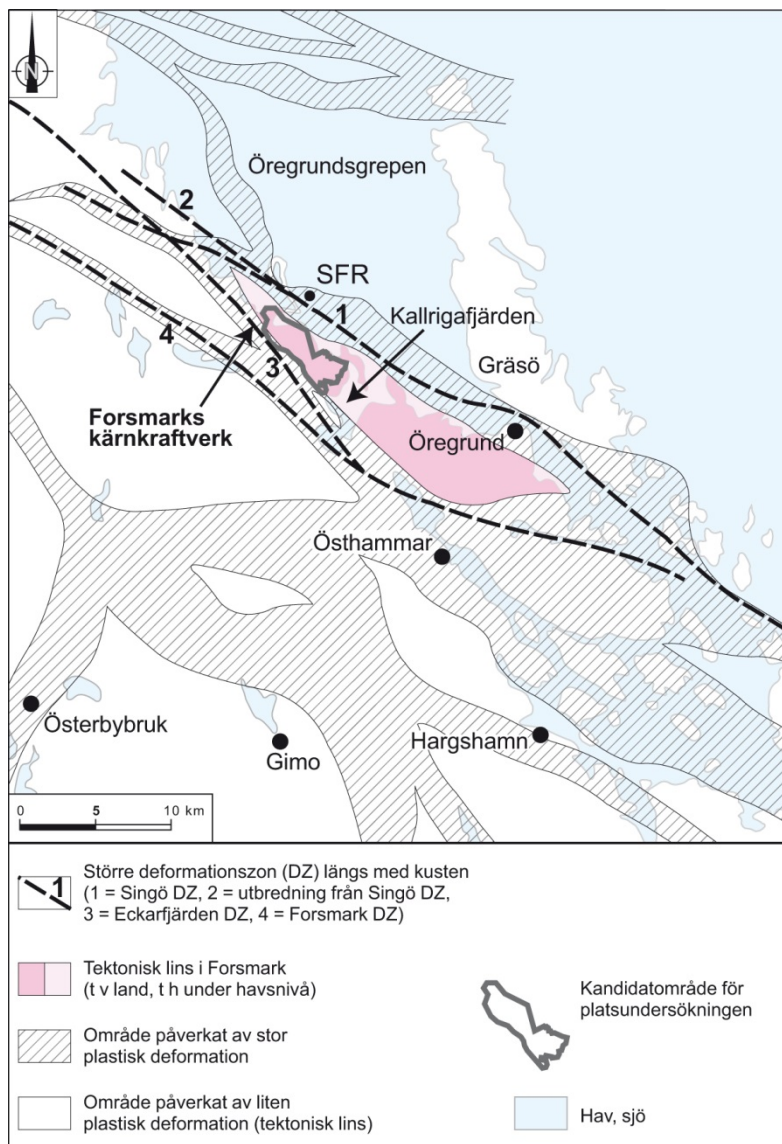
Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM, efterfrågar i sitt yttrande över SKB:s ansökan, om utbyggnad av SFR, att SKB ytterligare motiverar placeringen av den planerade anläggningen i anslutning till SFR och att SKB även diskuterar en placering i linsen, där det *har visat sig finnas berg av mycket bra kvalitet*. SSM påpekar även att *i en skälighetsavvägning bör eventuella effekter på en lokalisering nära det planerade Kärnbränsleförvaret beaktas*.

Som en grund för en sådan avvägning ges inledningsvis en sammanfattning av de geologiska förhållandena i den tektoniska linsen som SKB bedömt som lämplig för lokalisering av det planerade Kärnbränsleförvaret. Därefter följer en redovisning av principiellt möjliga alternativa placeringar och en bedömning av dessa relativt den sökta utbyggnaden av SFR.

2 Den tektoniska linsen

Den tektoniska linsen, Figur 2-1, i vilka berggrunden är förhållandevis opåverkad av plastisk deformation, omgärdas av starkt deformerade plastiska bälten. Linsen sträcker sig från nordväst om Forsmarks kärnkraftverk i sydostlig riktning mot området kring Öregrund. Platsundersökningarna för Kärnbränsleförvaret koncentrerades på ett område (benämnt kandidatområdet i Figur 2-1) i linsens nordvästra del.

Jämförelse mellan sökt placering och en alternativ placering i den tektoniska linsen i Forsmark



Figur 2-1. Utsträckning av den tektoniska linsen i Forsmark. Kandidatområdet för Kärnbränsleförvaret är i linsens nordvästra del. De alternativa utformningarna som diskuteras i föreliggande rapport placeras i den nordvästra delen av kandidatområdet för platsundersökningen västsydväst om SFR.

Under platsundersökningarna för Kärnbränsleförvaret identifierades tre huvudkategorier av deformationszoner med distinkta riktningar. Utöver vertikala och brant stupande zoner finns det zoner som sluttar svagt mot sydost och syd. Dessa flacka zoner är vanligare i den sydöstra delen av kandidatområdet för Kärnbränsleförvaret, se Figur 2-1, och har högre hydraulisk transmissivitet än de vertikala och brant stupande deformationszoner som identifierats. De hydrauliska data som beskriver deformationszoner har analyserats och tyder på att transmissiviteten minskar väsentligt med djupet, oberoende av zonernas orientering, se Figur 2-2, övre bilden. Det är också en betydande lateral heterogenitet för varje djup vilket tyder på ett kanaliserat flödesfält inom deformationszonerna.

I den nordvästra delen av kandidatområdet för Kärnbränsleförvaret är förekomsten av vattenförande sprickor mycket låg på förvarsdjup för Kärnbränsleförvaret (ungefär 470 m), se Figur 2-2, vänstra bilden. I djupintervallet 200 till 400 m är frekvensen av vattenförande sprickor något högre och ovanför ett djup mellan 150 och 200 m är frekvensen betydligt högre, inte minst av sprickor med hög transmissivitet. I den sydöstra delen av

Jämförelse mellan sökt placering och en alternativ placering i den tektoniska linsen i Forsmark

kandidatområdet, se Figur 2-2, högra bilden, finns det betydligt färre borrhål än vad som krävs för att underbygga en analys av hydrauliska subdomäner, emellertid finns det även i den här domänen ett visst djupberoende med avseende på transmissivitet.

Sammanfattningsvis kan konstateras att hydrauliska data, både från enhålstester samt de storskaliga interferenstester tyder på att de översta 150 metrarna av berggrunden ovanför den tilltänkta volymen för Kärnbränsleförvaret innehåller många horisontella högtransmissiva sprickor som har god hydraulisk kontakt över långa sträckor, medan det djupt liggande berget har mycket låg genomsläpplighet med få transmissiva sprickor. Utöver detta är bergspänningarna relativt höga jämfört med genomsnittliga värden för den svenska berggrunden.

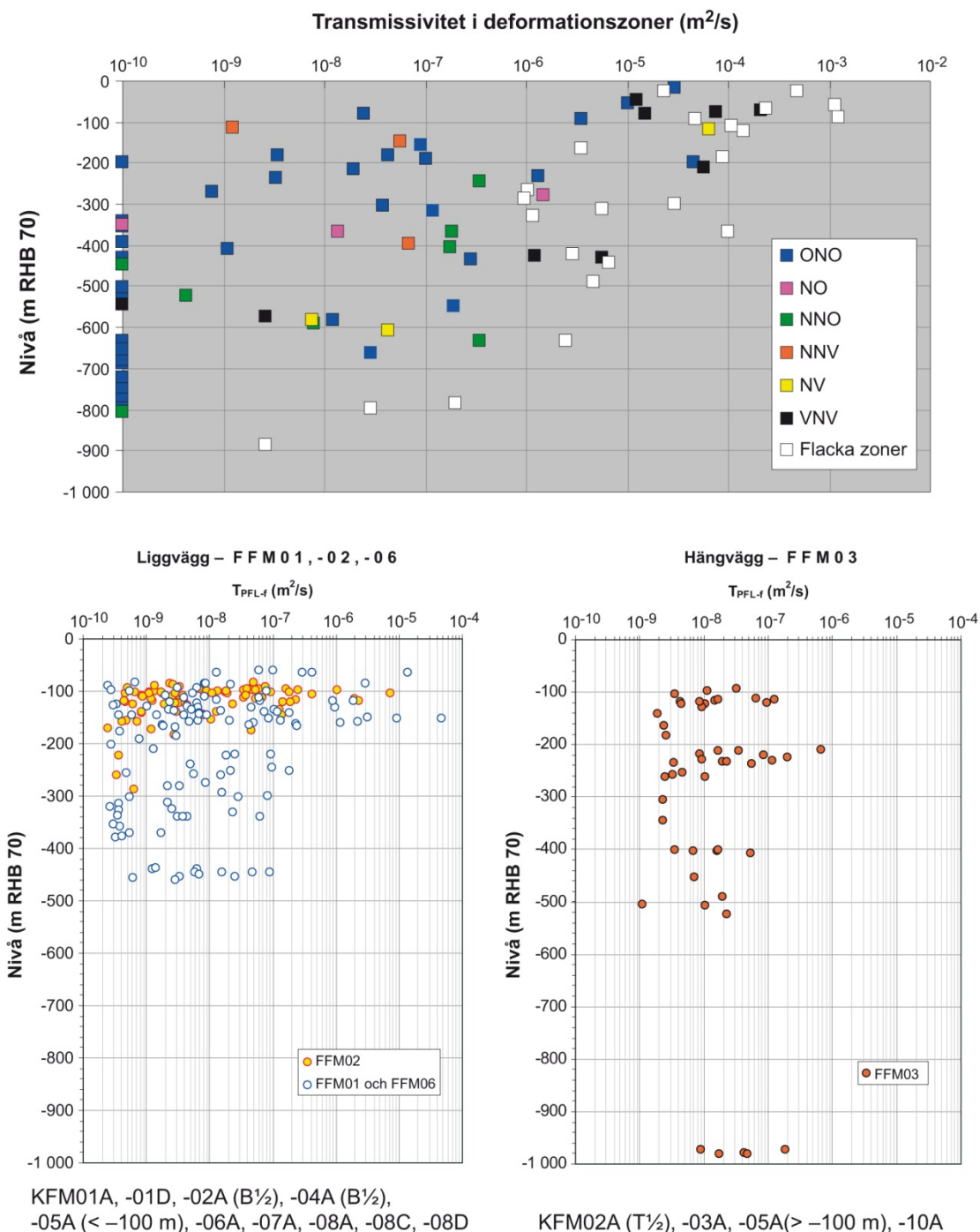
I allmänhet råder hög tilltro till platsens hydrogeologiska berggrundsmodell och bestämningen av de hydrauliska egenskaperna, se SKB (2008a). Den främsta anledningen till detta är överensstämmelsen mellan olika typer av hydrauliska och geofysiska data, vilka alla ger stöd för att det finns anisotropa hydrogeologiska förhållanden i området. Dessa förhållanden är: 1) hög transmissivitet i de flacka sprickzonerna utanför den prioriterade volymen, 2) få konduktiva sprickor på djupet i den prioriterade volymen¹ (FFM01 och FFM06) och 3) ett högtransmissivt system av sprickor (inklusive bankningssprickor) i den yttnära delen av den prioriterade volymen (FFM02), vilka är hydrauliskt konnekterade över långa avstånd. De olika typerna av hydrauliska data stämmer även överens med kunskapen om de geologiska förhållandena och bergspänningarna i Forsmark och får även stöd av data för grundvattnets kemiska sammansättning.

Grundvatten i de översta 100 till 200 metrarna av berggrunden uppvisar stor kemisk variation, med kloridkoncentrationer i intervallet 200 till 5 000 mg/l. Detta tyder på inverkan från både bräckt havsvatten och nederbörd. På djup mellan 200 och 800 m håller sig salthalten tämligen konstant (5 000–6 000 mg/l). Vattensammansättningen i de omgivande sprickzonerna tyder på rester av vatten från Littorinahavet, som täckte Forsmark från 9 500 år till 5 000 år tillbaka i tiden. Nedträngningsdjupet i sprickdomän FFM01 i den prioriterade volymen med dess låga förekomst av vattenförande sprickor begränsas dock till cirka 300 m. Nedanför dessa djup i FFM01 påvisar vattensammansättningen bräckta till salta icke-marina grundvatten (dvs ingen påverkan från Littorinahavet), vilket avspeglar processer som har inträffat före den tidpunkt då vatten från Littorinahavet trängde in. På djup mellan 800 och 1 000 m ökar salthalten till högre värden.

De beräknade låga vattenflödena i Kärnbränsleförvarets deponeringshål beror dels på de goda hydrauliska egenskaperna berget har på planerat förvarsdjup, dels på att deponeringshålen endast placeras där förhållandena är fördelaktiga. Om inte bergets egenskaper möter ställda krav (på kapselpositionsskala) anpassas layouten och potentiella deponeringstunnlar/kapselpositioner förkastas. Detta sker dels genom att layouten i stort anpassas till större deformationszoner, se exempelvis hur layout justerats efter deformationszonerna ZFMENE0060A och ZFMWNW0123 i Figur 2-3 och dels genom att de exakta lägena för deponeringshål väljs så att det inte korsas av vattenförande sprickor. Genom att aktivt undvika att placera deponeringstunnlar och kapselpositioner så att de skär vattenförande sprickor finns förutsättningar för ett mycket lågt vattenflöde i varje enskild kapselposition, lägre än vad som hade varit fallet utan denna platsanpassning. För den sökta utbyggnaden av SFR, som består av sex stycken 275 m långa bergsalar (samt en tunnel för reaktortankar), är möjligheten att göra motsvarande platsanpassning mindre och de högkonduktiva bergsalarna kommer att skäras av vattenförande sprickzoner i en större utsträckning.

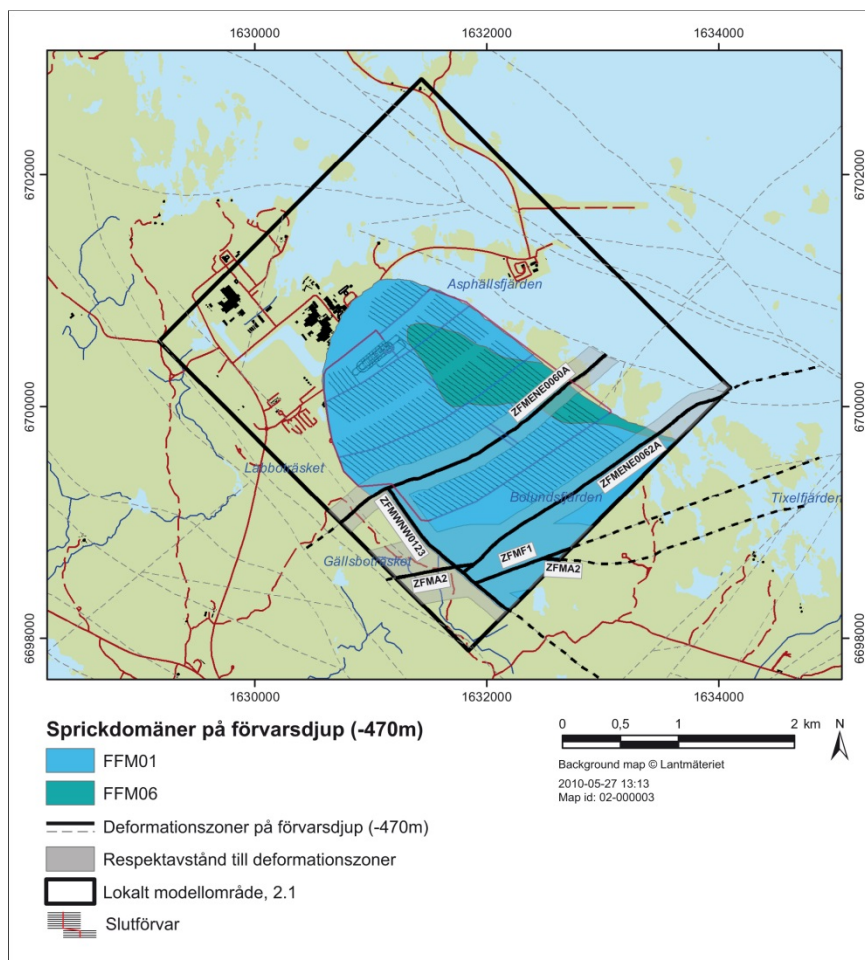
¹ Den prioriterade volymen är den bergvolym som under platsundersökningarna bedömdes vara lämplig för Kärnbränsleförvarets placering.

Jämförelse mellan sökt placering och en alternativ placering i den tektoniska linsen i Forsmark



Figur 2-2. Överst: Härledda transmissivitetsvärden för deformationszoner i relation till djup och riktning. Underst: Härledda transmissivitetsvärden för konnekterade öppna sprickor i relation till djupet i FFM01, FFM02 och FFM06 (vänster) och FFM03 (höger). Observera att den undre vänstra bilden innehåller data från tio borrhål medan den undre högra bilden innehåller data från endast fyra borrhål ($B\frac{1}{2}$ = data från undre halvan av borrhålet, $T\frac{1}{2}$ = data från övre halvan av borrhålet. (SKB 2011, figur 4-16)

Jämförelse mellan sökt placering och en alternativ placering i den tektoniska linsen i Forsmark



Figur 2-3. Kärnbränsleförvarets referensutformning vid ansökanstillfället. I figuren kan ses att layouten anpassats efter deformationszonerna ZFMENE0060A och ZFMWNW0123.

3 Alternativ placering och utformning

Följande diskussion om bästa möjliga teknik och skälighet baseras på två alternativa utformningar i den nordvästra delen av kandidatvolymen för Kärnbränsleförvaret, Figur 2-1. Ett alternativ där förvaret nås med en tunnel som drivits från området vid SFR:s ovanmarksanläggning och ett alternativt där förvaret nås med en tunnel som drivits från den ramp som förbinder Kärnbränsleförvaret med dess ovanmarksanläggning. Att etablera en helt separat anläggning med eget tunnelpåslag och egna ovanmarksanläggningar har inte bedömts skäligt ur kostnads- och markanvändningssynpunkt.

3.1 Förvarsdjup för alternativen i linsen

En av de strålsäkerhetsmässiga fördelarna för den sökta utbyggnaden av SFR jämfört med alternativen i linsen är att förvaret inledningsvis befinner sig under havet. Detta innebär dels att den hydrauliska gradienten som driver grundvattenflödet är liten, dels att oavsiktligt intrång via brunnborrning i princip kan uteslutas under de inledande tusentalen år. Under denna tid kommer en stor del av radionukliderna i avfallet att ha avklingat (i princip alla radionuklider med en halveringstid kortare än något hundratal år såsom Co-60, Cs-137, Sr-90 och Ni-63). Placeras ett förvar istället under land bör förvaret placeras djupare för att kompensera för en ökad sannolikhet för brunnborrning. I lokaliseringstuderingen (SKB 2013) diskuteras detta för alternativet Simpevarp/Ävrö där ett djup i intervallet 140–200 m bedöms vara lämpligare. Detsamma bör gälla för de två alternativen i linsen.

Om den sökta utbyggnaden av SFR istället skulle kunna placeras i linsen i anslutning till Kärnbränsleförvaret måste det säkerställas att de två förvaren fungerar tillsammans. Alkaliskt

Jämförelse mellan sökt placering och en alternativ placering i den tektoniska linsen i Forsmark

vatten kan orsaka en ökad nedbrytning av bentonit. Dessutom kan de komplexbildare som finns i SFR försämra sorptionen hos vissa radioelement. Den komplexa flödessituation som uppträder under framtida glaciationer och deglaciationer innebär att även förvarsplaceringar som idag befinner sig nedströms Kärnbränsleförvaret kan vara problematiska. Det är inte utrett hur nära Kärnbränsleförvaret den sökta utbyggnaden kan placeras. För Kärnbränsleförvaret uppskattas dock att injektering baserad på standardcement kan användas ned till åtminstone 200 m (Sidborn et al. 2014). Då den mängd injektering som används är betydligt mycket mindre än den totala volymen cementbaserade material i den sökta utbyggnaden av SFR indikerar detta att de problem det alkaliska vattnet kan orsaka inte enkelt kan avfärdas.

Som del av arbetet med Kärnbränsleförvaret har SER, site engineering report, (SKB 2010) som beskriver platsen ur ett konstruktions- och byggnadsperspektiv tagits fram. I SER bedöms det ytliga berget, med sämre hydrauliska egenskaper, sträcka sig ned till 150 m djup och att berget under detta djup har bättre egenskaper. Då SER togs fram utifrån Kärnbränsleförvarets behov råder det osäkerheter om i vilken omfattning SER kan användas för att hitta en lämplig förvarsplacering för ett förvar för låg- och medelaktivt avfall. För att bestämma det lämpliga läget skulle kompletterande undersökningar krävas. Men då syftet med föreliggande dokument är att utreda vilka strålsäkerhetsmässiga fördelar en lokalisering i sådant fördelaktigt berg kan förväntas ha i förhållande till det valda alternativet förutsätts att en bergvolym med lägre vattengenomsläpplighet kan hittas.

De alternativa utformningarna bör placeras så djupt som möjligt för att undvika det ytliga mer uppspruckna berget, det vill säga placeras i bergdomän FFM01, men fortfarande ovanför det djup där påverkan på Kärnbränsleförvaret kan förväntas vara begränsad. Det förväntas leda till ett djup större än 150 m. Det bör noteras att djupet till gränsen mellan bergdomän FFM01 och FFM02 är undulerande och endast delvis känd.

3.2 Alternativ I, förvar i linsen ansluten med en tunnel från SFR:s ovanmarksanläggning

För detta alternativ nås förvaret med en tunnel som drivits från området vid SFR:s ovanmarksanläggning på samma sätt som reaktortanktransporttunnel för det sökta förvaret. I detta alternativ är förvaret helt skilt från Kärnbränsleförvaret och de två förvaren betraktas som två helt skilda enheter under byggnation och drift. Transporter ned till och upp ur förvaren kan ske helt oberoende av varandra samt att det fysiska skyddet kan utformas utifrån varje förvars behov. Även system för ventilation, el- och annan försörjning är separata.

Då förvaret är placerat under mark finns möjligheten att driva ett schakt för persontransport och ventilation. Detta innebär också att anläggningen har dubbla utrymningsvägar.

3.3 Alternativ II, förvar i linsen ansluten med en tunnel från Kärnbränsleförvarets ramp

För detta alternativ nås förvaret med en tunnel som drivits från den ramp som går från ytan ned till Kärnbränsleförvarets centralområde. Rampen måste då anpassas så att reaktortankar kan transporteras ned till det djup där tunneln till förvaret ansluter. Utrymmen i anslutning till personhissen och ventilationsschakt konstrueras så att system för ventilation och el med mera kan delas. Denna utformning kommer att innebära att fysiskt skydd måste ensas samt att logistik exempelvis rörande transport av avfall och kapslar måste samordnas. Detta är särskilt viktigt under den tid då förvaren byggs. Under Kärnbränsleförvarets drifttid sker in och uttransport av lera respektive berg företrädesvis i schakten och belastningen på rampen kommer då att vara relativt låg. De två projektens tidsplaner kommer dock att vara mycket beroende av varandra under prövningstiden såväl som under byggtiden vilket kan medföra förseningar och ökade kostnader.

Jämförelse mellan sökt placering och en alternativ placering i den tektoniska linsen i Forsmark

I detta fall kan dubbla utrymningsvägar erhållas genom att driva ytterligare en tunnel till förvarsområdet.

3.4 Jämförelse av de olika alternativen

I efterföljande kapitel diskuteras hur de två alternativa utformningarna förhåller sig till den sökta utformningen utifrån tillämpande av bästa möjliga teknik för perioden efter (avsnitt 4) och före (avsnitt 5) förslutning. Denna diskussion baseras på de lokaliseringsfaktorer som togs fram när den sökta utbyggnaden av SFR jämfördes med ett antal alternativa lokaliseringar, se lokaliseringsutredningen (SKB 2013). Säkerhetsanalysen SR-PSU har inte lett till något behov av uppdatering av lokaliseringsfaktorerna.

4 Jämförelse av de olika alternativen för tiden efter förslutning

För tiden efter förslutning baseras lokaliseringsfaktorerna på de säkerhetsfunktioner som bedömts vara betydelsefulla för förvarets säkerhet efter förslutning i säkerhetsanalysen SAR-08 (SKB 2008b). Dessa är:

- Berggrundens vattengenomsläpplighet
- Hydraulisk gradient
- Reducerande förhållanden
- Seismisk aktivitet
- Malmpotential
- Sannolikhet för brunnborrning
- Klimat- och klimatrelaterade processer

Om förvaret istället placeras i närheten av Kärnbränsleförvaret tillkommer ytterligare en lokaliseringsfaktor:

- Kan interaktion mellan förvar innebära att säkerheten försämras för något av förvaren.

4.1 Vattengenomsläpplighet i berggrunden

Vattengenomsläppligheten i berggrunden styr tillsammans med den hydrauliska gradienten grundvattenströmningen i förvaret. I en kristallin (granitisk/urberg) berggrund är det frekvensen av samt vattengenomsläpplighet och storlek hos de vattenförande sprickorna som är de avgörande faktorerna. Dessa parametrar påverkar förutsättningarna för flöde av vatten samt transport av lösta ämnen till och från förvaret och därmed hur mycket radioaktiva ämnen som kan spridas via grundvattnet. Vattengenomsläppligheten diskuteras i kapitel 2. Som visas i Figur 2-2, vänstra bilden, är spricktransmissiviteten lägre närmare 200 m och därunder än i det yttligare berget.

Ju yttligare förvaret placeras ju mer undersökningar krävs för att hitta en placering där egenskaperna är gynnsamma. Då syftet med föreliggande dokument är att utreda de strålsäkerhetsmässiga fördelar en lokalisering i sådant fördelaktigt berg kan förväntas ha i förhållande till det valda alternativet förutsätts ett sådant fördelaktigt berg med lägre vattengenomsläpplighet hittas.

Ur detta perspektiv bedöms därför de två alternativen i linsen bättre än den sökta utbyggnaden av SFR. Det bör dock noteras att kompletterande undersökningar av linsen skulle behövas för att bestämma det lämpliga läget för en sådan, i nuläget, hypotetisk volym.

Jämförelse mellan sökt placering och en alternativ placering i den tektoniska linsen i Forsmark

4.2 Hydraulisk gradient

Låg hydraulisk gradient bidrar till lågt vattenflöde i förvaret. Den avgörande faktorn för den hydrauliska gradienten är terrängens relief. Ju kraftigare nivåvariationerna är i terrängen desto större är potentialen för lokala cirkulationsceller med förhöjda hydrauliska gradienter som dominerar över den flackare regionala gradienten. För den sökta utbyggnaden av SFR är den hydrauliska gradienten inledningsvis, då förvaret befinner sig under havet, liten. Gradienten är då mindre än för en alternativ placering i linsen under land. Detta gäller dock bara under en inledande tidsperiod innan landhöjningen gjort att även den sökta utbyggnaden av SFR befinner sig under land då de två alternativen i linsen är likvärdiga med den sökta utbyggnaden, se Tabell 4-1.

Tabell 4-1. Hydraulisk gradient för platsen för Kärnbränsleförvaret samt för SFR (SKB 2013, tabell 3-3). Gradienten gäller för framtida förhållanden när platserna befinner sig under land. Inledningsvis då SFR befinner sig under havet är gradienten för området kring SFR lägre.

	Hydraulisk gradient (m/m)
Kärnbränsleförvaret	0,0018
SFR	0,0018

Ur detta perspektiv bedöms de två alternativen i linsen likvärdiga med den sökta utbyggnaden av SFR.

4.3 Reducerande förhållanden

God sorption är betydelsefull för förvarets funktion. Många ämnen sorberar bättre om det råder reducerande förhållanden i berggrunden på förvarsdjup. Den stora mängden järn som kommer att finnas i förvaret bidrar till reducerande förhållanden. Reducerande förhållanden i berggrunden betraktas som ett krav i samband med lokalisering och både den sökta utbyggnaden av SFR och de två alternativen i linsen bör tillgodose detta krav.

Ur detta perspektiv bedöms de två alternativen i linsen likvärdiga med den sökta utbyggnaden av SFR.

4.4 Seismisk aktivitet

Möjliga konsekvenser av jordskalv beaktas vid förvarets lokalisering och utformning.

Ur detta perspektiv bedöms de två alternativen i linsen likvärdiga med den sökta utbyggnaden av SFR.

4.5 Malmpotential

I en säkerhetsanalys bedöms sannolikhet och konsekvens av framtida oavsiktligt intrång i förvaret, liksom andra av människor orsakade oavsiktliga händelser som kan påverka förvarets långsiktiga säkerhet. De faktorer som måste beaktas vid slutförvaring av rivningsavfall är risk för intrång i förvaret eller dess närhet på grund av sökande eller brytning av malmmineral (naturresurser) och risk för brunnsborring. Avsaknad av malmpotential är ett krav vid lokalisering och både den sökta utbyggnaden av SFR och de två alternativen i linsen tillgodoser detta krav.

Ur detta perspektiv bedöms de två alternativen i linsen likvärdiga med den sökta utbyggnaden av SFR.

Jämförelse mellan sökt placering och en alternativ placering i den tektoniska linsen i Forsmark

4.6 Risk för brunnborrning

En av de strålsäkerhetsmässiga fördelarna med den sökta utbyggnaden av SFR jämfört med en alternativ placering i linsen (se linsens utsträckning i Figur 2-1) är att förvaret inledningsvis befinner sig under havet. Detta innebär att oavsiktligt intrång via brunnborrning i princip kan uteslutas under de inledande tusentalen år. Under denna tid kommer en stor del (i princip alla radionuklider med en halveringstid kortare än något hundra tal år såsom Co-60, Cs-137, Sr-90 och Ni-63) av radionukliderna i förvaret hinner sönderfalla till obetydliga nivåer. För att minska risken för framtida intrång genom brunnborrning placeras de alternativa utformningarna i linsen djupare.

Under förutsättning att ett förvar i linsen läggs djupare bedöms de två alternativen i linsen likvärdiga med den sökta utbyggnaden av SFR.

4.7 Klimat- och klimatrelaterade processer

Framtida klimat kan påverka förvarets barriärer och dess omgivning. Bland annat finns risk för frysning under kalla perioder med permafrost, vilket kan påverka de tekniska barriärernas funktion och grundvattnets flödesmönster. Konsekvenserna av havsyteförändringar, landhöjning och tillväxt av permafrost i samband med kommande perioder av kallt klimat inkluderas i en säkerhetsanalys.

För att undvika frysning placeras exempelvis Kärnbränsleförvaret på ett så stort djup att permafrost inte når förvaret. För den sökta utbyggnaden av SFR samt de två alternativen i linsen som är förvar för kortlivat avfall är en placering på permafrostfritt djup inget krav. Då avfallets innehåll av långlivad aktivitet är begränsat har aktiviteten avklingat till obetydliga nivåer vid den tidpunkt då permafrost kan tänkas nå förvarsdjup.

Ur detta perspektiv bedöms de två alternativen i linsen likvärdiga med den sökta utbyggnaden av SFR.

4.8 Interaktion mellan förvar

En förutsättning för en samlokalisering är att förvaren inte påverkar varandra på ett oacceptabelt sätt. Den sökta utbyggnaden och Kärnbränsleförvaret har bedömts att inte påverka varandras funktion då avståndet mellan de två är betydligt mycket längre än för en alternativ placering i linsen.

Om den sökta utbyggnaden av SFR istället placeras i linsen i anslutning till Kärnbränsleförvaret måste det säkerställas att de två förvaren fungerar tillsammans. Alkaliskt vatten kan orsaka en ökad nedbrytning av bentonit. Dessutom kan de komplexbildare som finns i SFR försämra sorptionen hos vissa radioelement. Den komplexa flödessituation som uppträder under framtida glaciationer och deglaciationer innebär att även förvarsplaceringar som idag befinner sig nedströms Kärnbränsleförvaret kan vara problematiska. Det är inte utrett hur nära Kärnbränsleförvaret den sökta utbyggnaden av SFR kan placeras. För Kärnbränsleförvarets egna behov uppskattas dock att cementbaserad injektering kan användas ned till åtminstone 200 m (Sidborn et al. 2014). Då den mängd injektering som används är betydligt mycket mindre än den totala volymen cementbaserade material i den sökta utbyggnaden av SFR indikerar detta att de problem det alkaliska vattnet kan orsaka inte enkelt kan avfärdas.

Ur detta perspektiv bedöms de två alternativen i linsen vara sämre än den sökta utbyggnaden av SFR.

Jämförelse mellan sökt placering och en alternativ placering i den tektoniska linsen i Forsmark

5 Jämförelse av de olika alternativen för tiden före förslutning

I lokaliseringsutredningen bedömdes tre olika lokaliseringsfaktorer vara relevanta för tiden fram till förslutning:

- Teknik för genomförande, avser byggnation, drift, transporter, kostnader och tidsåtgång.
- Miljö och hälsa, avser hänsyn till markanvändningsintressen samt påverkan på miljö och människors hälsa.
- Samhällsaspekter, avser samhällelig acceptans som är en förutsättning för ett förvar.

Efterföljande text jämför den sökta utbyggnaden av SFR med de två alternativen i linsen utifrån dessa lokaliseringsfaktorer. Förvarsdjup för Alternativ I och avstånd till Kärnbränsleförvarets ramp för Alternativ II är centrala för att bedöma erforderligt bergguttag vilket är av stor betydelse för byggtid, kostnader och miljöpåverkan.

5.1 Teknik för genomförande

5.1.1 Byggnation och drift av slutförvarsanläggningen

Driften av slutförvaret är i sig ingen omfattande verksamhet och det är knappast rimligt ur industriell synvinkel att välja en plats där all infrastruktur och övriga resurser som behövs måste nyetableras för enbart denna verksamhet. Tillgång till befintlig industriell infrastruktur samt möjligheten att dela system för ventilation och el m m innebär samordnings fördelar. Därför är det sökta alternativet samt de två alternativen i linsen samlokaliseringar av olika grad (det sökta utbyggnaden och Alternativ I är en samlokalisering med SFR och Alternativ II är en samlokalisering med Kärnbränsleförvaret).

Under byggskedet är en fördel med den sökta utbyggnaden av SFR att stora delar av reaktortanktransporttunneln kan nås från existerande tunnlar. Detta underlättar byggnation och förkortar byggtid då bergdrift kan ske på flera fronter. Bergdrift på flera fronter skulle kunna vara möjligt även för Alternativ I om schaktet från markytan utnyttjas, det större förvarsdjupet gör dock att Alternativ I bedöms sämre än den sökta utbyggnaden av SFR. Då Alternativ II har kortare tunnlar behöver inte byggtiden bli längre trots att bergdrift enbart kan ske på en front. En fördel med alternativen i linsen är att driften av befintligt SFR kan fortgå under byggtiden och att ett deponeringsstopp inte behövs. Ett stort problem med Alternativ II är att byggnationen av förvaret sker på samma plats som Kärnbränsleförvaret och under samma tid. Projekten kommer att behöva utnyttja samma ramp och bedriva verksamhet på samma ovanjordsområde. Då de två projekten blir beroende av varandras tidsplaner och det kommer att kräva stora samordningsinsatser.

Ur detta perspektiv bedöms båda alternativen vara sämre än den sökta utbyggnaden av SFR.

5.1.2 Utrymme för anläggningar ovan och under mark

Alternativ I innebär att underjordsdelen blir fristående från SFR då den har ett eget tunnelpåslag medan SFR:s anläggningar ovanmark torde kunna nyttjas. Ökade bergguttag skulle kunna medföra en ökad belastning på det planerade bergguppaket främst för Alternativ I där bergguttagen är störst. Då Alternativ I i princip endast tillåter bergdrift på en front (om inte schaktet används) sker bygget långsammare vilket skulle kunna medföra att de ökade volymerna kan omsättas under den längre byggnationstiden. Om lösningen med schakt används så behövs nya ovanmarksanläggningar vilket medför ökat ianspråktagande av mark. Alternativ II kommer kräva att anläggningar för hantering av låg och medelaktivt avfall byggs i anslutning till Kärnbränsleförvarets ovanmarksanläggning.

Jämförelse mellan sökt placering och en alternativ placering i den tektoniska linsen i Forsmark

Ur detta perspektiv bedöms de två alternativen i linsen likvärdiga med den sökta utbyggnaden av SFR.

5.1.3 Transporter

Ur detta perspektiv bedöms de två alternativen i linsen likvärdiga med den sökta utbyggnaden av SFR då de ligger i närheten av varandra.

5.1.4 Samordningsmöjligheter

Som diskuteras i lokaliseringsutredningen innebär en samlokalisering med (det existerande slutförvaret) SFR stora samordningsmöjligheter jämfört med att bygga och driva en separat anläggning. För Alternativ I är graden av samlokalisering lägre vilket medför att samordningsmöjligheterna är mindre än för den sökta utbyggnaden av SFR. För Alternativ II samlokaliseras istället två slutförvar som båda befinner sig i en tillståndsprövningsprocess. Detta innebär istället prövningstekniska, logistiska och byggnadstekniska samordningsproblem.

Ur detta perspektiv bedöms båda alternativen vara sämre än den sökta utbyggnaden av SFR.

5.1.5 Kostnader

Om tunnlar drivs från markytan kommer ett djupare beläget förvar att kräva längre tunnlar. Detta medför att byggkostnaderna för Alternativ I blir högre än för den sökta utbyggnaden av SFR. För Alternativ II där tunnlar istället drivs från rampen kan tunnelarna bli kortare än för den sökta utbyggnaden av SFR. Alternativ II kan även kräva mer avancerade och kostsamma pluggar, ytterligare stannplan för hissen samt en eventuell anpassning av rampen så att reaktortankar kan tas ned till förvarsdjup. Till detta kommer ökade kostnader för Kärnbränsleförvaret då byggtiden för detta förvar troligtvis förlängs på grund av de logistiska anpassningar som måste göras om de två förvaren byggs på samma plats. Den minskade möjligheten att samordna verksamhet medför även att kostnaderna för Alternativ I bör bli högre än för den sökta utbyggnaden av SFR.

Ur detta perspektiv bedöms båda alternativen vara sämre än den sökta utbyggnaden av SFR.

5.1.6 Tidsåtgång till driftklar anläggning

Tidsåtgång till driftklar anläggning beror dels på skillnad i den tid tillståndprocessen tar och dels den tid byggnation av anläggningen tar. För de två alternativen i linsen kompliceras tillståndprocessen av osäkerhet i huruvida de två förvaren påverkar varandra och om en alternativ placering i linsen skulle kunna försäkra säkerheten hos Kärnbränsleförvaret. Den tid byggnationen tar skiljer sig främst utifrån tiden det tar att driva tunneln till förvaret vilket, i stort motsvarar erforderlig tunnallengd.

Tidsåtgång till driftklar anläggning bedöms vara längre för Alternativ I än den sökta utbyggnaden av SFR. För Alternativ II är tidsåtgång till driftklar anläggning än svårare att bedöma. Detta eftersom tidsåtgången, förutom tillståndprocessen, även är beroende av prioriteringar, inriktningsbeslut samt logistik då de två byggprojekten måste samsas om samma ramp. Med det i beaktande bedöms även Alternativ II vara sämre än den sökta utbyggnaden.

5.2 Miljö och hälsa

Lokaliseringen av ett slutförvar måste ta hänsyn till markanvändningsintressen och olika former av påverkan på miljön och människors hälsa. Exempel på sådan påverkan är att mark behöver tas i anspråk och att bergmassor behöver hanteras, vilket genererar bland annat buller, luftutsläpp och utsläpp till vatten.

Hänsyn tas till skyddad och skyddsvärd natur, såsom riksintresse, naturreservat, nyckelbiotop, naturvärdesobjekt eller liknande. För vattenförekomster finns även

Jämförelse mellan sökt placering och en alternativ placering i den tektoniska linsen i Forsmark

miljökvalitetsnormer som inte får överskridas. Skillnaden mellan den sökta utbyggnaden av SFR och alternativen är ur detta perspektiv liten då de är lokaliserade inom samma område och tar mark i anspråk som ändå är avsedd för slutförvarsanläggningar (SFR respektive Kärnbränsleförvaret).

Då flera av de miljöeffekter som en utbyggnad av SFR bedöms ge upphov till är kopplade till mängden bergmassor som tas ut (utsläpp av kvävehaltigt vatten, ianspråktagande av mark för upplag av bergmassor, borttransport av bergmassor, etc) skiljer sig alternativen åt utifrån de berguttag som krävs. En längre tunnel kan även (beroende på från hur många fronter tunneln kan drivas) medföra en längre byggtid vilket gör att miljöpåverkan pågår under längre tid.

Då tunneln i Alternativ I förväntas bli längre än för den sökta utbyggnaden av SFR (eftersom Alternativ I ligger djupare) bedöms detta alternativ vara sämre än den sökta utbyggnaden. För Alternativ II förväntas visserligen de tunnlar som ansluter rampen med förvaret att bli kortare. Det extra berguttag som krävs i anslutning till hissen samt den eventuella anpassning av rampen som kan krävas för att kunna ta ned reaktortankar medför att detta alternativ bedöms vara likvärdigt med den sökta utbyggnaden av SFR.

5.3 Samhällsaspekter

För att slutförvaring av rivningsavfall överhuvudtaget ska komma till stånd krävs förtroende och acceptans från samhället på den plats och ort som det gäller samt tillgång till aktuellt markområde. Skillnaden mellan alternativen är liten då de är lokaliserade inom samma område.

Ur detta perspektiv bedöms de två alternativen i linsen likvärdiga med den sökta utbyggnaden av SFR.

6 Sammanfattning och skälighetsavvägning

Enligt SSMFS 2008:37 ska utformning av ett slutförvar för använt kärnbränsle eller kärnavfall utvärderas genom att beräkna radiologisk risk som, enligt föreskrifterna, inte får överstiga 10^{-6} . I ansökan visas att detta krav uppfylls för den sökta utbyggnaden av SFR.

Då syftet med dessa beräkningar inte är att prediktera en framtida radiologisk risk utan att visa att kravet avseende radiologisk risk uppfylls, innehåller analysen pessimistiska antaganden som förenklar analysen men som överskattar den radiologiska risken. Då förutsättningar och antaganden kan skilja kan det vara olämpligt att jämföra resultat från olika riskberäkningar i syfte att rangordna de olika alternativen. Inga försök har gjorts för att uppskatta den radiologiska risken för de föreslagna alternativa utformningarna med placering i linsen. De två alternativen antas dock ha förutsättningar att uppfylla kravet avseende radiologisk risk.

I tidigare kapitel har ett antal olika lokaliseringfaktorer diskuterats för de två alternativa utformningarna (Alternativ 1, tunnel från SFR:s ovanmarksanläggning, i förhållande till den sökta utbyggnaden av SFR och Alternativ II, tunnel från Kärnbränsleförvarets ramp, i förhållande till den sökta utbyggnaden av SFR). De två alternativen skiljer sig även åt utifrån de ytterligare anläggningar på markytan som krävs, behov av tunnelpåslag etc. En sammanfattning av hur de alternativa utformningarna förhåller sig till den sökta utbyggnaden av SFR presenteras i Tabell 6-1.

För ett förvar i linsen måste horisontella bankningsplan och andra vattenförande strukturer som sträcker sig ned till, i storleksordningen, 150-200 m undvikas. För att minska risken för oavsiktligt intrång genom brunnsborrning bör ett förvar under mark placeras på ett större djup än ett förvar som ligger under havet. Detta har medfört att ett relevant djup för de alternativa utformningarna i linsen bör placeras under 150-200 m. Detta ökade djup jämfört med den sökta utbyggnaden av SFR medför att tunnlar som drivs från markytan blir längre med ökade kostnader, miljöbelastning och en förlängd byggtid.

Jämförelse mellan sökt placering och en alternativ placering i den tektoniska linsen i Forsmark

För Kärnbränsleförvaret har det bedömts att alkaliskt vatten kan orsaka en ökad nedbrytning av bentonit. Då den sökta utbyggnaden innehåller stora mängder cement är det inte orimligt att de två förvaren inte kan placeras för nära varandra. Det är dock inte utrett hur nära Kärnbränsleförvaret en alternativ förvarplacering i linsen kan placeras. För Kärnbränsleförvaret uppskattas dock att injektering baserad på standardcement kan användas ned till åtminstone 200 m (Sidborn et al. 2014). Då den mängd injektering som används är betydligt mycket mindre än den totala volymen cementbaserade material i den sökta utbyggnaden av SFR indikerar detta att de problem det alkaliska vattnet kan orsaka inte enkelt kan avfärdas.

Det bedöms inte vara möjligt, att med dagens kunskap, säga att det sökta förvaret skulle kunna placeras i anslutning till Kärnbränsleförvaret. Att utesluta att det sökta förvaret skulle kunna placeras i anslutning till Kärnbränsleförvaret är inte heller möjligt. En kombinerad säkerhetsanalys för de två förvaren skulle kunna ge svar på dessa frågor. Att genomföra en ny, kombinerad, säkerhetsanalys är dock något som tar flera år att genomföra. I vilken omfattning den pågående tillståndsprocessen för Kärnbränsleförvaret skulle påverkas av att ett förvar placeras i anslutning till Kärnbränsleförvaret har inte utretts.

En placering av de nya förvarsdelarna i linsen har den potentiella fördelen att bergsalen skulle kunna placeras i berg med lägre vattengenomsläpplighet. De huvudsakliga nackdelarna med Alternativ I är högre kostnader och ökad miljöpåverkan i huvudsak kopplade till det ökade berguttaget (längre tillfartstunnlar) som behövs för att åstadkomma de nya förvarsutrymmena. För Alternativ II är de huvudsakliga nackdelarna att utformningen av Kärnbränsleförvaret förändras i ett sent skede samt de logistiska problemen som uppstår under byggnationen då de två förvaren ska utnyttja samma ramp. Omfattande analyser av säkerheten skulle dessutom behövas för att säkerställa att de alternativa placeringarna i linsen inte skulle ha en negativ påverkan på Kärnbränsleförvaret. Dessutom leder en lokalisering i linsen till en sammankoppling av tillståndsprovning och genomförande av projekten av de två projekten. Om de två förvaren ska ses som en kärnteknisk anläggning och därmed vara föremål för en gemensam tillståndsprovning är inte klarlagt. De alternativa placeringarna i linsen skulle därmed avsevärt försena tillståndsprocesserna för Kärnbränsleförvaret och den sökta utbyggnaden av SFR. Det skulle medföra en avsevärd förskjutning av tidpunkten då rivningsavfallet från de avställda kärnkraftverken kan börja tas omhand.

Det bör påpekas att radiotoxiciteten hos det avfall som avses deponeras i den sökta utbyggnaden av SFR utgör en mindre del av den totala radiotoxiciteten vid förslutning av SFR. Mot bakgrund av att utformningen för den sökta utbyggnaden uppfyller myndighetskrav vore en alternativ placering i linsen med de ökade kostnader och den ökade miljöpåverkan som Alternativ I medför, de logistiska och de provningsmässiga problemen Alternativ II medför, längre tidsutdräkt innan slutförvaret kan tas i drift samt den möjligt negativa påverkan på Kärnbränsleförvaret vara olämplig. En sammanvägd bedömning av de alternativa utformningarna visar att den nu sökta utformningen är det bästa alternativet.

Tabell 6-1. Jämförelse mellan den sökta utbyggnaden av SFR och de två alternativa utformningarna som beskrivs i detta dokument. Jämförelsen baseras på de lokaliseringsfaktorer som presenterades i lokaliseringsutredningen (SKB 2013).

Lokaliseringsfaktorer		Alternativ I, tunnel från SFR:s ovanmarksanläggning, i förhållande till den sökta utbyggnaden av SFR	Alternativ II, tunnel från Kärnbränsleförvarets ramp, i förhållande till den sökta utbyggnaden av SFR
Långsiktig säkerhet	Vattengenomsläpplighet i berggrunden	Bättre	Bättre
	Hydraulisk gradient	Likvärdigt ¹	Likvärdigt ¹
	Reducerande förhållanden	Likvärdigt	Likvärdigt
	Seismisk aktivitet	Likvärdigt	Likvärdigt

Jämförelse mellan sökt placering och en alternativ placering i den tektoniska linsen i Forsmark

Lokaliseringsfaktorer		Alternativ I, tunnel från SFR:s ovanmarksanläggning, i förhållande till den sökta utbyggnaden av SFR	Alternativ II, tunnel från Kärnbränsleförvarets ramp, i förhållande till den sökta utbyggnaden av SFR
	Malmpotential	Likvärdigt	Likvärdigt
	Risk för brunnborrning	Likvärdigt ²	Likvärdigt ²
	Klimat- och klimatrelaterade processer	Likvärdigt	Likvärdigt
	Interaktion mellan förvar	Sämre	Sämre
Teknik för genomförande			
	Bygge och drift av berganläggningar	Sämre	Sämre
	Utrymme för anläggningar ovan och under mark	Likvärdigt	Likvärdigt
	Transporter	Likvärdigt	Likvärdigt
	Samordningsmöjligheter med befintlig eller planerad verksamhet	Sämre	Sämre
	Kostnader	Sämre	Sämre
	Tidsåtgång till driftklar anläggning	Sämre	Sämre
Miljö och hälsa			
		Sämre	Likvärdigt
Samhällsaspekter			
		Likvärdigt	Likvärdigt

¹ Avser tiden efter att strandlinjen passerat området ovan SFR. För tiden då området ovan SFR ligger under havet är den hydrauliska gradienten lägre.

² Bedöms likvärdigt då djupet för de alternativa placeringarna i linsen anpassats för att minska risken för brunnborrning.

Jämförelse mellan sökt placering och en alternativ placering i den tektoniska linsen i Forsmark

7 Referenser

Sidborn M, Marsic N, Crawford J, Joyce S, Hartley L, Idiart A, de Vries L M, Maia F, Molinero J, Svensson U, Vidstrand P, Alexander R, 2014. Potential alkaline conditions for deposition holes of a repository in Forsmark as a consequence of OPC grouting. Revised final report after review. SKB R-12-17, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2008a. Site description of Forsmark at completion of the site investigation phase. SDM-Site Forsmark. SKB TR-08-05, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2008b. Safety analysis SFR 1. Long-term safety. SKB R-08-130, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2010. Site engineering report Forsmark. Guidelines for underground design Step D2. SKB R-08-83, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2011. Long-term safety for the final repository for spent nuclear fuel at Forsmark. Main report of the SR-Site project. SKB TR-11-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2013. Plats för slutförvaring av kortlivat rivningsavfall. SKB P-13-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.