

Plats för slutförvaring av kortlivat rivningsavfall

Svensk Kärnbränslehantering AB

Januari 2013

Svensk Kärnbränslehantering AB

Swedish Nuclear Fuel
and Waste Management Co

Box 250, SE-101 24 Stockholm
Phone +46 8 459 84 00



ISSN 1651-4416

SKB P-13-01

ID 1350092

Plats för slutförvaring av kortlivat rivningsavfall

Svensk Kärnbränslehantering AB

Januari 2013

Sammanfattning

Kärntekniklagen (SFS 1984:3) kräver att kärnavfall ska hanteras och slutförvaras på ett säkert sätt. Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) har kärnkraftsindustrins uppdrag att ta omhand och slutförvara radioaktivt avfall och använt kärnbränsle från de svenska kärnkraftverken. Denna rapport behandlar det kortlivade låg- och medelaktiva avfall, som huvudsakligen kommer att uppstå vid rivningen av de svenska kärnkraftverken, men även vid rivningen av andra kärntekniska anläggningar. För att anläggningarna ska kunna rivs måste det finnas kapacitet att ta emot och slutförvara rivningsavfallet. SKB planerar därför att bygga ut det befintliga slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall (SFR) i Forsmark för detta ändamål.

Lagstiftningen kräver alternativ till den valda platsen. Den alternativa lokalisering för slutförvaring av rivningsavfall som SKB valt att jämföra den planerade lokaliseringen med är Simpevarpsområdet utanför Oskarshamn. Där finns idag Oskarshamns kärnkraftverk och SKB:s mellanlager Clab. Valet av Simpevarp som alternativ lokalisering grundar sig på att det är en av de platser i landet där data om berggrunden finns i en omfattning som tillåter en bedömning av förutsättningarna för långsiktig säkerhet, att en sådan bedömning de facto visar på goda förutsättningar, samt att platsen ger realistiska möjligheter att i praktiken genomföra slutförvaringen av rivningsavfall.

Vid en jämförelse mellan slutförvaring av kortlivat rivningsavfall i en utbyggnad av SFR med alternativet att uppföra ett separat slutförvar för kortlivat rivningsavfall i Simpevarp är slutsatsen att båda alternativen erbjuder potentiellt goda förutsättningar för långsiktig säkerhet. De skillnader som ändå indikeras talar till Forsmarks fördel. Liknande slutsatser fås vid jämförelser av faktorer avseende miljö och hälsa samt samhällsaspekter.

Skillnaderna mellan de båda alternativen är störst vid jämförelser avseende teknisk genomförbarhet. Jämförs etablerings- och driftsaspekter framstår Forsmarks fördelar tydligt. I grunden beror det på att man där kan samla all slutförvaring av kortlivat radioaktivt avfall till en plats. På kort sikt ger detta tids- och kostnadsbesparingar i etableringsskedet, eftersom exempelvis driftområde och en stor del av de funktioner som krävs redan finns på plats medan ett förvar i Simpevarp kräver nyetablering av ett driftområde. Effektivitetsvinsterna med att ha en anläggning i stället för två är tydliga även på längre sikt, under det långa driftskedet. Då tillkommer också en väsentlig fördel i form av bättre förutsättningar för långsiktig kontinuitet i verksamheten.

Uttryckt i kostnader bedöms den alternativa lösningen med ett nytt förvar i Simpevarp, som etableras parallellt med att deponeringen av driftavfall i SFR fortsätter så länge utrymme finns, innebära en minst fyrtioprocentig fördyring, jämfört med det planerade programmet för drift- och rivningsavfall. Uttryckt i tid skulle den alternativa lösningen försena planerna för att tillhandahålla förvaringsutrymmen för rivningsavfall med uppskattningsvis 4–6 år. Denna skattning avser SKB:s egna insatser och inkluderar inte eventuell mertid för kommunens beslutsprocess.

SKB:s huvudslutsatser är att:

- Med den valda lokaliseringen för slutförvaring av rivningsavfall kan ändamålet med verksamheten uppnås med minsta intrång och olägenhet för människors hälsa och miljön.
- Ingen annan plats kan utpekas som är uppenbart bättre än den valda, och som i realiteten är tillgänglig för att kunna tas i anspråk med rimliga insatser och inom önskvärda tidsramar.

Innehåll

1	Inledning	7
1.1	Bakgrund	7
1.2	Syfte	7
1.3	Avgränsning	7
1.4	Avfallet	7
1.5	Lokalisering av SFR	8
1.6	Befintligt hanteringssystem	9
	1.6.1 Utformning av anläggningen	9
	1.6.2 Hantering av avfall	10
1.7	Slutförvar för rivningsavfall	11
2	Utgångspunkter för lokalisering	13
2.1	Allmänt	13
2.2	Lagkrav	13
3	Lokaliseringsfaktorer	17
3.1	Generellt	17
3.2	Långsiktig säkerhet	17
	3.2.1 Berggrundens betydelse vid val av förläggingsplats	17
	3.2.2 Säkerhetsrelaterade lokaliseringsfaktorer	20
	3.2.3 Förvaring under hav eller under land	22
3.3	Möjliga alternativa platser ur aspekten långsiktig radiologisk säkerhet	22
	3.3.1 Generellt	22
	3.3.2 Referensområden	23
	3.3.3 Klimat- och klimatrelaterade processer	27
	3.3.4 Samlad bedömning	29
3.4	Teknik för genomförande	30
	3.4.1 Bygge och drift av berganläggningar	31
	3.4.2 Utrymme för anläggningar ovan och under mark	31
	3.4.3 Transporter	32
	3.4.4 Samordningsmöjligheter med befintlig eller planerad verksamhet	32
	3.4.5 Kostnader	32
	3.4.6 Tidsåtgång till driftklar anläggning	32
3.5	Miljö och hälsa	33
3.6	Samhällsaspekter	33
3.7	Slutsatser	34
4	Vald lokalisering	35
4.1	Områdesbeskrivning	35
	4.1.1 Allmänt	35
	4.1.2 Planförhållanden	36
	4.1.3 Geologiska och hydrogeologiska förhållanden	36
	4.1.4 Naturmiljö	36
	4.1.5 Friluftsliv	37
	4.1.6 Kulturmiljö	37
	4.1.7 Landskapsbild	37
4.2	Utformning	37
4.3	Långsiktig säkerhet	38
	4.3.1 Geologisk översikt	38
	4.3.2 Förutsättningar för långsiktig säkerhet	41
	4.3.3 Samlad bedömning	47
4.4	Teknik för genomförande	48
	4.4.1 Bygge och drift av berganläggningar	48
	4.4.2 Utrymme för anläggningar ovan och under mark	48
	4.4.3 Transporter	48

4.4.4	Samordning med befintlig eller planerad verksamhet	49
4.4.5	Tidsåtgång till färdig anläggning	50
4.5	Miljö och hälsa	50
4.5.1	Konsekvenser för naturmiljön	50
4.5.2	Konsekvenser för friluftslivet	50
4.5.3	Konsekvenser för kulturmiljön	50
4.5.4	Konsekvenser för landskapsbilden	50
4.5.5	Risk för bullerstörning i boendemiljö	50
4.5.6	Påverkan på riksintressen	51
4.5.7	Samlad bedömning	51
4.6	Samhällsaspekter	51
4.7	Slutsatser	51
5	Alternativ lokalisering	53
5.1	Områdesbeskrivning	53
5.1.1	Allmänt	53
5.1.2	Planförhållanden	54
5.1.3	Geologiska och hydrogeologiska förhållanden	54
5.1.4	Naturmiljö	54
5.1.5	Friluftsliv	55
5.1.6	Kulturmiljö	55
5.1.7	Landskapsbild	55
5.2	Utformning	55
5.3	Långsiktig säkerhet	56
5.3.1	Geologisk översikt	56
5.3.2	Förutsättningar för långsiktig säkerhet	58
5.3.3	Samlad bedömning	62
5.4	Teknik för genomförande	63
5.4.1	Bygge och drift av berganläggningar	63
5.4.2	Utrymme för anläggningar ovan och under mark	64
5.4.3	Transporter	64
5.4.4	Samordning med befintlig eller planerad verksamhet	65
5.4.5	Tidsåtgång till färdig anläggning	65
5.5	Miljö och hälsa	65
5.5.1	Konsekvenser för naturmiljön	65
5.5.2	Konsekvenser för friluftslivet	65
5.5.3	Konsekvenser för kulturmiljön	65
5.5.4	Konsekvenser för landskapsbilden	65
5.5.5	Risk för bullerstörning i boendemiljö	66
5.5.6	Påverkan på riksintressen	66
5.5.7	Samlad bedömning	66
5.6	Samhällsaspekter	66
5.7	Slutsatser	67
6	Jämförelse av alternativ	69
7	Slutsatser	73
8	Referenser	75

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Kärntekniklagen (SFS 1984:3) kräver att kärnavfall ska hanteras och slutförvaras på ett säkert sätt. Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) har kärnkraftsindustrins uppdrag att ta omhand och slutförvara radioaktivt avfall och använt kärnbränsle från de svenska kärnkraftverken. Denna rapport behandlar det kortlivade låg- och medelaktiva avfall, som huvudsakligen kommer att uppstå vid rivningen av de svenska kärnkraftverken, men även vid rivningen av andra kärntekniska anläggningar.

Behovet av att kunna slutförvara kortlivat rivningsavfall har aktualiserats av att de båda reaktorerna i Barsebäck har stängts. I Sverige finns också andra kärntekniska anläggningar som är avställda sedan länge, bland annat Ågestareaktorn i Huddinge kommun. För att anläggningarna ska kunna rivras måste det finnas kapacitet att ta emot och slutförvara rivningsavfallet. SKB planerar därför att bygga ut det befintliga slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall (SFR) i Forsmark för detta ändamål.

Kortlivat avfall från driften av kärnkraftverken slutförvaras i SFR. Som en följd av att reaktorernas planerade drifttider har förlängts kommer SFR:s kapacitet inte att räcka till för allt driftavfall. Avsikten är därför att slutförvara en mindre del (cirka 15 000 m³) sådant avfall i utbyggnaden. För att kunna särskilja det planerade slutförvarsutrymmet från det befintliga (SFR) benämns ändå det planerade som slutförvar för kortlivat rivningsavfall i denna rapport, trots att det alltså även kommer att hysa en mindre mängd driftavfall.

Det finns också behov av att mellanlagra långlivat låg- och medelaktivt rivningsavfall i väntan på slutförvaring. Avsikten är att mellanlagra detta avfall samordnat med det kortlivade rivningsavfallet, medan slutförvaringen kommer att ske i en helt annan anläggning som etableras i ett senare skede.

1.2 Syfte

Syftet med denna rapport är att beskriva de förutsättningar för slutförvaring av kortlivat rivningsavfall som är av betydelse vid lokalisering, samt att redovisa motiven till varför Forsmark och en utbyggnad av befintligt SFR har valts som huvudalternativ. Rapporten utgör en del i alternativredovisningen som krävs enligt miljöbalkens 6:e kapitel och kommer att utgöra ett underlag till miljökonsekvensbeskrivningen, som tas fram inför ansökan om tillstånd enligt kärntekniklagen och miljöbalken att uppföra och driva ett sådant slutförvar.

1.3 Avgränsning

Denna rapport behandlar inte motiv till utformning av förvaret. Val av förvarsdjup behandlas utifrån de frågeställningar som kopplar till lokaliseringen, till exempel risken för intrång genom brunnsborrning, men är i övrigt en fråga om platsanpassning vid vald lokalisering.

1.4 Avfallet

Vid både drift och rivning av en kärnteknisk anläggning uppstår radioaktivt avfall, som måste tas omhand. Det radioaktiva avfallet kategoriseras både utifrån de ingående radionuklidernas halveringstid (kort-, långlivat) och utifrån avfallets aktivitetsinnehåll (låg-, medel-, högaktivt). Kortlivat låg- och medelaktivt avfall, det avfall som slutförvaras i SFR, uppkommer både under drift och vid rivning av de kärntekniska anläggningarna. Driftavfallet utgörs bland annat av förbrukade jonbytarmassor och filter, använda skyddskläder och annat förorenat förbrukningsmaterial, samt utbytta reaktorkomponenter som suttit på tillräckligt avstånd från reaktorhärden. Rivningsavfallet utgörs främst av till exempel reaktorkomponenter, metallskrot, betong och andra byggnadsmaterial, men processavfall i form av jonbytarmassor, filter, skyddskläder och liknande förekommer också.

Innan det kortlivade radioaktiva driftavfallet går vidare till slutförvaring behandlas avfallet vid kärnkraftverken, Clab eller Studsvik. Syftet med behandlingen kan vara volymreducering, koncentrerung av aktiviteten, solidifiering, förpackning eller modifiering av fysikaliska eller kemiska egenskaper. Det våta avfallet behandlas i dag genom solidifiering med cement eller bitumen eller genom avvattning. Skrotavfall behandlas ofta genom dekontaminering, varvid det är möjligt att friklassa avfallet. Avfallet emballeras sedan i behållare anpassade till avfallets form, behandlingsmetod samt system för hantering. Behandlat avfall emballerat i en behållare kallas avfallskolli. Detta är normalt den enhet som deponeras i SFR. De olika typer av avfallsbehållare som används är containrar, betongtankar, betong- eller plåtkokiller samt 200-liters fat.

Rivningsavfallet kommer att behandlas på liknande sätt som motsvarande driftavfall. Jonbyttarmassor solidifieras eller avvattnas och filter kompakteras. Betong och sand placeras direkt i lämpliga transportförpackningar. Metallskrot kapas direkt vid rivningen i lämpliga dimensioner för transport till slutförvaring. Lågaktivt material placeras direkt i standardiserade ISO-containrar som används för transport och sedan deponeras.

Kortlivat avfall innehåller en signifikant mängd radionuklider med halveringstider under 31 år och endast en begränsad mängd radionuklider med längre halveringstider, till exempel kol-14. Efter cirka 500 år har merparten av radioaktiviteten i det kortlivade avfallet avklingat.

1.5 Lokalisering av SFR

År 1976 föreslog den statliga Aka-utredningen /SOU 1976/ att en ”central lagringsplats för låg- och medelaktivt avfall inrättas och att avfall från kärnkraftverken förs dit”. Man nämner att Forsmark eller Simpevarp framstår som främsta alternativ till förläggning. Utredningen betonade möjligheten till samordning vid hanteringen och skriver bland annat att ” Slutlig lagringsplats för låg- och medelaktivt avfall bör samordnas med lagringsanläggning för högaktivt avfall och projekteras samtidigt med denna”.

Åren 1978–80 studerades tänkbara förläggningsplatser för ett slutförvar för kortlivat låg- och medelaktivt avfall. Man utvärderade förutsättningarna på platser där berggrunden bedömdes kunna vara lämplig och där det var möjligt att samlokalisera slutförvaret med befintlig kärnteknisk verksamhet, det vill säga vid kärnkraftverken Ringhals, Oskarshamn och Forsmark, samt vid Studsvik. Den första utvärderingen gjordes utifrån befintlig kunskap kompletterad med vissa fältrekognoseringar. Utvärderingen tydde på att det vid samtliga studerade platser skulle gå att finna ett lämpligt bergområde, men att de tre platserna på ostkusten (Oskarshamn, Studsvik och Forsmark) var att föredra ur bergbyggnadssynpunkt. Därefter genomfördes geologiska och geofysiska markundersökningar vid Oskarshamn, Studsvik och Forsmark.

Tänkbara förläggningsplatser innehöll både alternativ under land och under hav. En fördel som framhölls med en förläggning under havet var att grundvattenföringen i berget där är låg. En annan fördel med placeringen under havet ansågs vara att risken för oavsiktligt intrång via brunnborrning är mindre än under land.

Vid en utvärdering av de tre alternativen uteslöts Studsvik på grund av sämre förhållanden för bergbyggnad samt att verksamheten där inte erbjöd lika goda synergimöjligheter som övriga alternativ. Dessutom framhölls att det var osäkert hur länge och i vilken omfattning Studsvik skulle ha kärnteknisk verksamhet.

Vid utvärderingen av platserna Forsmark och Oskarshamn befanns att markområden i Oskarshamn redan var hårt utnyttjade och en lokalisering dit skulle enligt bedömningen ha gett upphov till problem vad gällde landtransporter. Man bedömde att en ny hamn hade behövt byggas för att lösa dessa problem. Slutsatsen var att de totalt bästa förutsättningarna finns i Forsmark.

I SKB:s ansökan till Regeringen om tillstånd (24 mars 1982) enligt 136 a § byggnadslagen om att få uppföra SFR nämns avsikten att senare ansöka om tillstånd för att utöka anläggningen med bl. a radioaktivt avfall från rivning av kärnkraftverken. I regeringsbeslutet (22 juni 1983) nämns att ”Regeringen finner vidare, i enlighet med kommunens krav, att en komplettering av SFR med

slutförvaring av s.k. hårdkomponenter och av radioaktivt rivningsavfall från kärnkraftstationerna bör prövas enligt 136 a § byggnadslagen.”

SKB:s planering för ett slutförvar för kortlivat rivningsavfall i anslutning till SFR har medfört att i den nationella plan för allt radioaktivt avfall som Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) har gjort på uppdrag av regeringen /SSM 2009/ förutses det kortlivade låg- och medelaktiva rivningsavfallet slutförvaras i SFR.

1.6 Befintligt hanteringssystem

1.6.1 Utformning av anläggningen

År 1982 ansökte SKB (dåvarande SKBF) om tillstånd till att få bygga och driva ett slutförvar för radioaktivt driftavfall i Forsmark, benämnt SFR 1. Benämningen kommer från att man då planerade för att bygga ut förvaret med ytterligare två anläggningsdelar, SFR 2 och SFR 3. I SFR 2 skulle hårdkomponenter och interna reaktordelar placeras, vilka nu planeras läggas i ett eget slutförvar, SFL. I SFR 3 skulle kortlivat rivningsavfall placeras.

Med hänsyn till osäkerheter i prognosunderlaget bedömdes det att utbyggnaden av SFR 1 skulle ske i två etapper. Etapp 1 dimensionerades ursprungligen för den mängd driftavfall som enligt prognosen skulle ha deponerats fram till år 2000, cirka 60 000 m³. Etapp 1 inrymde en viss reservvolym, vilken tillsammans med etapp 2 skulle svara för resterande behov till år 2010 (cirka 30 000 m³). Totalt skulle alltså förvaret inrymma 90 000 m³ avfall.

År 1983 erhöles regeringens tillstånd enligt atomenergilagen och byggnadslagen samt tillstånd enligt vattenlagen genom dom i Stockholms Tingsrätt. Senare samma år meddelade koncessionsnämnden för miljöskydd igångsättningstillstånd och byggnadsarbetena kunde påbörjas. Koncessionsnämnden beslutade i december 1983 om tillstånd enligt miljöskyddslagen, som 1987 kompletterades med nämndens beslut om villkor för driften av SFR 1. Slutlig säkerhetsrapport, SSR, inlämnades 1987 som underlag för ansökan om tillstånd att ta i drift SFR 1 (etapp 1). Drifttillstånd erhöles året därefter.

SKB beslutade senare att inte ta tillståndet i anspråk vad gäller att bygga ut SFR 1 med etapp 2 och nuvarande tillstånd gäller för den idag byggda volymen, 63 000 m³.

Anläggningen är byggd för att ta emot, och efter förslutning utgöra ett passivt förvar för, låg- och medelaktivt radioaktivt avfall. Förvarsutrymmena är placerade i berg under havsbotten, med cirka 60 meter bergtäckning. Anläggningens underjordsdel nås via två tunnlar som mynnar vid hamnanläggningen. Förvaret har utformats så att det efter förslutning kan lämnas utan att ytterligare åtgärder behöver vidtas för att upprätthålla dess funktion.

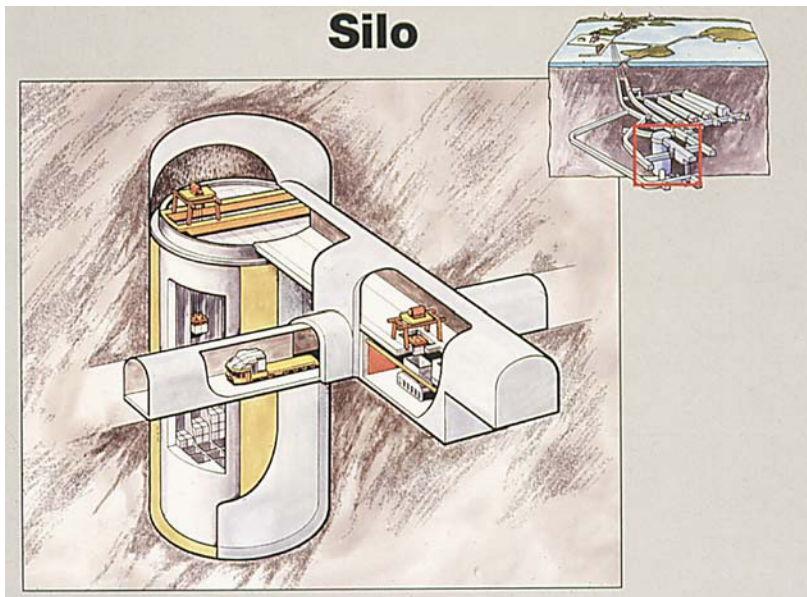
Det avfall för vilket SFR är avsett utgörs av driftavfall från de svenska kärnkraftverken och från mellanlagret för använt kärnbränsle, Clab, samt liknande radioaktivt avfall från annan industri, forskningsinstitutioner och sjukvård. Förvarets olika utrymmen är utformade för att dels passa till de olika typerna av behållare och material som förekommer samt dels ge ett advekat skydd beroende på de aktivitetsnivåer som finns i olika typer av avfall, se figur 1-1 och figur 1-2.

I silon, som innehåller huvuddelen av radioaktiviteten i anläggningen, slutförvaras främst jonbyttarmassor som använts vid rening av vatten i kärnkraftsreaktorerna. Silon är uppförd av betong och indelad i fack med betongväggar emellan. Utrymmet mellan silo och bergvägg är fyllt med bentonitlera. Avfallet är inneslutet i plåtfat eller kokiller (behållare av stål eller betong). Avfallskollina placeras i facken och kringgjuts successivt med betong.

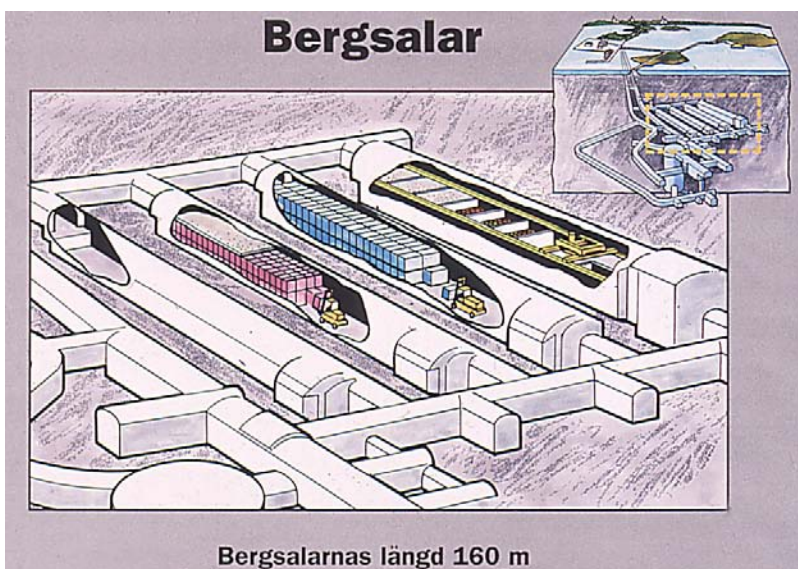
Bergsal för medelaktivt avfall, BMA, är inredd med betongfack i vilka medelaktivt avfall inneslutet i plåtfat eller kokiller förvaras. När ett fack är fullt läggs ett lock av betong på.

De två betongtankförvaren, BTF, innehåller avfall från Studsvik, huvudsakligen inneslutet i plåtfat, respektive betongtankar med avvattnade filtermassor .

I bergsalen för lågaktivt avfall, BLA, förvaras lågaktivt avfall, till exempel sopor och skrot, som är förpackat i ISO-containerar.



Figur 1-1. SFR, förvarsdelen silon.



Figur 1-2. SFR, bergsalarna. Från vänster till höger ligger utrymmena för 1BTF, 2BTF, BLA respektive BMA.

1.6.2 Hantering av avfall

Inför transport av avfallskollin placeras dessa i transportbehållare av olika typer. Transporterna sker sedan med fartyg till Forsmarks hamn från kärnkraftverken i Ringhals, Barsebäck och Oskarshamn samt från Studsvik. Där kan de lagras en kort tid i en terminalbyggnad i väntan på transport med terminalfordon ner i SFR. Cirka tio fartygslaster anländer till SFR per år. Transporterna från Forsmarks kärnkraftverk sker med terminalfordon till terminalbyggnad vid SFR eller direkt ner i anläggningen.

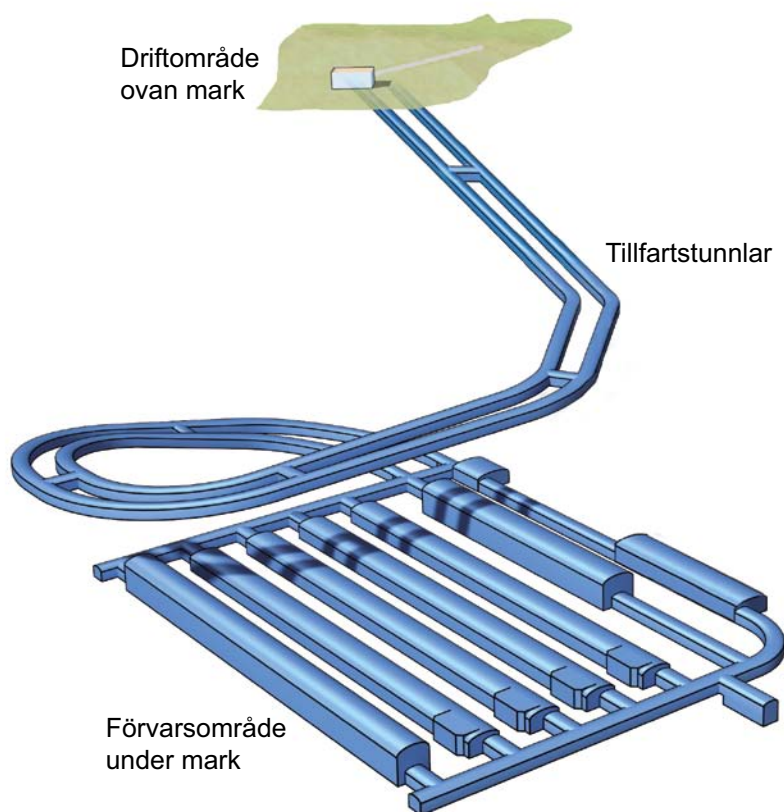
För det avfall som placeras i utrymmena benämnda BLA, 1BTF och 2BTF används gaffeltruck för att placera avfallet på plats, medan fjärrkontrollerade traverser används vid deponering i BMA och i silon.

1.7 Slutförvar för rivningsavfall

Befintlig SFR-anläggning är inte dimensionerad för att inrymma rivningsavfall och har dessutom enbart tillstånd för att ta emot driftavfall. Eftersom kärnkraftverken nu planerar för en längre drifttid än vad som var tänkt från början ryms heller inte allt driftavfall i befintlig anläggning.

Förvaringsbehovet för rivningsavfallet och det ytterligare driftavfallet är cirka 130 000 m³, varav medelaktivt avfall utgör 20 000 m³, lågaktivt avfall 90 000 m³ och hela reaktortankar 20 000 m³.

För att inrymma allt rivningsavfall och det ytterligare driftavfall som inte får plats i SFR planeras en anläggning som liknar den befintliga. Baserat på utformningen av befintligt SFR och den förväntade mängden avfall kommer förvarsområdet under mark att omfatta sex förvarsdelar, en bergsal för reaktortankar, en bergsal för medelaktivt avfall och fyra för lågaktivt avfall, se figur 1-3. Det behövs dessutom en tunnel för att kunna transportera ner reaktortankarna, som planeras slutförvaras hela. Hela förvarsområdet upptar en yta om ca 250×300 m. Det nya förvaret planeras ligga något djupare än befintligt SFR, och bygger på en utveckling av förvarskonceptet. Det rivningsavfall som ska deponeras, se avsnitt 1.3, anländer inneslutet i samma typer av avfallsbehållare som används för driftavfall. Nedtransport och deponering kommer att ske på samma sätt som idag. Undantaget är reaktortankarna som genom sin storlek och vikt måste transporteras på specialfordon.



Figur 1-3. Möjlig utformning av ett slutförvar för kortlivat rivningsavfall.

2 Utgångspunkter för lokalisering

2.1 Allmänt

Ändamålet med den sökta verksamheten är att slutförvara kortlivat låg- och medelaktivt avfall för att skydda människors hälsa och miljön mot skadlig verkan av joniserande strålning från avfallet, nu och i framtiden. Avfallet som ska slutförvaras kommer från drift, avveckling och rivning av svenska kärntekniska anläggningar samt viss övrig verksamhet i Sverige. Ytterligare förvarsutrymme för slutförvaring av kortlivat låg- och medelaktivt avfall behövs för att möjliggöra rivning av anläggningar där den kärntekniska verksamheten upphört och för mellanlagring av långlivat drift- och rivningsavfall i väntan på slutförvaring.

De som har tillstånd att driva de svenska kärnkraftverken är enligt kärntekniklagen skyldiga att ta hand om och slutförvara det kärnavfall som uppstår vid drift och rivning av kärntekniska anläggningar. För att uppfylla denna skyldighet har ägarna till kärnkraftverken bildat SKB, som således har uppdraget att uppföra, inneha och driva anläggningar för slutförvaring av kärnavfall. I det uppdraget ingår att hitta en lämplig plats för slutförvaring av kortlivat rivningsavfall. För att det ska vara möjligt för SKB att fullfölja detta uppdrag måste den plats där slutförvaring ska ske uppfylla två grundläggande krav: Det måste finnas berggrund som medger en långsiktigt säker förvaring, och det måste finnas en politisk och allmän acceptans i den berörda kommunen och bland närboende.

De krav på lokaliseringen av slutförvaret som enligt avsnitt 2.2 följer av kärntekniklagen, strålskyddslagen och miljöbalken innebär sammanfattningsvis att platsen ska vara lämplig med hänsyn till ändamålet med verksamheten, att konsekvenserna ska vara rimliga, samt att vid en jämförelse av platserna ska den plats väljas som innebär minst intrång och störning.

SKB:s planering har sedan SFR uppfördes varit att bygga ut SFR för att ta hand om ytterligare driftavfall samt kortlivat avfall från rivning av kärnkraftverken. SKB:s planering i detta avseende framgår bland annat av Fud-programmen. Planeringen har under det senaste decenniet successivt detaljerats och 2008–2010 genomfördes undersökningar av bergförhållandena för den tilltänkta utbyggnaden i anslutning till befintligt SFR.

För att uppfylla kraven i nu gällande lagstiftning har platser jämförts systematiskt med avseende på faktorer som kan ha betydelse för den samlade värderingen. Dessa faktorer redovisas i kapitel 3. Den valda och den alternativa platsens förutsättningar redovisas i kapitel 4 och 5, och en jämförelse mellan dessa platser görs i kapitel 6.

2.2 Lagkrav

Grundläggande krav på lokalisering som måste uppfyllas finns i miljöbalken, kärntekniklagen och strålskyddslagen. Nedan sammanfattas dessa krav och de ytterligare riktlinjer som ges i Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd.

Miljöbalken och lokalisering

I miljöbalkens (SFS 1998:808) andra kapitel finns ett generellt krav för lokaliseringen av verksamheter, den så kallade lokaliseringsprincipen, som anger följande:

6 § För en verksamhet eller åtgärd som tar i anspråk ett mark- eller vattenområde skall det väljas en plats som är lämplig med hänsyn till att ändamålet skall kunna uppnås med minsta intrång och olägenhet för människors hälsa och miljön.

I miljöbalkens 2 kap finns även skälighetsregeln 7 § som anger följande:

Kraven i 2-5 §§ och 6 § första stycket gäller i den utsträckning det inte kan anses orimligt att uppfylla dem. Vid denna bedömning skall särskilt beaktas nyttan av skyddsåtgärder och andra försiktighetsmått jämfört med kostnaderna för sådana åtgärder.

Lagkonstruktionen kan beskrivas som ett långtgående allmänt krav balanserat av en regel som öppnar för skälighetsbedömning från fall till fall. Den plats som väljs ska dels vara lämplig i sig (detta är en grundförutsättning för att platsen över huvud taget ska bli aktuell), dels orsaka minsta intrång och olägenhet för människors hälsa och miljön. Platsen ska således passa för såväl ändamålet med verksamheten som för hälso- och miljöskyddsintresset i allmän mening.

Med lämplig plats avses en plats som är lämplig med hänsyn till miljöbalkens mål enligt 1 kap 1 §:

Bestämmelserna i denna balk syftar till att främja en hållbar utveckling som innebär att nuvarande och kommande generationer tillförsäkras en hälsosam och god miljö. En sådan utveckling bygger på insikten att naturen har ett skyddsvärde och att människans rätt att förändra och bruka naturen är förenad med ett ansvar för att förvalta naturen väl.

I miljöbalken finns också kapitel 6 rörande miljökonsekvensbeskrivningar. I 6 kap 7 § anges att en miljökonsekvensbeskrivning ska redovisa ”alternativa platser, om sådana är möjliga”.

Miljöbalken ska tillämpas så att

1. Människors hälsa och miljön skyddas mot skador och olägenheter oavsett om dessa orsakas av föroreningar eller annan påverkan,
2. Värdefulla natur- och kulturmiljöer skyddas och vårdas,
3. Den biologiska mångfalden bevaras,
4. Mark, vatten och fysisk miljö i övrigt används så att en från ekologisk, social, kulturell och samhällsekonomisk synpunkt långsiktigt god hushållning tryggas, och
5. Återanvändning och återvinning liksom annan hushållning med material, råvaror och energi främjas så att ett kretslopp uppnås.

Kärntekniklagen och lokalisering

Kärntekniklagen innehåller inga specifika lokaliseringsbestämmelser utan hänvisar till 2 kap. i miljöbalken. Lokalisering behandlas dock i Strålsäkerhetsmyndighetens allmänna råd till 2 och 3 §§ i SSMFS 2008:21. I råden konstaterar SSM att: *”Platsen för ett slutförvar och förvarsdjupet bör väljas så att den geologiska formationen ger tillräckligt stabila och gynnsamma förhållanden för att slutförvarets barriärer ska fungera som avsett under tillräckligt lång tid. De förhållanden som avses rör primärt temperatur, hydrologi, samt mekaniska (t.ex. bergmekanik, seismologi) och kemiska (geokemi, inkl. grundvattenkemi) faktorer. Platsen för ett slutförvar bör vidare förläggas på ett betryggande avstånd från naturresurser som utnyttjas idag eller kan komma att utnyttjas i framtiden”*.

Strålskyddslagen och lokalisering

Strålskyddslagen innehåller, i likhet med kärntekniklagen, inga specifika lokaliseringsbestämmelser, men Strålsäkerhetsmyndigheten har med stöd av denna lag formulerat att: *”Förlägningsplats, utformning, bygge och drift av slutförvaret och tillhörande systemkomponenter bör väljas för att förhindra, begränsa och fördröja utsläpp från både tekniska och geologiska barriärer så långt som är rimligt möjligt. Avvägning mellan olika åtgärder bör göras genom en samlad bedömning av deras påverkan på slutförvarets skyddsförmåga.”* (Allmänna råd till 4, 8 och 9 §§ i SSMFS 2008:37).

I samma föreskrifter ställer myndigheten krav som berör människors hälsa och miljön, och som har betydelse för de generella värderingar som lokaliseringen måste bygga på: *”Människors hälsa och miljön ska skyddas från skadlig verkan av joniserande strålning, dels under den tid då de olika stegen i det slutliga omhändertagandet av använt kärnbränsle och kärnavfall genomförs, dels i framtiden. Det slutliga omhändertagandet får inte orsaka svårare effekter på människors hälsa och miljön utanför Sveriges gränser än vad som accepteras inom Sverige.”* (SSMFS 2008:37, 3 §).

För utsläpp av radioaktiva ämnen från kärntekniska anläggningar gäller SSMFS 2008:23. För anläggningar belägna inom samma geografiska område gäller att: *"Den effektiva dosen till någon individ i den kritiska gruppen av ett års luft- och vattenutsläpp av radioaktiva ämnen från alla anläggningar belägna inom samma geografiskt avgränsade område ska inte överstiga*

0,1 millisievert (mSv). Den effektiva dosen, som avser dosen från extern bestrålning och den intecknade dosen från intern bestrålning, ska integreras över en period av 50 år." (SSMFS 2008:23, 5 §).

Krav på barriärfunktion och långsiktig säkerhet

Strålskyddsmyndighetens föreskrifter preciserar det krav på långsiktig säkerhet, det s.k. riskkriteriet, som ett slutförvar ska uppfylla: *"Ett slutförvar för använt kärnbränsle eller kärnavfall ska utformas så att den årliga risken för skadeverkningar efter förslutning blir högst 10^{-6} för en representativ individ i den grupp som utsätts för den största risken."* (SSMFS 2008:37, 5 §).

Slutligen ges anvisningar om hur säkerheten ska uppnås med hjälp av barriärer och deras funktion. I SSMFS 2008:21, 2 och 3 §§ anges att: *"Säkerheten efter förslutning av ett slutförvar ska upprätthållas genom ett system av passiva barriärer. Varje barriär ska ha till funktion att på ett eller flera sätt medverka till att innesluta, förhindra eller fördröja spridning av radioaktiva ämnen, antingen direkt, eller indirekt genom att skydda andra barriärer i barriärsystemet."* I allmänna råd till 2 och 3 §§ i samma föreskrifter anger SSM: *"Vilka barriärer eller barriärfunktioner som behövs i ett slutförvar beror på dess innehåll av radioaktiva ämnen, andra ämnen som påverkar barriärernas säkerhetsfunktioner och på slutförvarets utformning och lokalisering."*

3 Lokaliseringsfaktorer

3.1 Generellt

Dagens regelverk för lokalisering enligt avsnitt 2.2 är väsentligt annorlunda än det som gällde vid lokaliseringen och tillståndsprövningen av SFR. Val av plats liksom förvarsmetod behöver nu tydligt motiveras i en ansökan.

Som framgår av tidigare avsnitt har SKB alltsedan SFR uppfördes haft för avsikt att senare bygga ut den befintliga anläggningen med mer förvaringsutrymme, för att där kunna deponera även kortlivat låg- och medelaktivt rivningsavfall. Inför tillståndsansökan behöver då SKB visa att detta alternativ uppfyller det beskrivna regelverket för lokalisering. Detta kräver systematiska jämförelser med andra, möjliga lokaliseringalternativ, med hänsyn till faktorer som speglar kraven på lokaliseringen.

Den alternativa platsen ska, liksom den valda platsen, ha goda förutsättningar för att uppfylla krav på långsiktig radiologisk säkerhet. För att bedöma detta krävs underlag i form av geovetenskapliga data och annan information. Vidare ska platsen ge goda förutsättningar för att tekniskt uppföra och driva ett slutförvar så att etableringen ger begränsad påverkan på miljö och människors hälsa. Robusthet och effektivitet i genomförandet ska eftersträvas och kostnaderna för etablering och drift ska vara rimliga. Det ska också vara troligt att det går att uppnå samhällelig acceptans för ett slutförvar på den alternativa platsen.

Sammanfattningsvis beaktas följande huvudgrupper av faktorer vid värdering och jämförelser av lokaliseringalternativ:

- Långsiktig säkerhet.
- Teknik för genomförande.
- Miljö och hälsa.
- Samhällsaspekter.

3.2 Långsiktig säkerhet

Detta avsnitt beskriver de säkerhetsrelaterade platsegenskaper som bör beaktas vid slutförvaring av kortlivat rivningsavfall, samt möjliga förläggningplatser i ett nationellt perspektiv.

3.2.1 Berggrundens betydelse vid val av förläggningplats

Att slutförvaringen förläggs till en plats med gynnsam berggrund innebär att den geologiska miljön på platsen är sådan att påverkan på förvarets tekniska barriärer under lång tid är begränsad, samt att transporten av radionuklider med grundvattnet till biosfären likaså är begränsad. Dessutom ska förvaret förläggas så att risken är låg för framtida oavsiktliga intrång.

Säkerhetsrelaterade egenskaper av betydelse för förvarets utformning

Den utformning som nu diskuteras invid befintligt SFR är baserad på erfarenheter från drift av och säkerhetsanalyser för SFR samt på de förhållanden som enligt de undersökningar som gjorts råder på den föreslagna förvarsplatsen intill SFR.

Skulle någon annan plats bli aktuell för slutförvaring kan förhållandena där påverka konstruktionen av de tekniska barriärerna. Det är dock troligt att konstruktionen skulle bli likartad om den alternativa platsen ligger i en liknande geologisk miljö, och om det tänkta förvarsdjupet inte avsevärt skiljer sig från det vid SFR. Det hindrar inte att en annan plats skulle kräva detaljanpassningar av utformningen. Det kan gälla exempelvis förvarsdjup och geometrier på förvarsutrymmen.

En bedömning har gjorts huruvida det finns något i den geologiska miljön för en alternativ plats som kan föranleda omfattande modifieringar av den tekniska konstruktionen. Om inte antas att konstruktionen av förvaret blir likartad den som diskuteras invid SFR.

Erfarenheter från säkerhetsanalysen SAR-08

Ett sätt att tydliggöra berggrundens betydelse för ett förvars långsiktiga strålsäkerhet är att beskriva dess relevans för olika systemkomponenter. För att göra detta används begreppet ”säkerhetsfunktion”. Begreppet introducerades för ett KBS-3-förvar i säkerhetsanalysen SR-Can /SKB 2006/ och användes senare även i säkerhetsanalysen SR-Site /SKB 2011/. För SFR användes begreppet för första gången i säkerhetsanalysen SAR-08 /SKB 2008a/. De övergripande säkerhetsfunktionerna är för SFR begränsning och fördröjning, vilka kan jämföras med inneslutning som är den övergripande säkerhetsfunktionen för ett KBS-3-förvar /SKB 2011/. De olika systemkomponenterna är avfall, tekniska barriärer, geosfär och förvar. Till varje säkerhetsfunktion finns en eller flera säkerhetsfunktionsindikatorer med vilkas hjälp man försöker mäta och jämföra.

Säkerhetsfunktioner/säkerhetsfunktionsindikatorer åskådliggör parametrar av betydelse för den långsiktiga funktionen av ett slutförvar, inklusive vid framtagandet av scenarier. Även om säkerhetsfunktionerna och säkerhetsfunktionsindikatorerna initialt kan uppnås finns ingen garanti för att förvaret uppfyller riskkriteriet under hela den analyserade tidsperioden, eller tvärtom att förvaret inte uppfyller riskkriteriet om säkerhetsfunktionen inte kan upprätthållas. Detta måste analyseras som en del av de beräkningar som utförs. Därav följer också slutsatsen att betydelsen av olika säkerhetsfunktioner och säkerhetsfunktionsindikatorer inte kan rangordnas (graderas) innan det finns underlag för en säkerhetsanalys och att vissa svar erhålls endast efter en färdig säkerhetsanalys. Som exempel på frågor som kräver en säkerhetsanalys kan nämnas betydelsen av avklingning av avfallens radioaktivitet i kombination med degradering av de tekniska barriärerna.

För SFR byggs säkerheten efter förslutning i huvudsak på en begränsad aktivitetsmängd i förvaret samt på en långsam frigörelse och transport av radionuklider. Långsam transport av radionuklider är betydelsefullt eftersom radioaktiviteten avklingar med tiden. För de tekniska barriärerna uppnås detta om vattenflödet genom avfallet och förvaret är lågt, i kombination med fördröjning på grund av sorption till olika material i systemet. Långsamt vattenflöde uppnås om den valda platsen för förvaret har låg vattengenomsläpplighet och låg hydraulisk gradient.

För slutförvaring av kortlivat rivningsavfall gäller likartade förutsättningar som för driftavfallet. De säkerhetsfunktioner som identifierades som betydelsefulla för SFR i den tidigare säkerhetsanalysen SAR-08 kan således även användas som stöd vid jämförelser mellan alternativa förläggningsplatser, men som nämnts tidigare behöver olika scenarier belysas i en säkerhetsanalys för att svara på frågan huruvida förvaret på en viss plats är säkert under hela den analyserade tidsperioden.

Tabell 3-1 sammanfattar de fem säkerhetsfunktioner som identifierades som betydelsefulla för SFR i SAR-08 /SKB 2008a/. I tabellen redovisas även tre principer (arbetssätt) för att säkerhet för ett utbyggt SFR ska uppnås. Dessa principer är:

- Lokalisering, som avser förvarets placering i landet (förläggningsplats). Redovisas i denna rapport.
- Förvarsutformning, som avser förvarsdjup samt andra konstruktionsrelaterade egenskaper. I denna rapport diskuteras förvarsdjup relaterat till risk för intrång från brunnsborring. Övrig utformning förutses vara likartad för olika platser.
- Deponeringsstrategi, avser avfallens egenskaper och acceptanskriterier för avfall. Avhandlas inte i denna rapport.

Tabell 3-1. Systemkomponenter (barriärer), säkerhetsfunktioner, säkerhetsfunktionsindikatorer och principer för att uppnå säkerhetsfunktioner. (Jmf tabell 5-3 i /SKB 2008a/.)

Komponent	Säkerhetsfunktion	Säkerhetsfunktion-indikator	Princip för att uppnå säkerhetsfunktion	Krav/Önskemål	Används vid lokalisering
Avfall	Begränsad mängd aktivitet	Låg aktivitet i förvarsdel	Deponeringsstrategi	Önskemål	Nej
Tekniska barriärer – hydraulisk funktion	Lågt flöde i förvarsdelar	Låg hydraulisk konduktivitet för betongtankar i BTF*	Förvarsutformning (materialval)	Önskemål	Nej
		Låg hydraulisk konduktivitet för betongväggar i BMA**	Förvarsutformning (materialval)	Önskemål	Nej
		Låg hydraulisk konduktivitet för bentonit	Förvarsutformning (materialval)	Önskemål	Nej
		Låg risk för permafrost	Förvarsutformning (djup, plats i landet)	Önskemål	Nej
		Låg seismisk aktivitet	Lokalisering (plats i landet)	Önskemål	Ja
Tekniska barriärer – kemisk funktion	God sorption i betongbarriärer	Högt pH	Förvarsutformning (materialval)	Önskemål	Nej
		Reducerande förhållanden	Förvarsutformning (materialval)	Krav	Nej
		Låga halter komplexbildare	Deponeringsstrategi	Önskemål	Nej
		Hög tillgänglig sorptionsyta	Förvarsutformning	Önskemål	Nej
Geosfär	Lågt flöde i berggrunden	Låg hydraulisk konduktivitet i berggrunden	Lokalisering (plats i landet, djup)	Önskemål	Ja
		Låg hydraulisk gradient i berggrunden	Lokalisering (plats i landet, djup)	Önskemål	Ja
		Låg seismisk aktivitet och ej förläggning inom regionala deformationszoner	Lokalisering (plats i landet)	Önskemål	Ja
Förvar	Undvika oavsiktligt intrång	Låg risk för brunnborrning	Förvarsutformning (djup, plats i landet)	Önskemål	Ja
		Låg malmpotential	Lokalisering (plats i landet)	Krav	Ja

* BTF avser betongtankförvar (lågaktivt avfall), ** BMA avser bergsal för medelaktivt avfall

Av ovan nämnda faktorer är avsaknad av malmpotential ett krav ur säkerhetssynpunkt. Även reducerande förhållanden i berggrunden bedöms som ett krav, men betydelsen kan justeras när nedan nämnda pågående arbeten är klara. Övriga faktorer är mer av karaktären önskemål.

Betydelsen av de faktorer som bedöms som önskemål behöver utredas i en säkerhetsanalys baserad på platsspecifika data och den tekniska utformningen av förvaret. Samtliga önskemål behöver inte vara uppfyllda för att en plats ska vara lämplig.

För den långsiktiga säkerheten är det viktigt att minska risken att stora berggrörelser med tillhörande jordskalv, skadar förvaret. Sådana berggrörelser sker företrädesvis i stora deformationszoner med regional utsträckning. Deformationszoner är också ofta mer vattengenomsläppliga än omgivande berg. Som framgår av tabell 3-1 är det därför önskvärt att regionala deformationszoner undviks vid förvarets förläggning.

Hur ett förvar utformas beror på platsspecifika förhållanden som kräver en platsundersökning. I denna rapport har en yta på 500×500 m antagits för en alternativ plats. Ytan är tilltagen i överkant för att ge möjlighet till anpassning av förvaret till lokala geologiska förhållanden. Som jämförelse upptar det preliminära förslaget på utformning av utbyggnaden av SFR en yta på ca 250×300 m.

I en säkerhetsanalys har även biosfärsförhållanden betydelse. Även om dessa förhållanden kan variera mellan olika platser ses biosfärsförhållanden inte som en lokaliseringsfaktor. Anledningen är att förläggingsplats bör (SSMFS 2008:37) väljas för att förhindra, begränsa och fördröja utsläpp från både tekniska och geologiska barriärer så långt som är rimligt möjligt. Detta medför att berggrundens egenskaper och förhållanden hamnar i fokus i denna utredning. Ytsystemen kan dock ha indirekt påverkan på förvarets kvarhållande förmåga då förhållanden på ytan fungerar som randvillkor till andra delar av systemet, exempelvis huruvida förvaret ligger under hav eller inte, vilket beaktas i denna rapport. För den valda platsen görs sedan en säkerhetsanalys som även inkluderar biosfärsförhållanden.

I denna rapport görs även en bedömning av vilken platskännedom som finns för en aktuell plats samt relevans och tilltro till data. Att det finns relevanta data som man kan ha tilltro till är nödvändigt vid en bedömning av potentialen att uppfylla säkerhetskraven för slutförvaring vid en viss plats.

3.2.2 Säkerhetsrelaterade lokaliseringsfaktorer

Baserat på erfarenheter av säkerhetsanalysen SAR-08 (tabell 3-1) bedöms följande geovetenskapliga faktorer vara av betydelse för slutförvaring av kortlivat rivningsavfall:

- Vattengenomsläpplighet i berggrunden.
- Hydraulisk gradient.
- Reducerande förhållanden.
- Seismisk aktivitet.
- Malmpotential.
- Risk för brunnborrning.
- Klimat- och klimatrelaterade processer.

Vattengenomsläpplighet i berggrunden

Hydrogeologiska förhållanden styr grundvattenströmningen i förvarsvolymen. I en kristallin (granitisk/urberg) berggrund är det frekvensen av, och vattengenomsläppligheten hos de vattenförande sprickorna som är de avgörande faktorerna. Dessa parametrar påverkar förutsättningarna för transport av lösta ämnen till och från förvaret och därmed hur mycket radioaktiva ämnen som kan spridas via grundvattnet. Variationen i vattengenomsläpplighet är ofta stor i lokal skala och mindre mellan olika delar av landet eller mellan olika bergarter. Variationen är därför vanligen större inom en plats än mellan platser.

I en säkerhetsanalys är vattengenomsläppligheten av stor betydelse, och det är ett starkt önskemål att vattengenomsläppligheten i den del av berggrunden där förvaret förläggs är låg.

Hydraulisk gradient

Låg hydraulisk gradient bidrar till lågt grundvattenflöde i ett förvar. 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 stora delar av landet, t ex i de mestadels låglänta svenska kustområdena, är dock skillnader i hydraulisk gradient mellan olika platser inte så stora att det påverkar grundvattenflödet mer än marginellt vid en jämförelse. Låg hydraulisk gradient ses som ett önskemål vid lokalisering.

Reducerande förhållanden

Reducerande förhållanden i förvaret är betydelsefullt för att upprätthålla en god sorption i barriärerna. Detta underlättas om det råder reducerande förhållanden i berggrunden på förvarsdjup. Den stora mängden järn som kommer att finnas i förvaret bidrar även till reducerande förhållanden. Reducerande förhållanden i berggrunden betraktas som ett krav i samband med lokalisering.

Erfarenhetsmässigt kan sådana förhållanden förväntas vid samtliga platser som kan vara aktuella för slutförvaring av kortlivat rivningsavfall. Lokaliseringsfaktorn bedöms därför som uppfylld för samtliga områden som beaktas i denna rapport. I övrigt visar SAR-08 att förvaret fungerar under normala grundvattenkemiska förhållanden. Ytterligare grundvattenkemiska parametrar beaktas därför inte vid lokalisering.

Seismisk aktivitet

Möjliga konsekvenser av jordskalv beaktas vid förvarets platsanpassning och utformning. Bland annat undviks större deformationszoner genom förvaret. Skillnader i jordskalvsfrekvens mellan olika delar av landet bör därför inte medföra större olikheter ur ett riskperspektiv. Vid lokalisering ses dock låg jordskalvsfrekvens som ett önskemål.

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 malmineral (naturresurser) och risk för brunnborrning. Avsaknad av malmpotential är ett krav vid lokalisering.

Eftersom malmpotential ofta är kopplad till specifika geologiska miljöer/bergarter kan en kvalificerad bedömning ofta göras utifrån tidigare känd malmpotential i regionen, i kombination med allmän kännedom om den geologiska miljön vid förläggningsplatsen, eventuellt kompletterat med specifik information från exempelvis geofysiska data eller borrhävar.

Brunnsborrning

Risken för att någon i framtiden borrar ett hål i eller i anslutning till förvaret för att utvinna grundvatten eller energi (energibrunn) går inte att utesluta. I säkerhetsanalysen ingår därför ett scenario som beskriver konsekvenser av att människor i framtiden oavsiktligt borrar en sådan brunn och använder sig av dricksvatten från brunnen.

I kustnära områden, men även i områden som efter den senaste glaciationen varit täckta av hav, påträffas ibland salthaltigt grundvatten vid brunnborrning. Där saltvattenrisken är hög begränsas ofta brunnsdjupet. Andra mer generella begränsningar för borrhjup är tillgänglig borrhjup och kostnad. I slutet av nittiotalet gjordes en geostatistisk analys av uppgifterna i SGU:s brunnsarkiv. Mediandjupet för hela riket vid brunnborrning efter vatten i berg var 70 m med 25 % och 75 % percentiler vid 48 m respektive 99 m borrhjup /Berggren 1998/.

Slutsatsen är att risken för oavsiktlig brunnborrning genom ett förvar minskar med förvarsdjupet. Baserat på den brunnborrning som sker i dag kan risken betraktas som låg för brunnborrning genom ett förvar under land om det förläggs djupare än ca 100 m. För ett förvar under havet är risken obefintlig så länge havet täcker förvaret. Risken för djup brunnborrning bör rimligen även vara lägre i områden där salt grundvatten ofta påträffas. Vid lokalisering är låg risk för brunnborrning ett önskemål.

Klimat och klimatrelaterade processer

Klimatet kan på lång sikt påverka förvarets barriärer och dess geologiska och hydrologiska omgivning. Bland annat finns risk för frysning under kalla perioder med permafrost, vilket kan påverka de tekniska barriärernas funktion och grundvattnets flödesmönster. Klimatvariationer i kombination med landhöjning påverkar även havsytans läge, vilket kan ha betydelse vid en kustnära lokalisering. Konsekvenserna av havsyteförändringar, landhöjning och tillväxt av permafrost i samband med kommande perioder av kallt klimat utreds i en säkerhetsanalys för den valda platsen.

3.2.3 Förvaring under hav eller under land

Som tidigare nämnts ska enligt SSM val av plats beakta bästa möjliga teknik (BAT) och därmed kvarhållande förmåga. Detta gör att vattengenomsläpplighet och övriga säkerhetsrelaterade faktorer från berggrunden kommer i fokus vid jämförelser mellan platser och vid lokaliseringen av slutförvaret. Någon principiell skillnad mellan förläggning av förvaret under hav eller under land finns inte avseende dessa faktorer.

Den principiella skillnaden mellan ett förvar under hav eller under land blir därför begränsad till olika stor risk för brunnborrning. Skillnaden kvarstår så länge förvaret är täckt av hav. Risken för brunnborrning är då obefintlig. Eftersom pågående landhöjning medför att även ett havstäckt område så småningom övergår till landområde, blir den säkerhetsmässiga skillnaden tidsberoende.

En fördel med ett förvar under hav kan vara låg hydraulisk gradient, medan nackdelar kan vara tekniska problem, exempelvis problem med ventilation, som följer vid en lokalisering under havet på längre avstånd från land, samt att det är svårare att genomföra en platsundersökning.

3.3 Möjliga alternativa platser ur aspekten långsiktig radiologisk säkerhet

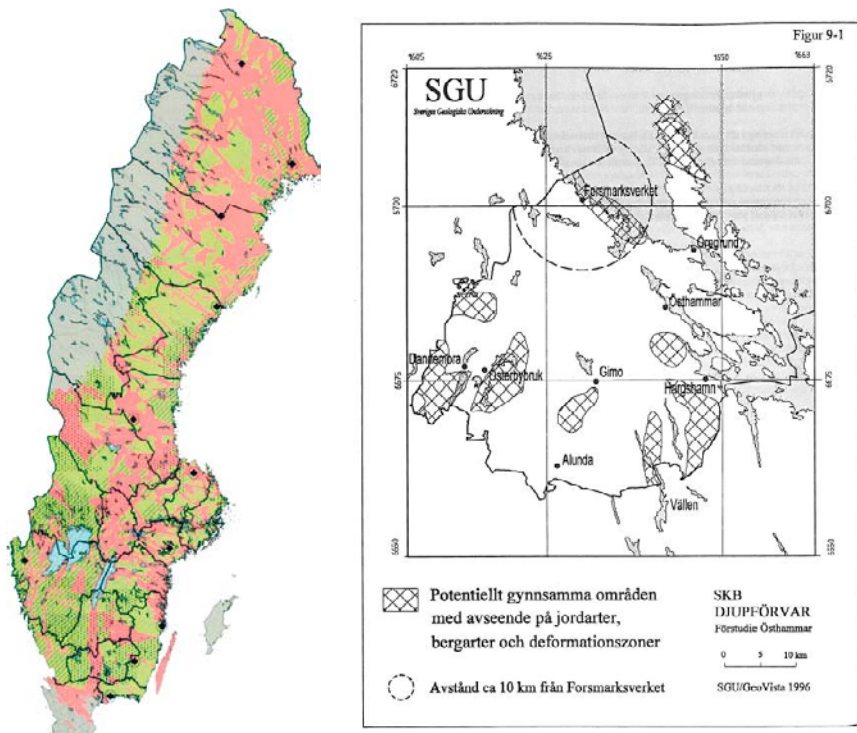
3.3.1 Generellt

Översiktliga bedömningar av långsiktig radiologisk säkerhet kan göras baserat på ovan nämnda krav och önskemål. För att en sådan bedömning ska vara meningsfull krävs undersökningsdata från berggrunden. En alternativ plats bör därför sökas bland områden där sådana data existerar, och som kan användas för en översiktlig säkerhetsbedömning.

Om kravet på tillgång till data från berggrunden släpps, och en alternativ plats söks förutsättningslöst i hela Sverige, finns många platser som troligen kan anses som potentiellt lämpliga. Detta har illustrerats i de länsvisa översikter av lämpligheten för ett slutförvar för använt kärnbränsle som genomfördes av SGU under åren 1998–1999 för samtliga län med undantag för Gotland /SKB 2000a/. Bedömningar avseende potentiell lämplighet för lokalisering har utgått från befintlig information om berggrund, jordarter och deformationszoner, kombinerat med data om jordskalvsfrekvens, malmpotential och hydrogeologi. I samtliga studerade län finns berggrund som bedöms som lämplig för vidare studier avseende ett slutförvar för använt kärnbränsle, se figur 3-1, men även berggrund som bedöms som olämplig.

Motsvarande slutsats kunde dras från de förstudier som genomfördes av åtta kommuner. I sju av dessa åtta förstudier kunde ett eller flera områden identifieras som potentiellt lämpliga, och det konstaterades att det inte går att säkerhetsmässigt rangordna dessa. Ett exempel, figur 3-1, är resultatet av förstudien av Östhammars kommun där SGU identifierat områden som bedöms som potentiellt lämpliga grundat på tillgängliga data om berggrund, jordarter och deformationszoner /SKB 1996/.

De refererade studierna i läns- och kommunskala avsåg lokaliseringsförutsättningar för slutförvaret för använt kärnbränsle, men de egenskaper hos berggrunden som styr lämpligheten är i grunden desamma för slutförvaring av kortlivat rivningsavfall. Utfallet skulle därmed förmodligen bli detsamma om motsvarande studier gjordes för att identifiera en alternativ plats för slutförvaret för rivningsavfall. Slutsatsen är att sett i nationell skala, och utgående från befintliga data i SGU:s databaser, finns det förmodligen ett mycket stort antal potentiellt geologiskt lämpliga områden för ett slutförvar för kortlivat rivningsavfall.



Figur 3-1. Den vänstra kartan visar en sammanställning av länsstudier avseende potentiellt lämpliga (grönt) respektive potentiellt olämpliga områden (rött) för vidare studier avseende ett slutförvar för använt kärnbränsle /SKB 2000a/. Den högra kartan är ett exempel på motsvarande studie i en mer detaljerad skala, i detta fall från förstudien av Östhammars kommun.

3.3.2 Referensområden

Som nämnts tidigare bör en säkerhetsbedömning, även om den inledningsvis blir översiktlig, baseras på data från berggrunden. Vid bedömning om det finns andra platser som kan erbjuda säkerhetsrelaterade fördelar relativt Forsmark är det därför särskilt intressant att studera SKB:s typområden och Simpevarp/Laxemar/Äspö. Undersökningar på dessa platser har, liksom i Forsmark, gjorts med syfte att undersöka områdenas lämplighet för slutförvaring av använt kärnbränsle. Därmed finns det rimliga förutsättningar för relevanta jämförelser.

/Winberg 2010/ redovisar en jämförelse av säkerhetsrelaterade platsegenskaper mellan Forsmark och ett antal referensområden som inkluderar utvalda typområden, Äspö och Laxemar. Studien avser ett slutförvar för använt kärnbränsle, vilket bland annat innebär att förhållanden på 400–700 m djup har varit i fokus. Syftet med studien har inte varit att beskriva en alternativ plats, utan att värdera Forsmarks meriter relativt vad som är känt om förhållandena i referensområdena. Rapporten beskriver även de skillnader som finns i omfattning och detaljeringsgrad mellan platsundersökningarna i Forsmark/Laxemar respektive i typområdena, samt hur dessa skillnader har beaktats.

En liknade översiktlig genomgång har gjorts inom ramen för denna rapport av data från referensområden bestående av typområden, Äspöområdet och av SKB platsundersökta områden i Forsmark och Simpevarp/Laxemar avseende de lokaliseringsfaktorer som nämnts tidigare. Geografiska lägen för dessa referensområden visas i figur 3-2. En översikt över det dataunderlag som har använts finns i tabell 3-2. Förhållanden ner till 200 m djup har beaktats. Lokaliseringsfaktorn klimat- och klimatrelaterade processer behandlas separat i ett eget avsnitt.



Figur 3-2. Referensområden som studerats i denna rapport.

Tabell 3-2. Tillgängliga data från typområden.

Vattengenomsläpplighet i berggrunden	Äldre data av en kvalitet som kan användas för en jämförelse med senare undersökta områden finns från sju områden: Klipperås, Fjällveden, Svartboberget, Kamlunge, de senast borrade kärnbränsleförvåren vid Finnsjön samt Åspö. Data från SKB:s databas Sicada.
Hydraulisk gradient	Från rapporterna /Ahlbom et al. 1983, Ahlbom et al. 1991a, Ahlbom et al. 1991b, Ahlbom et al. 1992a, Ahlbom et al. 1992b, Gentzschlein 1986/ samt /Carlsson et al. 1983/.
Seismisk aktivitet	Baserad på SGU:s länsvisa sammanställningar, se referenser i /SKB 2000a/. Om ett område ligger i en region som SGU anger som "något förhöjd frekvens av jordskalv" anges detta som "förhöjd" i tabell 3-3, annars används beteckningen "låg".
Malmpotential	Baserad på SGU:s länsvisa genomgångar /SKB 2000a/.
Risk för brunnborring	Alla områden under land bedöms ha samma risk och någon gradering görs inte. För ett förvar under hav bedöms risken som obefintlig.

Tekniken för undersökning av geovetenskapliga förhållanden har genomgått en betydande utveckling från det att de första typområdena undersöktes i slutet av 1970-talet fram till de platsundersökningar som genomfördes i Forsmark /SKB 2008b/ och Simpevarp/Laxemar /SKB 2009/ under 2000-talets första årtionde. Omfattningen av data har varierat under årens lopp, och datakvaliteten har generellt förbättrats med tiden. Inget av typområdena uppvisar samma höga datakvalitet som platsundersökningarna i Forsmark och Simpevarp/Laxemar.

Vad beträffar lokaliseringsfaktorn berggrundens vattengenomsläpplighet bedöms ändå att sex typområden, Klipperås, Fjällveden, Svartboberget, Gideå, Kamlunge och Finnsjön, tillsammans med Åspö, uppvisar en datakvalitet som i stort sett är i paritet med den som uppnåddes vid platsundersökningarna, varför en jämförelse av data är meningsfull. För övriga lokaliseringsfaktorer finns data från fler typområden, men för att kunna göra en jämförelse som inbegriper samtliga lokaliseringsfaktorer har referensområdena i denna rapport begränsats till ovan nämnda områden.

I figur 3-3 redovisas en sammanställning av vattengenomsläpplighet (hydraulisk konduktivitet) för samtliga referensområden. Dessa inkluderar de sex typområdena samt Äspö, SFR (sammanslagna med data från platsundersökningen för utbyggnaden av SFR), platsundersökningsområdet för slutförvaret för använt kärnbränsle (Kärnbränsleförvaret) i Forsmark (se figur 4-5) samt Laxemar och Simpevarpsområdet. Samtliga data är från mätningar i kärnborrhål med undantag för Kärnbränsleförvaret, Laxemar, Simpevarpsområdet samt Äspö där även data från hammarborrhål har medtagits. Data redovisas i 100 m-skala, vilket innebär att i den mån det har gjorts mätningar av hydraulisk konduktivitet i kortare sektioner än 100 m inom respektive 100 m-intervall, har resultaten av dessa summerats till ett enda värde som representerar hela intervallet om 100 m. Data från samtliga borrhål har därefter inkluderats i ett kumulativt diagram för respektive område.

Data redovisas i 100 m-skala för intervallen 0-100 m respektive 100-200 m. Detta innebär att i den mån det har gjorts mätningar av hydraulisk konduktivitet i kortare sektioner än 100 m inom respektive intervall har resultaten av dessa summerats till ett enda värde, som representerar hela intervallet om 100 m (när kortare sektioner summeras används hydraulisk transmissivitet som sedan omräknas till hydraulisk konduktivitet). Data från samtliga borrhål har därefter inkluderats i ett kumulativt diagram för respektive område. I diagrammen redovisas 80 %-percentilen, K_{80} -värdet, för båda intervallen. Innebörden av K_{80} -värdet är att 80 % av K -värdena är lika med eller har lägre belopp än K_{80} . K_{80} -värdena presenteras även i tabell 3-3, tillsammans med de övriga geovetenskapliga parametrar som listas i tabell 3-2. (K -värden kan uttryckas i exponentform som i tabell 3-3, t ex $3,5 \times 10^{-6}$, eller med bokstaven e (ibland E), t ex 3,5e-006 som i figur 3-3.)

Observera att de sammanställningar av vattengenomsläpplighet som finns i denna rapport är översiktliga och generaliserade. Detta eftersom datakvalitet och modelleringsteknik varierar mellan olika områden. Bland annat har samtliga data från respektive område använts utan att någon hänsyn tagits till om mätningen skett i deformationszoner, vattenförande sprickor eller övriga delar av berggrunden.

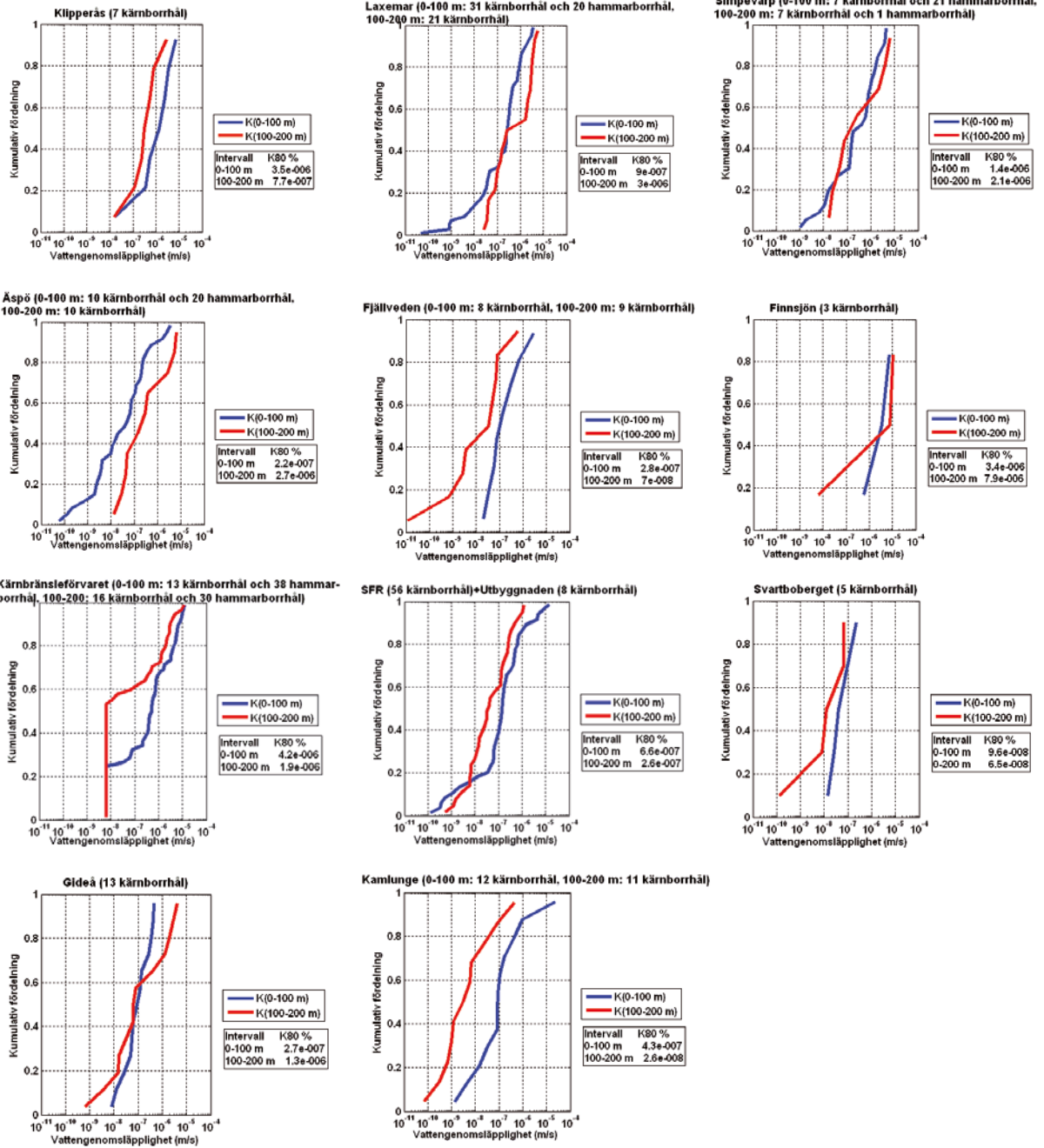
För en vald plats genomförs en platsundersökning där deformationszoner och andra strukturer identifieras och denna kunskap används vid platsanpassningen av förvaret. Den vattengenomsläpplighet som i verkligheten kommer att karaktärisera berggrunden kring förvaret kan därför skilja sig åt från den generaliserade bild som framkommer i denna rapport.

Tabell 3-3. Data från referensområden. För vattengenomsläppligheten anges 80 % percentilen (K_{80}) för djupintervallen 0-100 m och 100-200 m.

	K_{80} (m/s) 0-100 m	K_{80} (m/s) (100-200 m)	Hydraulisk gradient (m/m)	Seismisk aktivitet	Malm- potential	Risk för brunns- borrning
Klipperås	$3,5 \times 10^{-6}$	$7,7 \times 10^{-7}$	0,0035	Låg	Nej	Ja
Laxemar	$9,0 \times 10^{-7}$	$3,0 \times 10^{-6}$	0,0035	Låg	Nej	Ja
Simpevarpsområdet	$1,4 \times 10^{-6}$	$2,1 \times 10^{-6}$	0,0035	Låg	Nej	Ja
Äspö	$2,2 \times 10^{-7}$	$2,7 \times 10^{-6}$	0,0035	Låg	Nej	Ja
Fjällveden	$2,8 \times 10^{-7}$	$7,0 \times 10^{-8}$	0,0025	Låg	Nej	Ja
Finnsjön	$3,4 \times 10^{-6}$	$7,9 \times 10^{-6}$	0,0025	Låg	Nej	Ja
Kärnbränsleförvaret	$4,2 \times 10^{-6}$	$1,9 \times 10^{-6}$	0,0018	Låg	Nej	Ja
SFR+ preliminärt läge utbyggnaden	$6,6 \times 10^{-7}$	$2,6 \times 10^{-7}$	0,0018	Låg	Nej	Nej*
Svartboberget	$9,6 \times 10^{-8}$	$6,5 \times 10^{-8}$	0,0255**	Låg	Ja	Ja
Gideå	$2,7 \times 10^{-7}$	$1,3 \times 10^{-6}$	0,0063	Låg	Nej	Ja
Kamlunge	$4,3 \times 10^{-7}$	$2,6 \times 10^{-8}$	0,0288**	Förhöjd	Nej	Ja

*Under havstäcktid – därefter samma risk som övriga områden.

**Semiregional skala – kan vara högre i lokal skala



Figur 3-3. Sammanställning av genomsläpplighetsdata i form av kumulativdiagram från referensområden. Områdena är presenterade från söder (Klipperås) mot norr (Kamlunge). Kumulativdiagrammen är indelade i intervallen 0–100 m samt 100–200 m.

3.3.3 Klimat- och klimatrelaterade processer

Möjliga effekter av tänkbara framtida klimatförändringar beskrivs nedan med utgångspunkt från att det i framtiden kan förekomma perioder med varmt tempererat klimat, perioder med periglacialt klimat med permafrost, glaciala perioder när förvarsplatsen täcks av inlandsis samt perioder då den täcks av hav (som påverkar grundvattenflöde, salthalt och potentialen för permafrosttillväxt och brunnborrning). Periglaciala förhållanden används för att beskriva ett kallt torrt klimat som förekommer t.ex. utanför och omkring regioner med inlandsis. I detta sammanhang har periglaciala förhållanden likställts med förhållande med permafrost.

Givet att platsspecifika klimatdata i huvudsak saknas för äldre referensområden är diskussionen om framtida förhållanden på dessa platser i första hand kvalitativ. Följande klimatfaktorer är av störst vikt för en diskussion om plats:

- Uppskattad tidpunkt för första framtida period med kallt klimat, och medföljande risk för permafrost och sönderfrysning av förvarets betongstrukturer.
- Möjliga permafrostdjup vid platserna.
- Havsyntans framtida nivå vid platserna (gäller enbart kustnära platser) och dess variation över tiden.

I säkerhetsanalysen för slutförvaret för använt kärnbränsle, SR-Site, genomfördes analysen av klimateffekter i Forsmark med utgångspunkt från en framtida referensutveckling baserad på en antagen upprepning av förhållanden rekonstruerade för den senaste glaciationscykeln (Weichsel och Holocen). Denna referensutveckling kompletterades med andra tänkbara scenarier med potentiellt större inverkan på förvarets säkerhet, inklusive klimatutvecklingar dominerade av global uppvärmning med ett i huvudsak varmare och våtare klimat. /SKB 2010a/.

Huvuddragen i jämförelsen mellan Forsmark och de andra referensområdena som gjordes i SR-Site /Winberg 2010/ är användbara även för analysen av SFR. För den aktuella jämförelsen av Forsmark med referensområdena är det dock inte tillräckligt att enbart använda sig av referensutvecklingen, eftersom förvarskonceptet och typen av avfall i det aktuella fallet skiljer sig från slutförvaret för använt kärnbränsle som analyserades i SR-Site. Det betydligt grundare förvarsdjupet, samt att radionuklidinventariet innehåller säkerhetsmässigt kritiska radionuklider med förhållandevis kort halveringstid (t ex C14 med halveringstiden 5 730 år) gör att analysen även behöver fokusera på möjligheterna för tidigast tänkbara bildning av permafrost, med risk för negativ påverkan på funktionen hos förvarets barriärer, vid platserna som jämförs.

En huvudorsak till dagens olikheter i klimat mellan Forsmark och referensområdena är en skillnad i platsernas latitud, figur 3-4, och höjd över havet. Dessa fysiska skillnader kommer att bestå även i framtiden, vilket motiverar att man i jämförelsen mellan platserna gör antagandet att även de relativa skillnaderna i klimat mellan Forsmark och referensområden i huvudsak kommer att bestå. Detta är ett förenklat antagande, men bedöms som tillräckligt för den aktuella jämförelsen. En tydlig latitudberoende gradient i temperatur är noterbar med den högsta årsmedeltemperaturen i söder och den lägsta i norr. Avståndet till kusten är inte avgörande för årsnederbörden utan noterade skillnader kan delvis tillskrivas lokala förutsättningar.

Med undantag för Klipperås och Svartboberget är referensområdena belägna under den högsta kustlinjen. Områden under högsta kustlinjen har varit täckta av hav efter den senaste deglaciationen, och kännetecknas därmed av högre salthalter i mark- och grundvatten än områden belägna över den högsta kustlinjen. Avståndet från nuvarande kustlinje, och den nuvarande utpräglade inströmningskaraktären, ger en mer färsk karaktär hos grundvatten provtagna i t ex Kamlunge, Gideå, Fjällveden och Svartboberget. För områden belägna ovan högsta kustlinjen förstärks detta förhållande ytterligare (Klipperås och Svartboberget).

Rekonstruktioner av den senaste glaciationscykeln (Weichsel och Holocen) /SKB 2010a/ visar att det (i Forsmark) finns tidsmässiga växlingar mellan perioder med tempererat (varmt) klimat, perioder med periglaciala förhållanden (kalla torra perioder med permafrost, men utan inlandsis), perioder med glaciala förhållanden, samt perioder med havstäckta förhållanden. För de aktuella referensområdena kan det översiktligt antas att permafrostsituationen (tidsrymd och djupgående) är likartad på platser med likartad årsmedeltemperatur i luften.



Figur 3-4. Referensområdenas geografiska lägen. Områden ovanför högsta kustlinjen är markerade med ljusblå färg.

Baserat på dagens skillnader i årsmedeltemperatur mellan platserna /Winberg 2010/ och för vissa platser baserat på simulerade årsmedeltemperaturer för ett kallare periglacialt klimat /Kjellström et al. 2009/, kan en uppskattning av den relativa tidpunkten för den första permafrosten vid övriga lokaler göras. Tidpunkten för den första permafrosten uppskattas vara ungefär densamma i Finnsjön och Fjällveden som den är i Forsmark. Permafrosttillväxt förväntas ske senare i Laxemar/Simpevarp och Klipperås (platser söder om Forsmark med högre årsmedeltemperatur) än i Forsmark, medan den förväntas ske tidigare vid platserna norr om Forsmark (med lägre årsmedeltemperatur), i successionen Kamlunge, Gideå och Svartboberget.

Permafrostens djupgående förväntas bli störst på de nordligaste platserna, med successivt avtagande i maximalt permafrostdjup mot söder. Detta kan exemplifieras med Forsmark och Laxemar vilka har maximala permafrostdjup på 260 m respektive 160 m i fallet Weichselcykeln /SKB 2010b/. Det maximala permafrostdjupet påverkas även av berggrundens termiska- och grundvattnets kemiska egenskaper, men dock till en lägre grad än av klimatet vid markytan /Hartikainen et al. 2010/. För de områden som i dag har en tydligt lägre årsmedeltemperatur än Forsmark, dvs. Kamlunge, Gideå och Svartboberget, uppskattas därför det maximala permafrostdjupet kunna bli större än i Forsmark. För de referensområden där årsmedeltemperaturen i dag är högre än i Forsmark (Klipperås, Laxemar/Simpevarp) uppskattas det maximala permafrostdjupet bli grundare än i Forsmark. För platser med ungefär samma årsmedeltemperatur i luften som Forsmark (Finnsjön och Fjällveden) förväntas det maximala permafrostdjupet bli ungefär detsamma som i Forsmark. Värt att notera i detta sammanhang är att permafrost ner till t.ex. förvarsdjup inte behöver betyda att bentonitlera eller betongstrukturer utsätts för frysning, eftersom dessa kan ha en frystemperatur som kan vara lägre än vattnets. För att dessa förvarsdelar ska frysa krävs en lägre lufttemperatur än den som bildar permafrost på motsvarande djup.

I detta sammanhang är det även viktigt att notera att osäkerheten i beräkningar och resonemang kring framtida permafrostdjup är betydande, framför allt p.g.a. den stora osäkerheten i framtida lufttemperatur. Dock kan osäkerheten anses vara ungefär lika för alla platser som jämförs, varför en relativ jämförelse mellan dem är möjlig att göra. Tabell 3-4 redovisar ett försök till kvalitativ och relativ jämförelse av de väsentligaste klimatrelaterade aspekterna för referensområden i relation till motsvarande förhållanden i Forsmark.

Följande slutsatser kan dras från jämförelsen mellan de olika platserna:

- Det finns tydliga klimatologiska skillnader mellan de platser som jämförs. Detta ger t.ex. upphov till att förutsättningarna för permafrost och havstäckta förhållanden varierar mellan platserna.
- På grund av den isostatiska nedpressningen under senaste nedisningen, och den långsamma återhämtningen, är platsen för SFR idag täckt av hav. Det kustnära läget gör att platsen just ovan förvaret kan komma att vara täckt av hav ytterligare 600–2 500 år, beroende på klimatutveckling och associerad havsytteförändring (preliminära resultat från pågående arbeten). Ingen av de övriga platserna har havstäckta förhållanden idag, även om flera av dem tidigare haft det efter den senaste deglaciationen. Havstäckta förhållanden är positiva eftersom det utesluter bildning av permafrost och brunnborring.
- En plats belägen längre norrut än Forsmark innebär generellt sett tidigare ankomst och längre perioder med permafrost, samt en djupare penetration av permafrost. Omvänt kännetecknas en sydligare plats generellt sett av en senare ankomst av första framtida permafrost, kortare permafrostperioder och yttligare penetration av permafrost.
- Om man vill minska risken för tidig eller upprepad permafrost så kan detta göras genom att anpassa slutförvarets djup. För de sydligt belägna lokalerna kan ett förvar ur denna aspekt förläggas till ett grundare djup jämfört med de nordliga lokalerna. Platsen Forsmark utgör i detta avseende ett medelvärde av de platser som jämförts.

3.3.4 Samlad bedömning

Inget av referensområdena framstår som uppenbart mest lämpligt med avseende på alla lokaliseringsfaktorer som jämförts. Däremot kan ett område, Svartboberget, betraktas som olämpligt eftersom det har malmpotential.

Den hydrauliska konduktiviteten (vattengenomsläppligheten) har en spridning på mellan två och tre tiopotenser i det undersökta intervallet 0–200 m. Typområdet Svartboberget uppvisar den lägsta hydrauliska konduktiviteten i avsnittet 0–100 m, medan Kamlunge har lägst hydraulisk konduktivitet i intervallet 100–200 m. SFR- området intar en position ungefär i mitten av spridningsintervallet i båda djupavsnitten, medan Simpevarpsområdet har relativt hög konduktivitet ner till 100 m, men mer genomsnittlig i intervallet 100–200 m.

Tabell 3-4. Kvalitativ och relativ jämförelse av projicerade klimatrelaterade förhållanden för referensområden med förhållanden för Forsmark.

	Uppskattad tidpunkt för första permafrost	Periglacial* period med permafrost Permafrostdjup	Platsen täckt av hav Initial period med havstäckta förhållanden
Kamlunge	Tidigare	Djupare	Kortare/obefintlig
Gideå	Tidigare	Djupare	Kortare/obefintlig
Svartboberget	Tidigare	Djupare	Kortare/obefintlig
Finnsjön	Ungefär samma	Ungefär samma	Kortare/obefintlig
Fjällveden	Ungefär samma	Ungefär samma	Kortare/obefintlig
Laxemar, Simpevarp och Äspö	Senare	Yttligare	Kortare/obefintlig
Klipperås	Senare	Yttligare	Kortare/obefintlig

*Term som används för att beskriva ett kallt torrt klimat som förekommer t.ex. utanför och omkring regioner med inlandsis. I detta sammanhang har periglaciala förhållanden likställt med förhållande med permafrost.

Åtta av de elva referensområdena karaktäriseras av låg hydraulisk gradient. Dessa är alla belägna i flack terräng, där grundvattenflödet huvudsakligen styrs av den regionala topografien. Skillnaden mellan topografisk- respektive hydraulisk gradient är oftast marginell, men den hydrauliska gradienten är något lägre än den topografiska. I tabell 3-3 är rubriken Hydraulisk gradient, men gradienterna är i själva verket framräknade som topografiska gradienter.

SFR-området uppvisar det allra lägsta värdet för hydraulisk gradient, 0,0018 m/m. Påtagligt höga hydrauliska gradienter (mer än en tiopotens högre än i SFR-området) råder i typområdena Svartboberget och Kamlunge.

Ett område, Kamlunge, kännetecknas av förhöjd seismisk aktivitet. Det bör dock framhållas att även Gideåområdet är beläget nära det stråk av förhöjd seismisk aktivitet som följer Norrlandskusten. Typområdet Svartboberget har, som tidigare nämnts, malmpotential.

Med undantag för SFR ligger samtliga områden på land. Därmed finns risk för intrång i form av borrhning av dricksvattenbrunnar. På grund av landhöjningen kommer med tiden även SFR att ligga under land med risk för intrång genom brunnsborrning.

Det finns tydliga klimatologiska skillnader mellan områdena som medför tidigare och djupare permafrost för områden norr om Forsmark och senare och grundare permafrost för områden söder om Forsmark. Variationer i tidpunkt och djup för permafrost för olika lokaliseringalternativ kan innebära att det djupa ett slutförvar för kortlivat rivningsavfall förläggs på kan behöva anpassas så att sönderfrysning av förvarets betongstrukturer undviks. I detta sammanhang är det av betydelse att betongstrukturen kan ha en frystemperatur som är flera grader lägre än vatten. För den valda platsen analyseras hur permafrost och andra klimatrelaterade processer kan påverka säkerheten i förvaret. Skulle analysen visa på oacceptabla förhållanden kan detta leda till att förvarsdjupet justeras eller att andra åtgärder vidtas. En sådan analys pågår för närvarande för utbyggnaden av SFR. Med tanke på att förläggingsdjupet kan anpassas, och då det krävs en säkerhetsanalys för att avgöra om detta är nödvändigt, ses i denna rapport klimat- och klimatrelaterade processer som hanterbara för samtliga referensområden och därmed inte som en platskiljande faktor ur säkerhetssynpunkt.

Den samlade slutsatsen är att med undantag för Svartboberget får samtliga områden översiktligt betraktas som potentiellt lämpliga ur säkerhetssynpunkt för ett slutförvar av kortlivat rivningsavfall. Tas även aspekten platskänedom med i bedömningen framstår Simpevarps- eller Laxemarområdet som mest lämpliga som alternativa förläggingsplatser till Forsmark. I dessa områden finns data av motsvarande kvalitet och resultat från motsvarande modellering som i Forsmark, vilket underlättar en detaljerad jämförelse. Vid en inbördes jämförelse mellan Laxemar- och Simpevarpsområdet med avseende på lokaliseringsfaktorerna enligt tabell 3-3 framstår likheterna mellan de två områdena tydligt, varför det ur denna aspekt är svårt att rekommendera det ena området framför det andra.

Möjligen skulle även platser där undersökningar av berggrunden har gjorts för andra syften än SKB:s kunna ses som alternativa förvarplatser till Forsmark. Några exempel där omfattande undersökningar har gjorts av specifika platser är prospekteringsborrning för malm samt för en rad undermarksanläggningar. Syftena med dessa anläggningar har dock varit andra än för ett slutförvar, och det är därför tveksamt om data är användbara för säkerhetsbedömningar samt om data håller den kvalitet som krävs. Dessutom är själva existensen av sådana undersökningar en fingervisning om att området är intressant ur andra aspekter, och att det därför kan vara mindre lämpligt som förvarsområde.

3.4 Teknik för genomförande

Platsen där slutförvaring rivningsavfall ska ske ska i vid mening ge goda förutsättningar för industriverksamhet. 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 ger alltså betydande fördelar. Det gäller i synnerhet kärnteknisk industri, där särskilda samordningsmöjligheter finns. Samtidigt kan det finnas risker för störningar och beroenden av industriverksamhet i omgivningen som måste beaktas. En viktig faktor är också vilka förutsättningar som finns för transporter av radioaktivt avfall.

Bergförhållandena på platsen ska ge goda förutsättningar för att bygga och driva förvarets bergutrymmen på ett säkert och effektivt sätt. Tillräckliga volymer med lämpligt berg ska finnas för att med god marginal hysa ett förvar som efter platsanpassning uppfyller kapacitetskraven. De bergens egenskaper som ur byggsynpunkt är gynnsamma för slutförvaring av rivningsavfall är överlag likartade med de som eftersträvas för slutförvaring av använt kärnbränsle /SKB 2010 c/. Exempelvis är sprickfattigt berg med hög hållfasthet alltid fördelaktigt. Men det finns också viktiga skillnader i både kravbilderna och förutsättningarna att uppfylla dessa krav. En är att förvaret för rivningsavfall är långt mindre till utbredningen än Kärnbränsleförvaret. Det gör det väsentligt enklare att finna tillräckligt stora bergvolymer, utan större deformationszoner och med lämpliga egenskaper i övrigt. En annan skillnad är att djupet är mindre. Det innebär bland annat lägre belastningar av bergspänningar och vattentryck, vilket ger mindre långtgående krav på anpassning av konstruktion och utförande till lokala bergförhållanden.

De enskilda lokaliseringsfaktorer som värderats vad gäller de tekniska förutsättningarna att etablera och driva ett slutförvar för rivningsavfall är:

- Bygge och drift av berganläggningar.
- Utrymme för anläggningar ovan och under mark.
- Transporter.
- Samordningsmöjligheter med befintlig eller planerad verksamhet.
- Kostnader.
- Tidsåtgång till driftklar anläggning. Även om detta inte strikt kan ses som en lokaliseringsfaktor görs i denna rapport en bedömning för olika platser. Anledningen är att flera intressenter har uttryckt önskemål om att rivningen av Barsebäcks kärnkraftverk ska påbörjas så snart som möjligt.

3.4.1 Bygge och drift av berganläggningar

Det finns en rik erfarenhet från bergbyggnad för olika ändamål ner till aktuellt djup på många platser i landet. Erfarenheterna visar att det i allmänhet finns goda förutsättningar för att bygga en underjordsanläggning med den utformning som är aktuell för slutförvaring av rivningsavfall. SKB:s egna undersökningar genom åren pekar i samma riktning.

Lämplig berggrund bedöms därmed finnas på många platser i landet. Detta ger flexibilitet i lokaliseringen och öppnar för att ta hänsyn till andra lokaliseringsfaktorer än förutsättningarna för bergbyggnad. Oavsett plats krävs givetvis undersökningar för att verifiera bergförhållandena och ge underlag för platsanpassningen av förvaret.

3.4.2 Utrymme för anläggningar ovan och under mark

Slutförvaringen kräver inga omfattande anläggningar ovan mark och utrymmesbehovet är därmed begränsat. En jämförelse kan göras med den befintliga SFR-anläggningen i Forsmark, som upptar en yta på ca 400×250 m. Där inryms kontor, verkstäder, terminalbyggnad, körytor med mera. Under byggtiden tillkommer ytor för att hantera och tillfälligt lagra utsprängda bergmassor. Hur och var bergmassorna hanteras beror på lokala förutsättningar.

Tillgängligt utrymme under mark bestäms av de geologiska förutsättningarna. Det tillgängliga utrymmet är det utrymme som finns kvar efter att bergpartier som kan vara olämpliga, främst större sprickzoner, har uteslutits. En platspecifik anpassning av förvaret måste göras, baserat på data från en platsundersökning. En area på ca 250×300 m krävs för att inrymma själva förvaret. Till det kommer utrymme för en lutande tillfartstunnel (ramp) som förbinder anläggningarna ovan mark med förvaret. För att ge marginaler för anpassning samt för att säkerställa att det finns utrymme mellan förvar och större sprickzoner har ett utrymmesbehov på 500×500 m antagits för en alternativ plats.

De begränsade utrymmesbehoven ovan- och under mark innebär goda möjligheter att finna platser där förvaret kan inrymmas.

3.4.3 Transporter

Kärnkraftverken, SKB:s anläggningar och Studsviksanläggningen är all belägna utefter södra Sveriges kust. På dessa platser finns infrastruktur anpassad för hantering och sjötransport av radioaktivt avfall. Detta inkluderar hamn och andra anläggningar, maskiner, fysiskt skydd samt tillgång till kärnteknisk kompetens. Generellt innebär därför slutförvaring vid någon av dessa platser transportmässiga fördelar relativt andra platser.

Sedan många år har driftavfall och använt kärnbränsle transporterats med fartyg från kärnkraftverken till SFR i Forsmark respektive Clab i Oskarshamn. Transporterna har fungerat väl och detta transportsätt kommer att användas även fortsättningsvis. Fartygstransporter kommer därmed att vara tillgängliga för rivningsavfall.

Transporter av rivningsavfall från kärnkraftverken och SKB:s anläggningar på landsväg eller järnväg är tekniskt möjliga alternativ, men innebär att ett nytt transportsystem behöver byggas upp och drivas parallellt med det existerande. Det vore mycket svårt att motivera ur resursmässig synpunkt. Det är också oklart om en sådan lösning skulle accepteras av berörda samhällsintressen.

För rivningsavfall från anläggningar som inte ligger vid kusten, bland annat Ågestareaktorn kommer transporter på väg att krävas. De volymer som är aktuella är jämförelsevis marginella, och dessa transporter har inte beaktats vid värderingen av lokaliseringalternativen enligt kapitel 4 och 5.

Slutsatsen är att ur transportsynpunkt är det viktigt att slutförvaring av rivningsavfall kan ske i ett kustområde nära befintlig hamn. Kärnkraftverken och Studsviksanläggningen är särskilt lämpliga platser.

3.4.4 Samordningsmöjligheter med befintlig eller planerad verksamhet

Som nämnts ger samlokalisering med befintlig kärnteknisk verksamhet samordningsmöjligheter. Slutförvaring av kortlivat rivningsavfall är en del i SKB:s system för att hantera och slutförvara radioaktivt avfall och en lokalisering av förvaret till någon av de platser där SKB:s övriga avfallsanläggningar finns, det vill säga Forsmark och Simpevarp, ger särskilt goda synergimöjligheter. I relation till dessa platser ger alla andra alternativ nackdelar med avseende på resursbehov och effektiviteten i hela SKB:s verksamhet.

Även möjliga nackdelar med samlokalisering med kärnteknisk eller annan industri behöver vägas in i bedömningen. Det kan gälla beroenden av infrastruktur eller service som tillhandahålls av annan part, risker för ömsesidiga störningar eller olycksrisker som indirekt kan påverka anläggningen.

3.4.5 Kostnader

Då det inte har gjorts några detaljerade studier av en anläggning på en annan plats än intill SFR har i denna rapport endast möjliga kostnadsskiljande faktorer studerats övergripande. Kostnader behandlas därför inte i kapitlet om de alternativa platserna (kapitel 4 och 5) utan en jämförelse görs endast i kapitel 6.

3.4.6 Tidsåtgång till driftklar anläggning

Vid bedömningen av tidsåtgång till färdig anläggning har endast den tid som åtgår för att göra nödvändiga undersökningar och bygga slutförvarets anläggningar ovan och under mark beaktats. I praktiken är osäkerheten störst avseende tid som åtgår för plan- och tillståndsprocessen.

3.5 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 buller och luftutsläpp, utsläpp av länshållningsvatten etc.

Hänsyn tas till skyddad och skyddsvärd natur, såsom riksintresse, naturreservat, nyckelbiotop, naturvärdesobjekt eller liknande. För vattenförekomster finns även miljö kvalitetsnormer som inte får påverkas. I landskapet finns kulturmiljöer som är viktiga för att värna dess historiska kvaliteter och utveckla dem på ett hållbart sätt. Särskilt viktiga kulturmiljöer är sådana som fått någon form av skydd, exempelvis riksintressen för kulturmiljövård, byggnadsminnen, landskapsbildskydd och fornlämningar.

Anläggningsarbeten och transporter till och från anläggningen kommer att orsaka buller. Buller från stationära bullerkällor (krossar, fläktar etc.) respektive från vägtrafik har olika karaktär och bedöms därför olika. För både byggbuller, buller från industrianläggningar och trafikbuller finns riktvärden som måste innehållas. Förutom buller orsakar bergborrning och sprängningsarbeten även vibrationer och luftstötvägar. Även tunga transporter kan orsaka vibrationer.

Transporter samt damning från bergkross och hantering av bergmassor orsakar utsläpp till luft. Transporterna ger utsläpp av bland annat partiklar, kolväten, kolmonoxid, svaveldioxid, och kväveoxider. Hantering och lagring av bergmassor kan orsaka damning i närområdet, särskilt vid torr väderlek. För luftkvalitet finns miljö kvalitetsnormer som inte får överskridas.

Transporter på land och till sjöss kräver även energi i form av el och drivmedel. Även produktion av byggmaterial samt själva bygget och driften av anläggningen kräver energi. Enligt miljöbalken ska hushållning med material, råvaror och energi främjas så att ett kretslopp uppnås.

Generellt gäller att områden med befintlig industri är fördelaktiga ur miljö- och hälsosynpunkt eftersom man då inte tar någon ny mark i anspråk och närområdet redan är påverkat av t.ex. buller och luftutsläpp.

3.6 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. Lokaliseringsprocessen för slutförvaret för använt kärnbränsle som startade 1992 har gett omfattande erfarenheter avseende förutsättningarna att uppnå detta på olika håll i landet. I denna process genomfördes förstudier i åtta kommuner, och områden som kunde vara av intresse för vidare studier identifierades i sju av dem. Vad som visade sig vara svårare var att uppnå samhällelig acceptans och ett fortsatt deltagande i kärnavfallsprogrammet i form av platsundersökningar. Två kommuner avstod från fortsatta undersökningar redan efter avslutad förstudie. Övriga sex kommuner deltog i processen fram till val av områden för platsundersökningar. Av de fyra kommuner där SKB föreslog platsundersökningar eller annan fortsatt verksamhet tackade två nej. Slutresultatet blev därför platsundersökningar i Forsmark och Laxemar/Simpevarp.

Platsundersökningarna startade 2002. Lokaliseringsprocessen fram till dess att data började erhållas från försvarsdjup tog därmed tio år. Det skulle dröja ytterligare nio år av undersökningar och utvärderingar, inklusive säkerhetsanalys, innan SKB kunde lämna in en ansökan om att bygga ett slutförvar för använt kärnbränsle i Forsmark.

Slutsatsen är att det tar tid att uppnå acceptans och att detta aldrig kan tas för givet för någon plats. I Östhammars och Oskarshamns kommuner har kärnavfallsfrågor funnits på agendan under många år och SKB:s anläggningar finns i dessa kommuner. Detta har lokalt genererat kunskap och förståelse för kärnavfallsfrågor. Av det skälet anser SKB att möjligheten att få acceptans för ett slutförvar för rivningsavfall inom rimlig tid kan vara större i dessa kommuner än i någon annan kommun. Detta styrks av resultaten från de återkommande opinionsundersökningar som görs avseende inställningen till en etablering av ett slutförvar för använt kärnbränsle, där dessa kommuner intar en särställning jämfört med landet i övrigt.

3.7 Slutsatser

Att samla all slutförvaring av kortlivat låg- och medelaktivt avfall, inklusive rivningsavfallet, till en plats har varit huvudalternativet alltsedan Aka-utredningen 1976. När befintligt SFR uppfördes i Forsmark för denna typ av avfall klargjorde SKB avsikten att senare bygga ut förvaret för att kunna ta emot även kortlivat rivningsavfall. Erfarenheter från drift och säkerhetsanalyser av SFR har visat att anläggningen fungerat väl. De undersökningar som nu gjorts av det tilltänkta utbyggnadsområdet för slutförvaring av rivningsavfall i anslutning till SFR ger god tilltro till att en kommande säkerhetsanalys kommer att visa att det tillkommande förvarsutrymmet uppfyller säkerhetskraven.

Ur ett industriellt perspektiv står det klart att en utbyggnad av SFR är den mest rationella lösningen för slutförvaring av rivningsavfallet. De om- och tillbyggnader som skulle behövas ovan mark är marginella. Detsamma gäller resurser som skulle tillkomma för driften av den utbyggda anläggningen. Störningarna under byggtiden skulle tillfälligt starkt begränsa driften av befintlig anläggning. Detta kan lösas genom att driftavfall under denna period mellanlagras vid kärnkraftverken.

Lagstiftningen ställer krav på redovisning av en alternativ plats. SKB:s tidigare undersökta typområden samt Simpevarp/Laxemar kan ur långsiktig säkerhetssynpunkt vara möjliga jämförelseobjekt, främst på grund av god tillgång på geovetenskapliga data, men även därför att syftet med undersökningarna i dessa områden varit att identifiera bergvolymerna lämpliga för slutförvaring. Den översiktliga genomgång av säkerhetsrelaterade lokaliseringsfaktorer som görs i detta kapitel indikerar att de flesta av referensområdena har bergförhållanden som mycket väl kan möjliggöra en etablering av ett slutförvar för rivningsavfall.

Jämförelsen med referensområdena är dock begränsad till geovetenskapliga faktorer av betydelse för långsiktig säkerhet. Industriella förutsättningar saknas för flera av områdena, och ur samhällsynpunkt är det mycket tveksamt om något av referensområdena, med undantag för Simpevarp/Laxemar, är tillgängligt som alternativ plats. Flera av områdena ligger i kommuner som tackat nej till medverkan i lokaliseringsprocessen för slutförvaret för använt kärnbränsle. I andra fall kan konstateras att de tidigare provborrningarna har mött lokalt motstånd. I avsnitt 3.3.2 redovisas även Äspöområdet och området i Forsmark som undersökts för slutförvaret för använt kärnbränsle som jämförelseobjekt för vattengenomsläpplighet, men båda är av uppenbara skäl uteslutna som lokaliseringalternativ för slutförvaret för rivningsavfall. Möjligheterna att slutförvara rivningsavfallet på annan plats än i Forsmark (vid SFR) eller Simpevarp/Laxemar måste därmed betraktas som realistiska eller mycket osäkra.

Den samlade slutsatsen blir alltså att den enda plats som kan erbjuda realistiska alternativ till Forsmark är Simpevarp/Laxemar. Detta baseras på följande:

- Simpevarp/Laxemar har varit föremål för platsundersökning. Det finns alltså omfattande data om berggrunden som kan användas för en bedömning av platsens lämplighet för slutförvaring av rivningsavfall.
- Simpevarp/Laxemar har goda förutsättningar för teknisk genomförbarhet med avseende på bergbyggnad samt tillgång till befintligt transportsystem och övrig infrastruktur.
- Ett slutförvar vid Simpevarp/Laxemar ger begränsad påverkan på miljö och människors hälsa.
- Ett slutförvar vid Simpevarp/Laxemar är sannolikt samhälleligt möjligt.

Vid en inbördes prioritering mellan Laxemar- och Simpevarpsområdet framstår Simpevarp som det mest gynnsamma alternativet. Huvudskälen är kortare transportavstånd och mindre påverkan på natur- och kulturmiljöer för Simpevarp, samt tveksamheter vad gäller möjlighet att få tillgång till mark i Laxemarområdet.

Med stöd av vad som redovisats ovan har SKB valt Simpevarpsområdet, vilket även inkluderar Ävrö och Hålö, som alternativ lokalisering för slutförvaret för rivningsavfall. Området och lokaliseringsförutsättningarna redovisas i kapitel 5.

4 Vald lokalisering

4.1 Områdesbeskrivning

4.1.1 Allmänt

Forsmarks industriområde är beläget nordost om Forsmarks brukssamhälle och riksväg 76 i Östhammars kommun, se figur 4-1.

Inom industriområdet ligger Forsmarks kärnkraftverk med tre reaktorer, som ägs av Forsmarks Kraftgrupp (FKA). Där finns även kringverksamheter som krävs för anläggningarnas drift, bland annat vattenverk, avloppsreningsverk, oljedepå, kraftledningar och Svalörens markförvar för lågaktivt avfall.

Forsmarks hamn, som ägs och drivs av FKA, ligger intill befintligt SFR och används nästan uteslutande för transporter av radioaktivt avfall med SKB:s fartyg m/s Sigyn, se figur 4-2. Från hamnen leder en väg som är speciellt byggd för tung trafik till kraftverket samt vidare ut mot riksväg 76.

Närområdet saknar i stort sett bostadsbebyggelse. Närmaste samlade bostadsbebyggelse ligger runt Forsmarks bruk. Inom ett avstånd av en km från Forsmarks industriområde finns inga permanentboende, inom fem km bor knappt 100 personer och inom en mil bor cirka 500 personer.



Figur 4-1. Översiktskarta – Forsmark, Östhammars kommun och delar av Uppland.



Figur 4-2. Flygfoto över SFR-anläggningens ovanmarksdel vid hamnen i Forsmark.

4.1.2 Planförhållanden

Det finns en antagen detaljplan för kärnkraftverket och SFR som medger en utbyggnad av förvaret under mark. Detaljplanen behöver dock justeras för att medge planerat tunnelpåslag.

4.1.3 Geologiska och hydrogeologiska förhållanden

Då de geologiska och hydrogeologiska förhållandena inom området är viktiga faktorer för dess förutsättningar för att uppnå ställda krav på långsiktig säkerhet beskrivs dessa utförligt i avsnittet om långsiktig säkerhet, avsnitt 4.3.

4.1.4 Naturmiljö

Industriområdet för Forsmarks kärnkraftverk och SFR omges av ett område som utgör riksintresse för naturvården (Forsmark-Kallrigafjärden). I närheten av verket finns även tre Natura 2000-områden, varav två även utgör naturreservat. Forsmarks bruk öster om SFR är ett fågelskyddsområde som består av tioalet större öar och skär samt ett flertal mindre skär med ett rikt fågelliv.

Forsmarksområdet har en för Uppland ovanlig vildmarkskaraktär, även om delar påverkats av ett storskaligt skogsbruk. Naturmiljön i Forsmark hyser höga naturvärden /Allmér 2010, Hamrén och Collinder 2010/. Här finns värdefulla naturobjekt, främst i form av rikkärr och kalkgölar. Dessa objekt har hög biologisk mångfald med flera rödlistade och fridlysta arter. De grunda havsvikarna i området är viktiga lekplatser för flera östersjöfiskar. Dock är Asphällsfjärden delvis artificiell, då piren

vid SFR har gjort att viken är mer avsnörd än vad den skulle ha varit naturligt. Biotestsjön norr om SFR är en anlagd ”sjö” i havet med 8–10 grader högre vattentemperatur än omgivningen. Sjön omgärdas av ett antal naturliga skärgårdsöar som sammanbundits med konstgjorda vallar och är en välbesökt fågellokal.

På västra delen av Stora Asphällan finns en strandskog med död ved som bedömts vara av lokalt intresse /Ignell et al. 2006a/.

4.1.5 Friluftsliv

Forsmarksområdet har dominerats av en stor markägare, och marken runt kärnkraftverket var länge ganska svårtillgänglig. Friluftslivet i området är därför mindre utbrett än längs med andra delar av ostkusten. Värdet för friluftslivet i området ligger framför allt i den orörda naturen, djurlivet och fågellivet /Ottosson 2006a/.

4.1.6 Kulturmiljö

En kulturmiljöanalys samt en arkeologisk utredning har genomförts i Forsmark, i samband med utredningarna för det planerade slutförvaret för använt kärnbränsle. Utmed kusten finns inga kända fornlämningar och sannolikheten att påträffa okända fornlämningar där är liten, eftersom området länge utgjort havsbotten /Ternström 2008/. I närheten av industriområdet finns främst kulturhistoriska lämningar från senare tid, bland annat husgrunder, kolarkojor och kolbottnar.

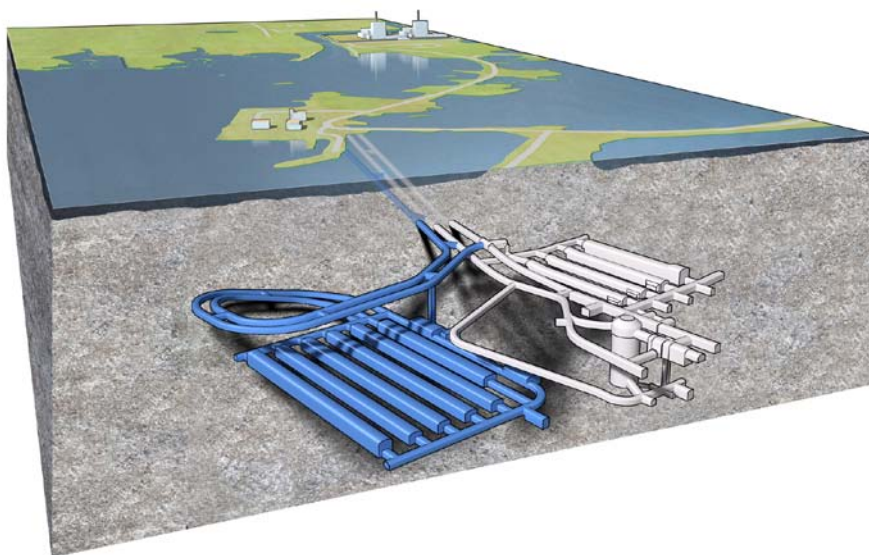
4.1.7 Landskapsbild

Enligt den landskapsbildanalys som har utförts i samband med utredningarna för det planerade slutförvaret för använt kärnbränsle /Nyström 2005a/ kan Forsmarksområdet indelas i fem olika landskapstyper, skogsklätt kustlandskap, industrilandskap, sjörikt skogslandskap, odlingslandskap samt bruksortslandskap. Stora Asphällan ligger inom industrilandskapet.

4.2 Utformning

I Forsmark planeras en utbyggnad av befintlig SFR-anläggning, sydost om densamma, för att inrymma rivningsavfallet. Se figur 4-3. En ny tillfartstunnel anläggs med ett påslag längst västerut på Stora Asphällan, se figur 4-4. Tunneln ansluter i form av en ramp till det nya förvarsområdet samt till befintligt SFR och kommer att dimensioneras för att tillåta nedtransport av hela reaktortankar. Det nya förvarsområdet kommer att ligga på ca 120 m djup under havsytan och bestå av sex förvarsdelar med längden ca 250 m, en bergsal för hela reaktortankar (BRT), en förvarsdel för medelaktivt avfall (BMA) och fyra för lågaktivt avfall (BLA). Det kommer även att finnas utrymmen för drift och service.

Ovan mark kan befintlig infrastruktur och funktioner inom SFR:s driftområde nyttjas även för den tillkommande anläggningen. Vissa om- och tillbyggnader krävs dock. Driftområdet behöver utökas med en yta om ca 200×125 m för att inrymma förskärning och påslag med tätvallar för den nya tunneln. Under byggtiden kommer ytor i anslutning till driftområdet att behöva avsättas för provisorier. En yta om ca 275×275 m behövs också för ett upplag av bergmassor. Bergupplaget antas dock kunna samordnas med det bergupplag som behövs för slutförvaret för använt kärnbränsle.



Figur 4-3. Befintligt SFR (grått) och utbyggnaden (blått).



Figur 4-4. Skiss över driftområdet.

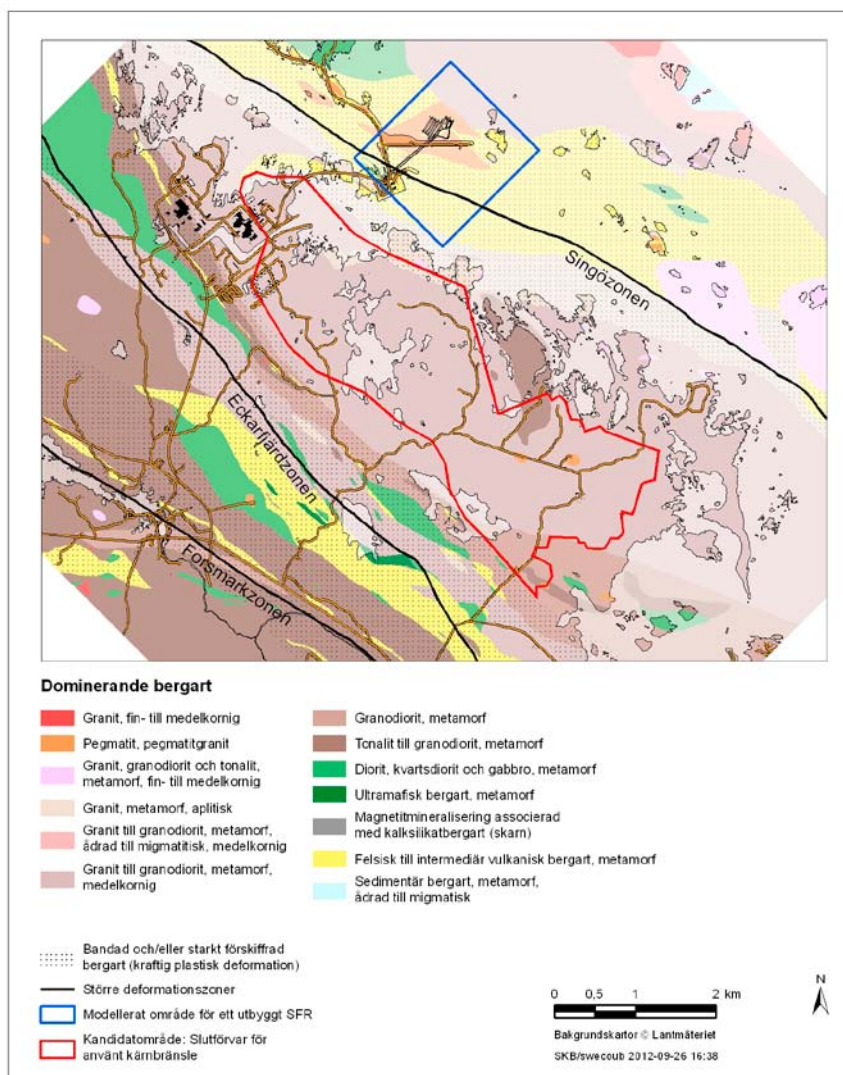
4.3 Långsiktig säkerhet

Förundersökningar och bygge av SFR under början av 1980-talet, samt av kärnkraftverket med tillhörande kylvattentunnlar, har gett detaljerad kunskap om de geologiska förhållandena i Forsmark. Kunskapsnivån ökade markant i samband med den platsundersökning som genomfördes under 2002–2007 för slutförvaret för använt kärnbränsle. För närvarande pågår ett arbete att analysera data från de undersökningar som genomförts av berggrunden kring SFR som underlag till en ansökan om tillstånd att få bygga ut SFR.

4.3.1 Geologisk översikt

Berggrunden i Forsmark består av omvandlade magmatiska, sedimentära och vulkaniska bergarter. För nästan 1,9 miljarder år sedan befann sig dagens berggrund på många kilometers djup, och i samband med bildandet av en bergkedja deformeras berggrunden plastiskt. Deformationen koncentreras till långsträckta stråk, deformationszoner, ibland av regionala dimensioner, inom vilka bergarterna blev starkt deformerade, veckade och förskiffrade /SKB 2008c/. Mellan dessa zoner bildades linsformade områden, så kallade tektoniska linser, där berggrunden inte utsattes för lika stark deformation. Då temperaturen i berggrunden senare sjönk, övergick deformationen från att vara plastisk till att bli spröd, varvid det bildades sprickzoner med öppna sprickor. Under den geologiska historiens lopp har många av dessa därefter läkt ihop med olika typer av mineral, och sedan öppnats upp på nytt, reaktiverats, i flera omgångar, medan mellanliggande tektoniska linser förblivit mer skyddade från deformation. Inom den tektoniska linsen är det även vanligt med flacka och vattenförande sprickor i övre delen av berggrunden, så kallade bankningsplan.

En karta som visar fördelningen av olika bergarter i Forsmarksområdet presenteras i figur 4-5. SFR, liksom området där den utbyggda delen planeras, ligger nordost om den tektoniska linsen där platsundersökningen för slutförvaret för använt kärnbränsle genomfördes. Mellan SFR och kandidatområdet för slutförvaret för använt kärnbränsle finns en regional deformationszon, Singözonen.



Figur 4-5. Geologisk översiktskarta över Forsmarksområdet /SKB 2008c/. I bilden finns kandidatområdet för slutförvaret för använt kärnbränsle markerat samt det område där undersökningar har genomförts för en utbyggnad av SFR.

Berggrunden vid SFR är heterogen med omvandlade bergarter av vulkaniskt ursprung (felsisk till intermediär metavulkanit) samt omvandlad granodiorit (metagranodiorit). Gångar och mindre kroppar av pegmatit och amfibolit är vanligt förekommande. De omvandlade bergarterna har genomgått stark plastisk deformation.

Merparten av berggrunden i Forsmarksområdet täcks av morän. Inom smärre områden är moränen överlagrad av leror. På land förekommer torv inom de relativt stora arealer som utgörs av våtmarker. Generellt är jordarterna kalkrika på grund av inlandsisens transport av jordarter från områden med kalkberggrund i Gävlebukten. Variabiliteten i jordlagrens mäktighet är ganska stor i de undersökta områdena i Forsmark, oftast mellan 0–10 m, men som mest har ett jorddjup på 42 m uppmätt utanför Kallrigafjärdens mynning /Hedenström et al. 2008/.

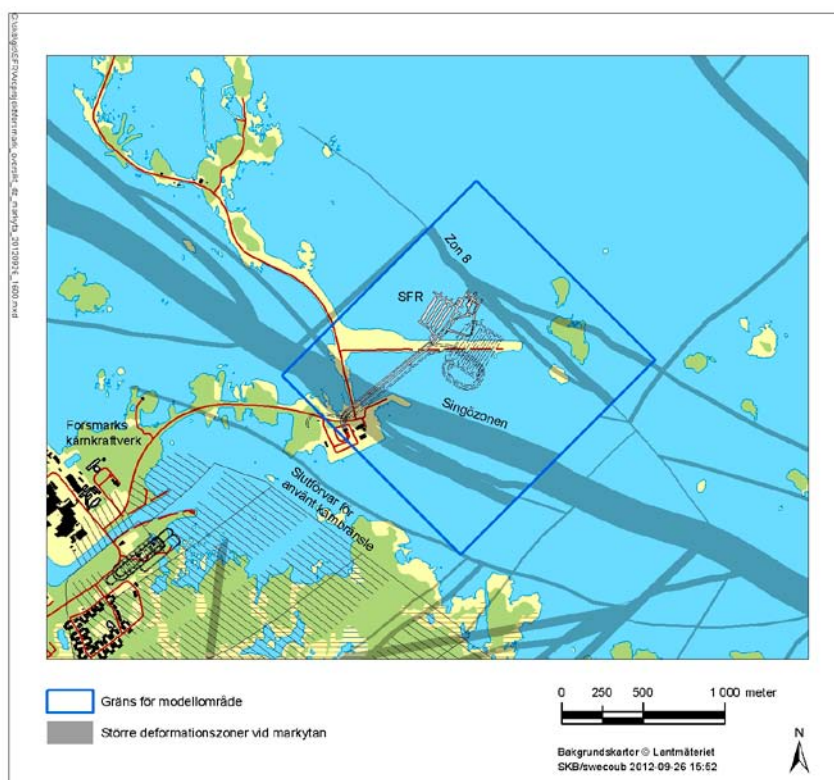
I samband med platsundersökningen för ett slutförvar för använt kärnbränsle i Forsmark gjordes även maringeologiska undersökningar av sedimenten inom havsområdet mellan Forsmarkskusten och Gräsö /Elhammer och Sandkvist, 2005/. Undersökningarna visar att berggrunden på havsbotten till största delen är täckt av sediment. Genomsnittsvärde för sedimentmäktigheten är cirka åtta m, att jämföra med det genomsnittliga jorddjupet på land i Forsmarksområdet som uppgår till ca fyra m /Hedenström et al. 2008/. Ovanför den befintliga SFR-anläggningen och den planerade utbyggnaden är botten täckt av morän, delvis överlagrad av glacialera. Inom större delen av detta delområde varierar sedimentmäktigheten mellan ca tre m och tio m.

När SFR-anläggningen byggdes utfördes omfattande vattenprovtagning i borrhål i tillfartstunneln till anläggningen. Samtliga prover uppvisade salthalter betydligt överstigande halterna i Östersjön. Detta tolkades som att grundvattnet hade sitt ursprung i Östersjöns saltare föregångsstadium Littorinahavet, och att grundvattnets utbyte med Östersjövatten sedan dess varit mycket begränsat. Grundvattnet kännetecknades dessutom av reducerande förhållanden samt innehöll hög halt av tvåvärt järn.

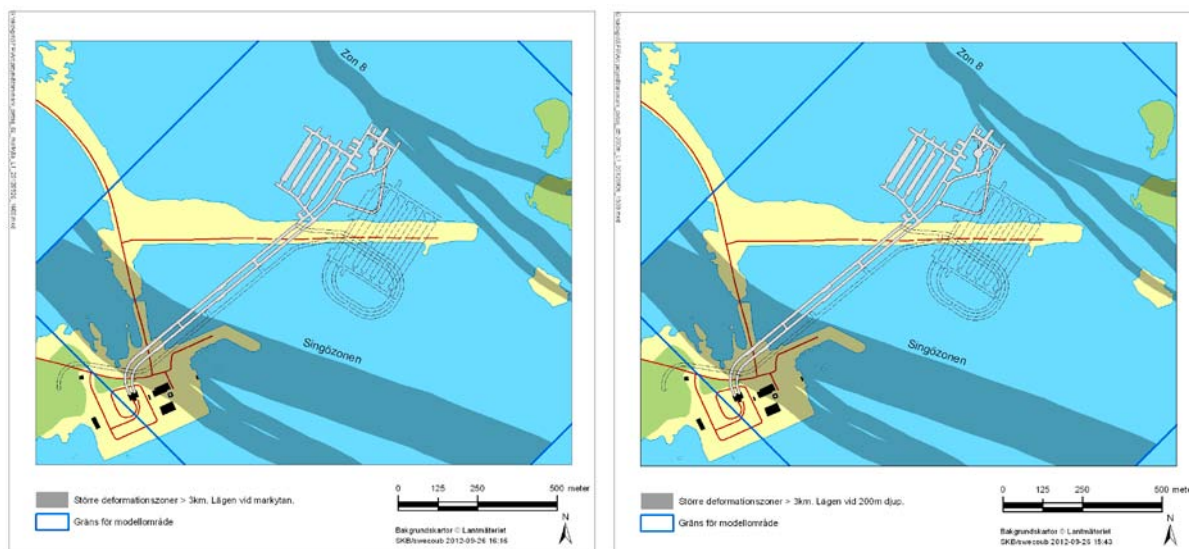
Efter att anläggningen färdigställts har de grundvattenkemiska förhållandena övervakats genom återkommande provtagningskampanjer, men också genom on-linemätningar av vissa parametrar /Nilsson 2011/. Den tidigt identifierade grundvattenssignaturen, som indikerade ett paleomarin ursprung i Littorinahavet, har därvid bekräftats men grundvatten med en äldre mer icke-marin karaktär har också identifierats och då främst i bergvolymerna mellan deformationszoner. Med tiden har man kunnat observera ökad inblandning av modernt Östersjövatten med åtföljande sjunkande salthalter främst i provpunkter där grundvattnet från början var av Littorinatyp i borrhål som penetrerar större deformationszoner. Detta har sannolikt att göra med den trycksänkning som den öppna förvarsanläggningen medför med åtföljande inströmning av havsvatten mot förvaret. Under senare år har det dock skett en stabilisering av salthaltsförhållandena /Nilsson et al. 2011/.

Vid de senaste undersökningarna inför utbyggnaden av SFR har även grundvatten med oväntat låga salthalter påträffats (1 600–2 200 mg/l) i bergvolymerna mellan större deformationszoner på ca 250–400 m djup. Dessa grundvatten har isotopsignaturer som visar på stor inblandning av glacialt smältvatten. /Nilsson et al. 2011/.

I figur 4-6 visas preliminärt läge för utbyggnaden i förhållande till befintligt SFR. Figuren visar även större deformationszoner baserat på deformationszonsmodellen för slutförvaret för använt kärnbränsle version 2.2 och SFR-utbyggnadens regionala modell version 1.0. Från den sistnämnda modellen har zoner längre än tre km inkluderats i figuren. Med den föreslagna placeringen undviks större deformationszoner. I figur 4-7 visas dessa deformationszoners lägen vid bergytan och på 200 m djup.



Figur 4-6. Större deformationszoner och preliminärt läge för en utbyggnad av SFR. Den största deformationszonen är Singözonen som genomskärs av tillfartstunnlarna till SFR.



Figur 4-7. Preliminärt läge för utbyggnaden av SFR och större deformationszoner vid markytan (vänster bild) och vid 200 m djup (höger bild). Den största deformationszonen är Singözonen som genomskärs av tillfartstunnlarna till SFR.

4.3.2 Förutsättningar för långsiktig säkerhet

Den översiktliga bedömningen i detta avsnitt av SFR-områdets förutsättningar att uppfylla ställda krav på långsiktig säkerhet är utformad så att jämförelse kan göras med en alternativ plats. Detaljerad utvärdering av den långsiktiga säkerheten görs i en säkerhetsanalys med utgångspunkt i data och modeller av den valda platsen. Denna rapport baseras på information från befintligt SFR och den del av berggrunden intill befintligt SFR som har undersökts för utbyggnaden.

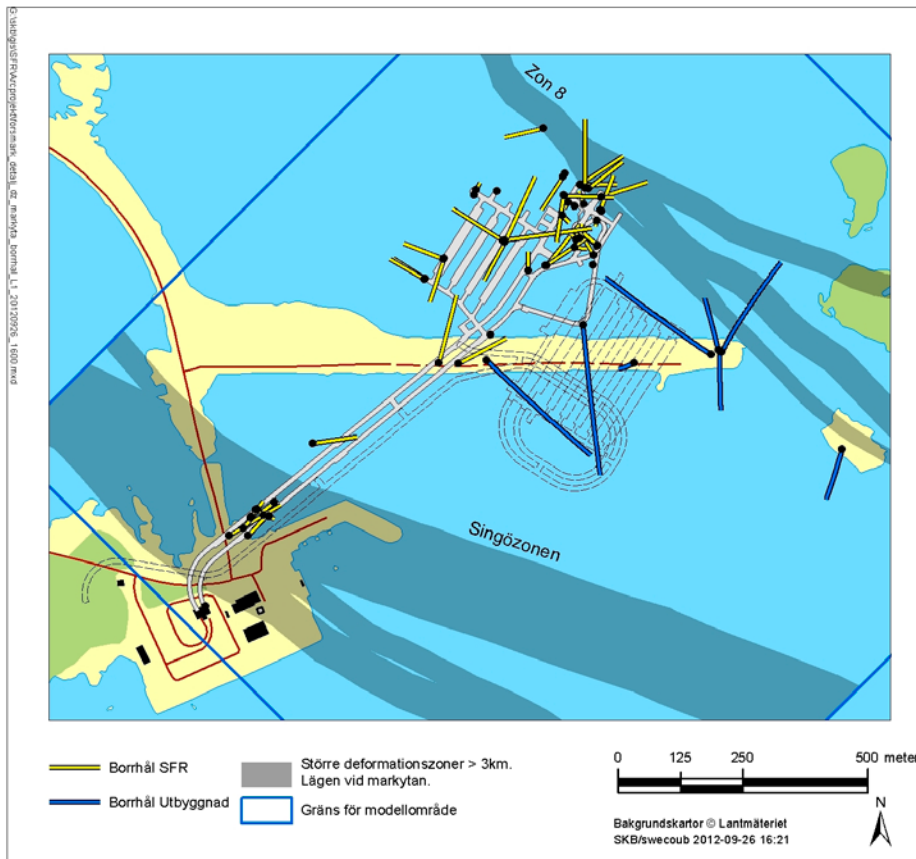
Berggrundens vattengenomsläpplighet

Data om berggrundens vattengenomsläpplighet, K (hydraulisk konduktivitet), har erhållits från mätningar i de kärnborrhål som visas i figur 4-8. Kartan visar borrhål där vattengenomsläppligheten har mätts inför och under bygget av SFR på 1980-talet, samt borrhål som borrades och undersöktes i samband med platsundersökningar för SFR-utbyggnaden under 2008–2009. De äldre mätningarna utfördes på 1980-talet i form av vatteninjektionstester, de senare med Posiva Flow Log (PFL) /Väisivaara 2009/.

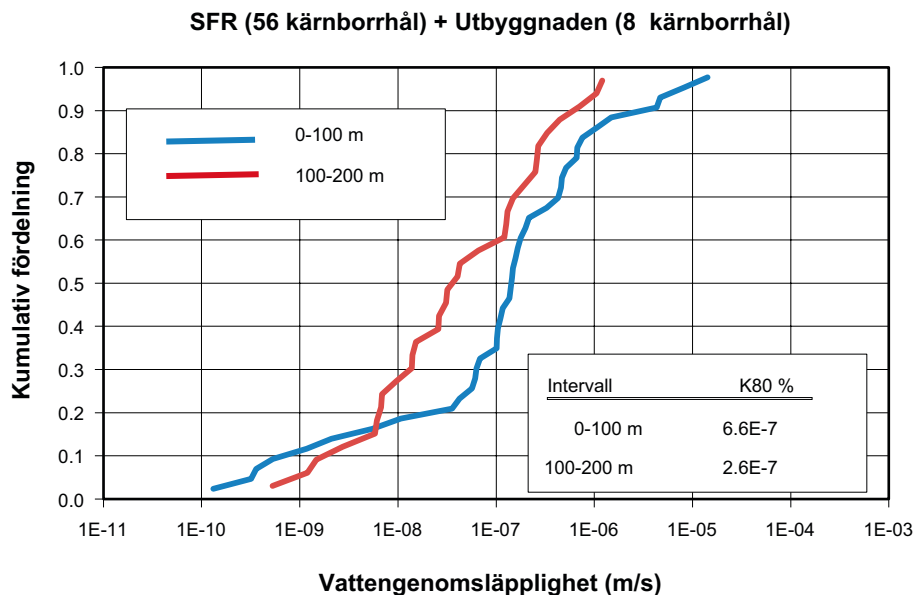
Vattengenomsläppligheten redovisas i två djupintervall, 0–100 m samt 100–200 m. För dessa intervall har data från samtliga borrhål sammanställts till en figur som visar vattengenomsläpplighetens kumulativa fördelning, se figur 4-9. Data från samtliga mätsektioner, inklusive regionala och lokala deformationszoner samt större sprickor mellan dessa, har inkluderats. Som tidigare nämnts utjämnas lokala variationer i bergvolymen med denna ansats, och resultatet ger en generaliserad bild av vattengenomsläppligheten. Alla data är hämtade från SKB:s databas Sicada.

Data i figur 4-9 redovisas som frekvensdiagram där man kan utläsa hur stor andel av mätresultaten som ligger under ett visst värde. Exempelvis understiger 80 % av alla mätvärden för intervallet 100–200 m i figuren ett K-värde av $2,6 \times 10^{-7}$ m/s. Som förväntat visar diagrammet att vattengenomsläppligheten är något lägre i intervallet under 100–200 m jämfört med 0–100 m.

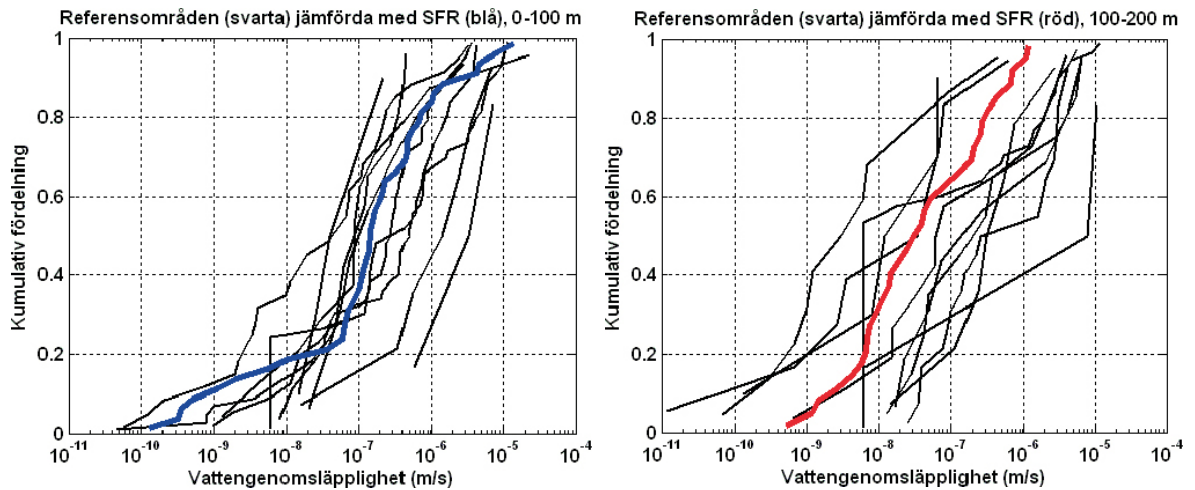
Figur 4-10 visar en jämförelse av vattengenomsläppligheten i SFR med de referensområden som beskrivits i avsnitt 3.3. Med beaktande av att det handlar om generaliserade data framtagna med olika mätmetoder och av olika kvalitet är en försiktig slutsats att vattengenomsläppligheten i SFR är normal i förhållande till bakgrundsdata.



Figur 4-8. Karta med borrhål från platsundersökningen inför och under bygget av för befintligt SFR samt från platsundersökningen av tilltänkt område för utbyggnaden.



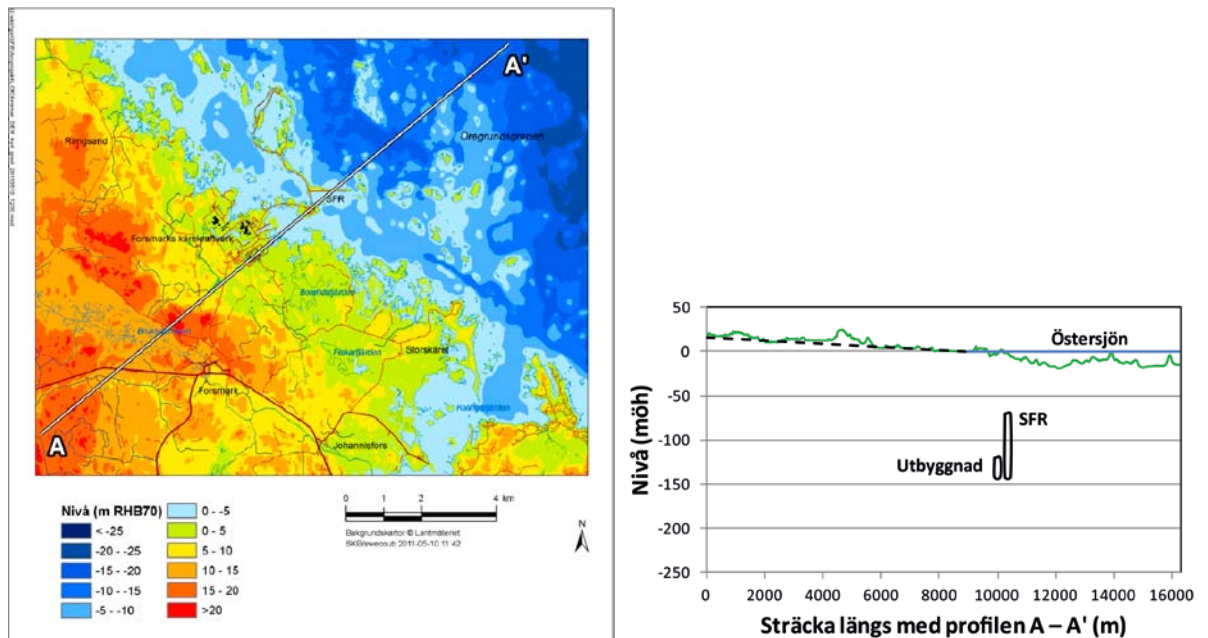
Figur 4-9. Hydraulisk konduktivitet redovisad i 100 m skala för djupintervallen 0–100 m respektive 100–200 m. Figuren inkluderar data från platsundersökningarna inför och under bygget av befintligt SFR kompletterat med data från platsundersökningen för utbyggnaden.



Figur 4-10. Data avseende vattengenomsläpplighet från referensområden jämförda med SFR-området. Till vänster visas djupintervallet 0–100 m där SFR (inklusive data från platsundersökningen för utbyggnaden) redovisas i blå färg och till höger djupintervallet 100–200 m där SFR-data redovisas i röd färg.

Hydraulisk gradient i berggrunden

Variationerna i den lokala topografin i Forsmarksområdet är små och indikerar att den regionala topografiska gradienten, som är knappt 2 ‰, dominerar flödesmönstret, se figur 4-11. Pågående arbeten visar att SFR-området blir land om 600–2 500 år. Det utbyggda SFR kommer då att befinna sig i ett inströmningsområde med allt längre transportvägar till biosfären i takt med att strandlinjeförskjutningen fortskrider.



Figur 4-11. Topografi i Forsmarksområdet (vänster) och längs profil A-A' (höger). Läge i profilen och det djupintervall som befintligt SFR upptar är markerat. Den planerade utbyggnaden är beläget intill befintligt SFR och vid samma läge i profilen.

Seismisk aktivitet

I SGU:s översiktsstudie av Uppsala län /Antal et al. 1998a/ konstateras att länet ligger öster om det bälte med förhöjd frekvens av registrerade jordskalv som sträcker sig från sydvästra Sverige mot nordost till södra Norrlandskusten. Forsmark karaktäriseras således av låg seismisk aktivitet.

I samband med platsundersökningarna i Forsmark och Laxemar gjorde SGU undersökningar för att i jordlagren söka spår efter eventuella större jordskalv (> M 7) alltifrån inlandsisens avsmältning och framåt i tid i och omkring dessa båda områden. Några sådana spår kunde inte identifieras /Lagerbäck et al. 2005a/.

Malmpotential

Malmpotentialen i Forsmarksområdet behandlas i /SKB 2008b/, där kopplingen till vissa bergartsled betonas. I Forsmarksområdet gäller det främst mineraliseringar av järnoxid (magnetit) som uppträder i felsiska till intermediära metavulkaniter på fastlandet, söder om SFR. Alla dessa förekomster är små och bedöms i nuläget sakna ekonomiskt värde /Lindroos et al. 2004/.

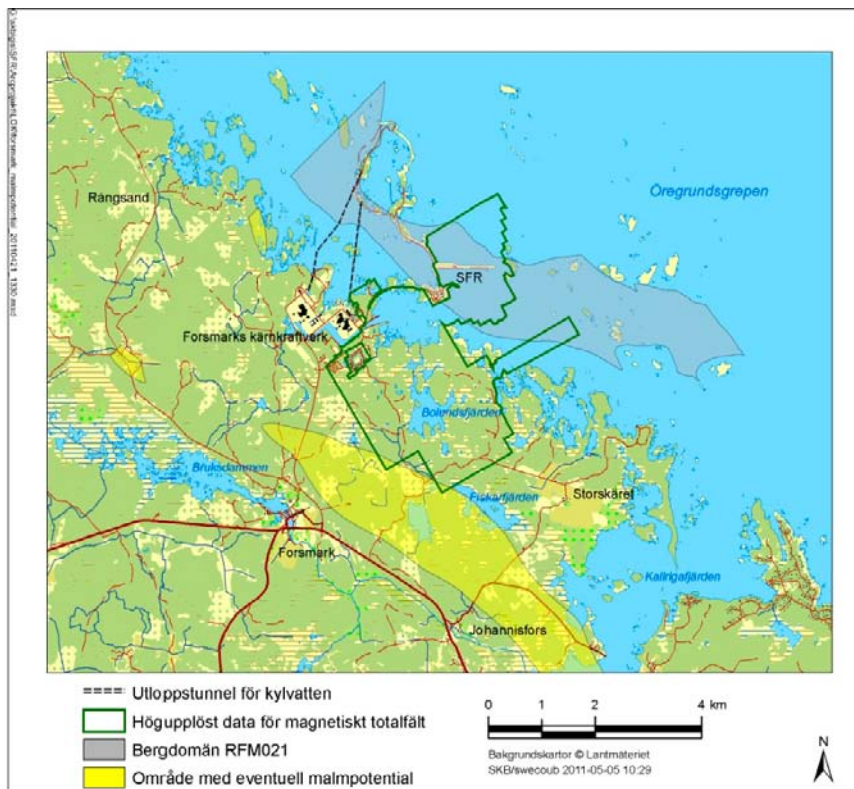
SFR är beläget i ett heterogent bergartsstråk, huvudsakligen bestående av felsisk till intermediär metavulkanit och metagranodiorit, som tillsammans genomgått stark plastisk deformation. I den platsbeskrivande modellen för Forsmark /SKB 2008b/ utgör stråket bergdomän RFM021, vars utbredning visas i figur 4-12. Förekomsten av felsiska till intermediära vulkaniter föranleder att det även skulle kunna finnas associerade järnmineraliseringar. Den geologiska informationen för RFM021 begränsar sig främst till ett antal öar och på dessa finns inga dokumenterade mineraliseringar. Eftersom större delen av RFM021 är belägen under havsytan saknas dock heltäckande data, och förekomsten av järnmineraliseringar kan inte helt uteslutas.

De undersökningar som gjorts i samband med byggnationen av SFR visar att andelen felsiska till intermediära metavulkaniter i RFM21 lokalt är betydligt lägre än vad som indikeras av enbart blottningar på öarna. Dessutom har inga former av mineraliseringar som bedöms kunna bli av ekonomiskt intresse ens i en avlägsen framtid noterats i något av de borrhål som finns i SFR-området. Det enda anmärkningsvärda är att de amfiboliter som förekommer generellt innehåller högre halter av magnetit än motsvarande bergarter söder om SFR, på fastlandet. Den magnetiska susceptibiliteten för amfiboliterna i SFR-området kan i vissa fall uppgå till 0,1 SI, vilket i mycket generella termer skulle motsvara ett innehåll av magnetit på två volyms-% /Parasnis 1997/. Det är halter som rimligtvis inte är av ekonomiskt intresse ens i ett längre tidsperspektiv, och dessutom uppträder amfiboliterna sporadiskt som små bergartskroppar.

Som en del av platsundersökningarna i Forsmark producerades högupplösta data av det magnetiska totalfältet i SFR området. Yt nära förekomster av magnetit i den storleksordningen att de är av ekonomiskt intresse skulle med all säkerhet avspeglas i dessa data. Eftersom sådana indikationer saknas kan förekomsten av magnetitmalm därför uteslutas i det aktuella området.

Den nordligaste delen av RFM021 penetreras även av två utloppstunnlar för kylvatten från kärnreaktorerna på ett maximalt djup under havsytan av ungefär 70 m. Den tillgängliga geologiska informationen från dessa tunnlar är visserligen begränsad, men inte heller i dem finns det något som tyder på att RFM029 skulle innehålla mineraliseringar av exempelvis magnetit.

Sammanfattningsvis finns det inget i befintliga geologiska eller geofysiska data som indikerar att området i eller i anslutning till SFR har mineraliseringar av sådan omfattning att de kan ha ekonomisk potential nu eller i framtiden.



Figur 4-12. Karta över Forsmark och SFR som visar omfattningen av bergdomän RFM021 och områden som eventuellt kan ha malmpotential. Notera att det tvära avslutet i nordväst för flera av områdena sammanfaller med begränsningen för det lokala modellområdet i Forsmark för den platsundersökning som gjordes för slutförvaret för använt kärnbränsle /SKB 2008b/. Modifierad efter /Lindroos et al. 2004/.

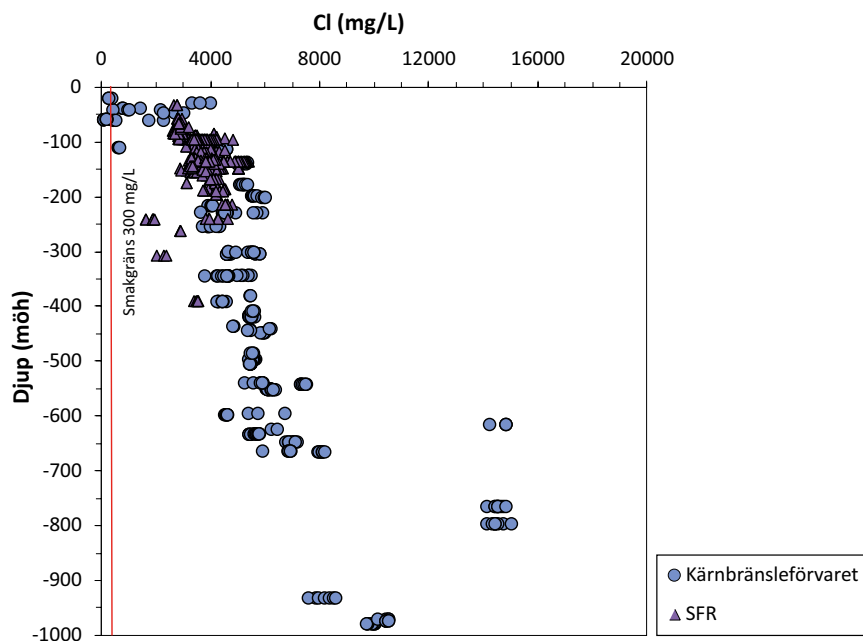
Risk för brunnborrning

Figur 4-13 visar salthalt (kloridhalt) i kärn- och hammarborrhål som borrats under platsundersökningen för slutförvaret för använt kärnbränsle i Forsmark samt motsvarande från borrhål i SFR-området. Som framgår av figuren är grundvattnet i Forsmarks landområde salt under ca 100 m djup, ofta även på grundare djup. Smakgränsen för salt grundvatten är ca 300 mg Cl/l och salthalten i Östersjön utanför Forsmark är 2 900 mg/l.

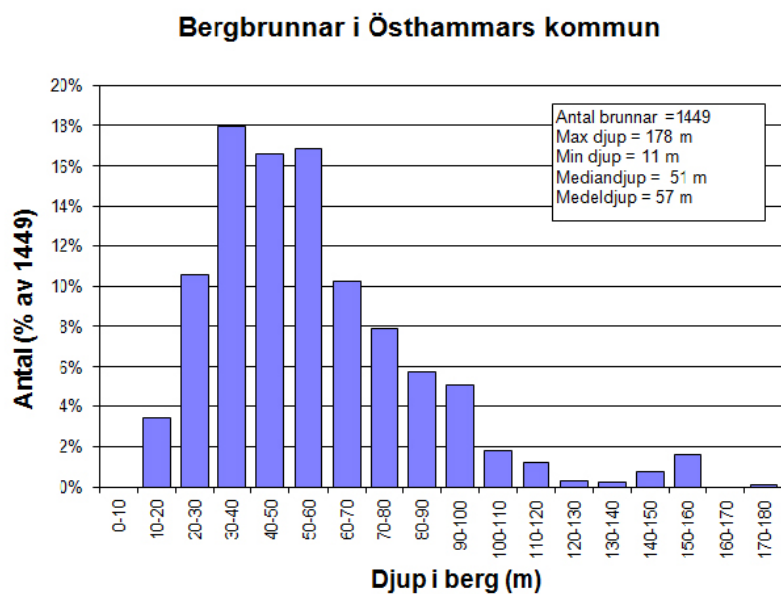
Samtliga borrhål inom landområdet i Forsmark är belägna inom ett område som reste sig ur havet under medeltiden eller senare. Landhöjningen uppgår idag till ca 0,6 m/100 år.

En sammanställning av djup för dricksvatten- och energibrunnar i Östhammars kommun /SKB 2000b/ redovisas i figur 4-14. Med energibrunnar avses sådana borrhål som används för produktion av bergvärme.

Beträffande risken för intrång i förvaret på grund av brunnborrning är slutsatsen att så länge förvaret finns under havet är risken obefintlig. Baserat på statistiken över dagens brunnborrningsdjup samt djupet till salt grundvatten bedöms risken vara låg att brunnborrning skulle utföras till större djup än 100 m även lång tid efter att området ovan förvaret blivit land. Hur lång tid är osäkert men eftersom en stor del av området där platsundersökningen för slutförvaret för använt kärnbränsle bedrevs blev land under medeltiden kan man förvänta sig en tidsrymd av åtminstone 500–1 000 år.



Figur 4-13. Kloridhalt mot djup för samtliga vattenprover tagna under platsundersökningen för slutförvaret för använt kärnbränsle i Forsmark samt under platsundersökningen för utbyggnaden av SFR /Nilsson et al. 2011/.



Figur 4-14. Histogram över borrlängd i berg för 1 449 bergbrunnar i Östhammars kommun enligt SGU:s brunnsarkiv. Endast brunnar med en borrlängd i berg av minst tio m ingår i diagrammet. Brunnar med stort djup är ofta energibrunnar (s.k. bergvärmebrunnar).

Platskännedom

Det finns god kunskap om de geologiska förhållandena i det aktuella området genom de data som samlats in, modelleras och avstämts med erfarenheter från bygget och driften av det befintliga SFR. Även platsundersökningen för slutförvaret för använt kärnbränsle har bidragit med kunskap.

Data från platsundersökningen för utbyggnaden av SFR har sammanställts i en serie rapporter och en platsbeskrivande modell är under framtagning. En säkerhetsanalys kommer att bifogas ansökan om att få bygga ut SFR.

Erfarenheter från säkerhetsanalysen SAR-08

Befintligt SFR, där liknande avfall som rivningsavfallet slutförvaras, ligger till grund för utformningen av utbyggnaden. I den senaste säkerhetsanalysen av SFR, SAR-08, /SKB 2008a/ hävdar SKB att SFR uppfyller säkerhetskraven. Myndighetens granskning har i stort varit positiv och myndigheten har godkänt fortsatt drift av SFR. Undantaget är bergsalen med medelaktivt kortlivat avfall (BMA), där kompletteringar har begärts från myndighetens sida.

4.3.3 Samlad bedömning

En genomgång av de faktorer som är viktiga för den långsiktiga säkerheten visar att bergets vattenomsläpplighet är normal för svensk kristallin berggrund i området i och kring SFR och den hydrauliska gradienten är generellt låg i Forsmarksområdets flacka landskap.

Den seismiska aktiviteten är låg. Genom att förvaret i Forsmark kan förläggas så att regionala deformationszoner undviks, minskar även risken för att berg rörelser i samband med eventuella stora jordskalv i framtiden (som företrädesvis sker i stora deformationszoner) skadar förvaret.

I det tilltänkta förvarsområdet saknas malmpotential, och så länge förvarsområdet är havstäckt är risken för brunnsborrning obefintlig. Preliminära resultat från pågående arbeten med säkerhetsanalysen visar att någon gång mellan 600–2 500 år övergår området till land. Ursköljningen av det salthaltiga grundvattnet tar tid, och även 500–1 000 år eller längre efter det att förvarsområdet blivit landtäckt kan salthaltigt grundvatten förväntas under 100 m djup, vilket gör brunnsborrning till större djup osannolik. Detta antagande styrks av statistiken över djupet på idag existerande dricksvatten- och energibrunnar, som visar att det är generellt ovanligt med brunnsdjup större än 100–120 m. Sammantaget kan risken för brunnsborrning uteslutas för det tilltänkta förvarsområdet så länge det är havstäckt. Även när området övergått till land är det osannolikt med brunnsborrning till borrhjup större än 100 m. I ett mycket långt tidsperspektiv kan dock brunnsborrning inte uteslutas. Detta scenario behöver därför behandlas i en säkerhetsanalys.

Slutsatserna från SAR-08 för befintligt SFR är generellt goda, men analysen lyfter även fram erfarenheter som kan påverka utformningen av slutförvaret för kortlivat rivningsavfall. Särskilt gäller det medelaktivt avfall där aktivitetsnivåer på avfallet och utformning av de tekniska barriärerna behöver ses över när slutförvaret för kortlivat rivningsavfall planeras. Vad beträffar förhållanden i berggrunden visar SAR-08 att säkerhetsfunktionerna för SFR upprätthålls. Hur berggrundens egenskaper i det tilltänkta området för slutförvaret för rivningsavfall kommer att påverka säkerhetsfunktionerna utreds i säkerhetsanalysen för detta förvar.

Slutsatsen är att baserat på en genomgång av faktorer som är viktiga för den långsiktiga säkerheten framstår området i anslutning till SFR som potentiellt lämpligt för slutförvaring av kortlivat rivningsavfall.

4.4 Teknik för genomförande

4.4.1 Bygge och drift av berganläggningar

Undersökningarna inför uppförandet av befintligt SFR samt den nu genomförda platsundersökningen av tilltänkt område för utbyggnad har gett god kunskap om bergförhållandena. Direkta, ”fullskaliga” erfarenheter av bygge och drift kan hämtas från befintligt SFR, vilket väsentligt höjer kvaliteten på de bergtekniska prognoserna och planerna för utbyggnaden.

Den tillgängliga informationen visar på goda förhållanden för bergbyggnad och att de huvudbergarter som finns inom det tänkta försvarsområdet även återfinns i befintligt SFR. Av de identifierade zonerna är bedömningen att det endast är Singözonen och Zon 8 (figur 4-6) som av byggtkniska skäl behöver undvikas vid placering av försvarsområdet intill befintligt SFR. Av andra orsaker, kopplade till analysen av den långsiktiga säkerheten, krävs även ett respektavstånd till dessa zoner.

De hydrogeologiska förhållandena bedöms inte ha någon avgörande betydelse för placeringen av bergsalarna inom det aktuella området ur bygghänsynpunkt.

4.4.2 Utrymme för anläggningar ovan och under mark

Eftersom befintliga anläggningar kan nyttjas blir det tillkommande utrymmesbehovet ovan mark litet. Driftområdet behöver utökas något för att rymma det nya tunnelpåslaget. Utrymme finns för detta ändamål på västra delen av Stora Asphällan, se figur 4-4. Inom det befintliga industriområdet finns ytor som är lämpliga som etableringsytor under byggskedet. Upplag av bergmassor kan ske samordnat med slutförvaret för använt kärnbränsle.

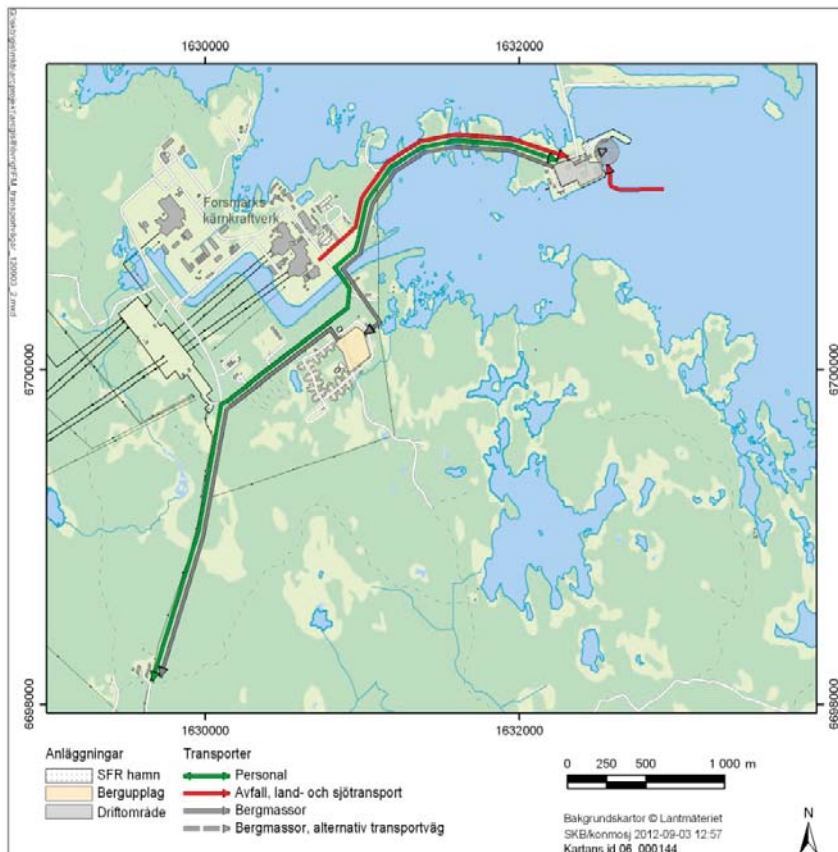
Som framgår av avsnitt 4.3.1 finns det bergvolymen sydost om befintligt SFR som är tillräckligt stora för att inrymma det utbyggda förvaret.

4.4.3 Transporter

Figur 4-15 illustrerar transportflöden till och från anläggningen. För lokala person- och gods-transporter nyttjas befintliga vägar i området. Bergmassor från utbyggnaden transporteras som förstahandsalternativ en sträcka på drygt två km till det bergupplag som planeras för slutförvaret för använt kärnbränsle.

Transporterna av rivningsavfall till anläggningen kommer att ske på samma sätt som dagens transporter av driftavfall. Avfallet från alla kustförlagda anläggningar, utom Forsmarks kärnkraftverk, transporteras på fartyg till hamnen vid SFR. Där sker omlastning till terminalfordon för vidare transport ner till förvaret. Avfall från Forsmark fraktas med terminalfordon hela vägen till förvaret. Eftersom det även framöver kommer att produceras driftavfall kommer transporterna av drift- och rivningsavfall att samordnas.

Under perioden 2020–2051 bedöms totalt ca 650 transporter med drift- och rivningsavfall anlända till Forsmarks hamn. Rivningsavfall svarar för den överlägset största delen. Transportintensiteten kommer att variera kraftigt över tid, men de största behoven av sjötransporter beräknas uppstå under perioden 2020–2040. Därefter förväntas avfallsflödet minska väsentligt. Uppskattningarna av transportbehov är genomgående preliminära. Möjligheterna till samtransporter med andra avfallstyper (använt kärnbränsle) har inte beaktats. Vidare finns det kopplingar mellan antalet sjötransporter och antalet transportbehållare av olika typer som finns tillgängliga i systemet. Avvägningar mellan dessa faktorer för att optimera hela systemet återstår att göra .



Figur 4-15. Transportflöden till och från det utbyggda SFR.

4.4.4 Samordning med befintlig eller planerad verksamhet

Den planerade samlokaliseringen med SFR ger unika samordningsmöjligheter. Hamn och befintliga anläggningsdelar, såsom nedfartstunnlar och byggnader ovan mark, kan utnyttjas även efter utbyggnad av förvaret. Detsamma gäller yttre infrastruktur (väganslutning, el, VVS).

Under utbyggnadsperioden krävs speciella åtgärder för att inte riskera störningar på den befintliga anläggningen. En konsekvens är att deponeringsverksamheten i den befintliga anläggningen under en period av anläggningsarbeten kommer att reduceras till ett minimum. Det möjliggörs genom att lagringskapacitet frigörs vid kärnkraftverken där det driftavfall som produceras under byggtiden tillfälligt kan lagras.

När utbyggnaden är genomförd och driftsatt bildar befintliga och tillbyggda delar en gemensam anläggning. Hanteringen av drift- och rivningsavfall sker samordnat och den utökning av driftorganisationen som behövs är marginell. Som nämns i avsnitt 4.4.3 kommer även transporterna av drift- och rivningsavfall att samordnas.

Det finns samordningsmöjligheter även med det planerade slutförvaret för använt kärnbränsle. Det kan gälla exempelvis hanteringen av bergmassor, delar av entreprenadarbetena samt att samutnyttja stödfunktioner som administration, informationsteknik, underhåll, kontroller, förråd och teknisk kompetens.

Närheten till kärnkraftverket ger sammantaget fördelar i form av en väl utbyggd infrastruktur och samarbetsmöjligheter inom olika områden, utan att för den sakens skull skapa beroenden som kan bli till nackdel för verksamheten. En olycka vid kärnkraftverket av en omfattning som skulle äventyra driften av förvaret är enligt SKB:s uppfattning ett så osannolikt scenario att det inte kan anses påverka lokaliseringsförutsättningarna.

4.4.5 Tidsåtgång till färdig anläggning

Byggtiden beräknas bli ca fyra år från det att tillstånd erhållits. Tillståndansökan planeras lämnas in år 2013.

4.5 Miljö och hälsa

Projektering av utbyggnaden och utredning av dess påverkan samt vilka konsekvenser det ger upphov till pågår fortfarande. Nedanstående bedömningar baseras på aktuellt projekteringsläge och är därmed preliminära.

4.5.1 Konsekvenser för naturmiljön

Det nya tunnelpåslaget kommer att anläggas i befintlig strandskog på Stora Asphällan som då till största delen kommer att försvinna. Konsekvenserna av att strandskogen, med därtill knutna arter, till stor del försvinner bedöms bli måttliga – små /Ignell et. al 2006a/. Hanteringen av bergmassor ovan mark planeras ske samordnat med slutförvaret för använt kärnbränsle, i området söder om kärnkraftverkets kylvattenkanal, där det i dag finns ett område med korttidsbostäder. Ingen ytterligare mark behöver således tas i anspråk för berghanteringen. Vattnet från bergupplaget kommer att renas med avseende på kväve innan det leds ut i recipienten.

Enligt genomförda mätningar medför driften av befintlig anläggning bullernivåer om maximalt 34 dB(A) på ett avstånd om en kilometer från tunnelmynningen. Driften av den utbyggda anläggningen förväntas inte ge upphov till högre bullernivåer än de nuvarande. Det kan däremot inte uteslutas att känslig fauna kan störas av bullret som förväntas uppstå under byggskedet. Sannolikt kommer dock denna påverkan att bli mycket liten.

Eftersom anläggningen ligger under havet bedöms risken för en grundvattenavsänkning inom närliggande landområden vara liten. Frågan kommer ändå utredas närmare, eftersom det finns värdefulla naturmiljöer i Forsmark som är känsliga även för en liten sänkning av grundvattennivån.

4.5.2 Konsekvenser för friluftslivet

Eftersom etableringen sker inom ett befintligt industriområde förväntas inga konsekvenser för friluftslivet av utbyggnaden.

4.5.3 Konsekvenser för kulturmiljön

Inga negativa konsekvenser för kulturmiljön kan förväntas då det inte finns några identifierade kulturvärden inom det område som tas i anspråk.

4.5.4 Konsekvenser för landskapsbilden

Vad gäller landskapsbilden förväntas en mycket liten förändring jämfört med dagens läge. Områdets karaktär förväntas bestå.

4.5.5 Risk för bullerstörning i boendemiljö

Nya korttidsbostäder planeras vid Igelgrundet, strax väster om SFR. Ljudnivån där beräknas bli 40–45 dB(A), vilket inte överskrider tillämpliga riktvärden. Under byggskedet bedöms bostäder utmed väg 76 och 288 få marginellt ökade bullernivåer på grund av berg- och materialtransporter till och från Forsmark. Under drifttiden bedöms ingen ökad risk för bullerstörning uppstå vid befintlig bostadsbebyggelse.

4.5.6 Påverkan på riksintressen

Befintlig SFR-anläggning ligger inom ett område som är av riksintresse, enligt miljöbalkens 3 kap, för slutförvar, vindbruk, energiproduktion och yrkesfiske. Dessutom ligger det inom område som är av riksintresse enligt hushållningsbestämmelserna i miljöbalkens 4 kap. I närheten finns också riksintressen för naturvården. Farleden utanför Forsmarks hamn utgör riksintresse för sjöfarten och själva hamnen är i sig ett riksintresse. De eventuella konflikter som kan uppstå mellan riksintresset för slutförvaret och övriga riksintressen, med anledning av det planerade slutförvaret för kortlivat avfall, bedöms gå att hantera.

4.5.7 Samlad bedömning

Sammanfattningsvis bedöms konsekvenserna för miljö och hälsa under bygge och drift bli små. Etableringen sker nästan helt inom ett befintligt industriområde och anläggningen ligger långt ifrån närmaste permanentboende. Lokaliseringen ger förutsättningar för att använda befintlig eller gemensam infrastruktur och tekniska system, vilket ger ett effektivt utnyttjande av resurser.

4.6 Samhällsaspekter

I Östhammars kommun finns redan SFR och Forsmarks kärnkraftverk. Kommunen har därmed erfarenhet av kärntekniska anläggningar och en etablerad dialog med SKB. Erfarenheterna från över tjugo års drift av SFR har varit goda. Återkommande opinionsundersökningar avseende slutförvaret för använt kärnbränsle har visat på hög acceptansnivå för det förvaret och troligen gäller detta även en utbyggnad av SFR.

En utbyggnad av SFR för rivningsavfall har ingått i SKB:s planer ända sedan anläggningen byggdes. Utbyggnaden är därmed kommunicerad med såväl nationella myndigheter och regeringen som Östhammars kommun. Planerna på en utbyggnad av SFR har bland annat redovisats i FUD (program för forskning, utveckling och demonstration som SKB redovisar till regeringen vart tredje år) vid flera tillfällen.

SKB äger marken där det befintliga driftområdet ovan mark ligger, samt området under havet där det befintliga förvaret finns. Vattenområdet ovanför tillfartstunnlarna ägs av FKA. Den föreslagna utbyggnaden invid SFR ligger inom fastigheter som ägs av SKB respektive FKA. Rådighet över berörda fastigheter bedöms kunna uppnås.

Sammantaget bedömer SKB att de samhällsliga förutsättningarna för att bygga ut SFR är goda. Det är också svårt att se något i den lokala samhällsbilden som skulle kunna förändra förutsättningarna i någon negativ riktning.

4.7 Slutsatser

För att en förvarsetablering över huvud taget ska komma i fråga måste förläggningsplatsen uppfylla ställda krav på långsiktig radiologisk säkerhet. Ur denna aspekt finns många områden i landet som bedöms ha sådana egenskaper att säkerhetskraven skulle kunna uppnås vid en förvarsetablering. Den jämförande analys av säkerhetsrelaterade geovetenskapliga parametrar som gjorts indikerar inte att någon parameter skulle tala emot SFR-området. Tvärtom framstår ett par av de jämförda parametrarna, hydraulisk gradient och graden av risk för intrång i förvaret genom brunnborring, som mest fördelaktiga i SFR-området jämfört med i referensområdena.

I och med förundersökningarna inför och uppförandet av den befintliga SFR-anläggningen, jämte den platsundersökning som senare genomförts i själva det planerade utbyggnadsområdet, är den sammantagna platskännedomen om SFR-området god och villkoret om tillgänglig bergvolym har visats vara uppfyllt.

Förutsättningarna för att bygga och driva berganläggningar på ett säkert och effektivt sätt bedöms vara goda. Denna bedömning stöds av såväl resultaten från undersökningarna i området som de direkta erfarenheterna från bygge och drift av befintligt SFR.

Utformningen av utbyggnaden pågår. En mindre utökning av driftområdet ovan mark krävs för att rymma det nya tunnelpåslaget. Upplag av bergmassor kan ske samordnat med slutförvaret för använt kärnbränsle.

Med en utbyggnad av SFR kan transportfrågan hanteras på ett fördelaktigt sätt, genom att transporten av rivningsavfallet kan ske på samma sätt som dagens transporter av driftavfall. Det radioaktiva avfallet kommer med fartyg från kärnkraftverken och Studsvik, förutom avfallet från Forsmarks kärnkraftverk som fraktas med terminalfordon.

Den planerade lokaliseringen ger unika samordnings fördelar då den befintliga SFR-anläggningen ligger där. Nedfartstunnlar och anläggningar ovan mark skulle kunna nyttjas även för utbyggnaden. Den förstärkning som skulle krävas av driftorganisationen blir marginell.

En viktig förutsättning för lokaliseringen är att utbyggnaden kan genomföras utan att säkerheten i befintligt SFR äventyras. SKB anser att detta krav kan uppfyllas. Anläggningsarbetena kommer under en period att innebära en inskränkning i driften men detta kan lösas genom att i förväg frigöra lagringskapacitet vid kärnkraftverken där det driftavfall som produceras under byggtiden tillfälligt kan lagras.

Det finns även synergimöjligheter med det planerade slutförvaret för använt kärnbränsle i och med att man kan samordna t ex hanteringen av bergmassor och vissa av entreprenadarbetena samt gemensamt utnyttja stödfunktioner som administration, informationsteknik, underhåll, miljöövervakning, förråd och allmän teknisk kompetens.

Andra faktorer som talar för en etablering vid SFR-området i Forsmark är hög lokal acceptansnivå, vilket visats genom återkommande opinionsmätningar, samt markägarförhållanden som är enkla att hantera i och med att SKB och FKA äger den mark som behöver tas i anspråk för utbyggnaden.

Uppförande av alla industrianläggningar medför en viss påverkan på naturmiljön. Vid en utbyggnad av SFR bedöms emellertid de negativa konsekvenserna som begränsade. Exempelvis förväntas följderna för naturmiljön, t ex grundvattenavsänkning, och för landskapsbilden bli mycket små, medan överhuvud inga konsekvenser bedöms uppkomma för friluftslivet och kulturmiljön. De eventuella konflikter som kan uppstå mellan riksintresset för slutförvaret och övriga riksintressen, t ex för naturvården, med anledning av den planerade utbyggnaden, bedöms gå att hantera.

5 Alternativ lokalisering

5.1 Områdesbeskrivning

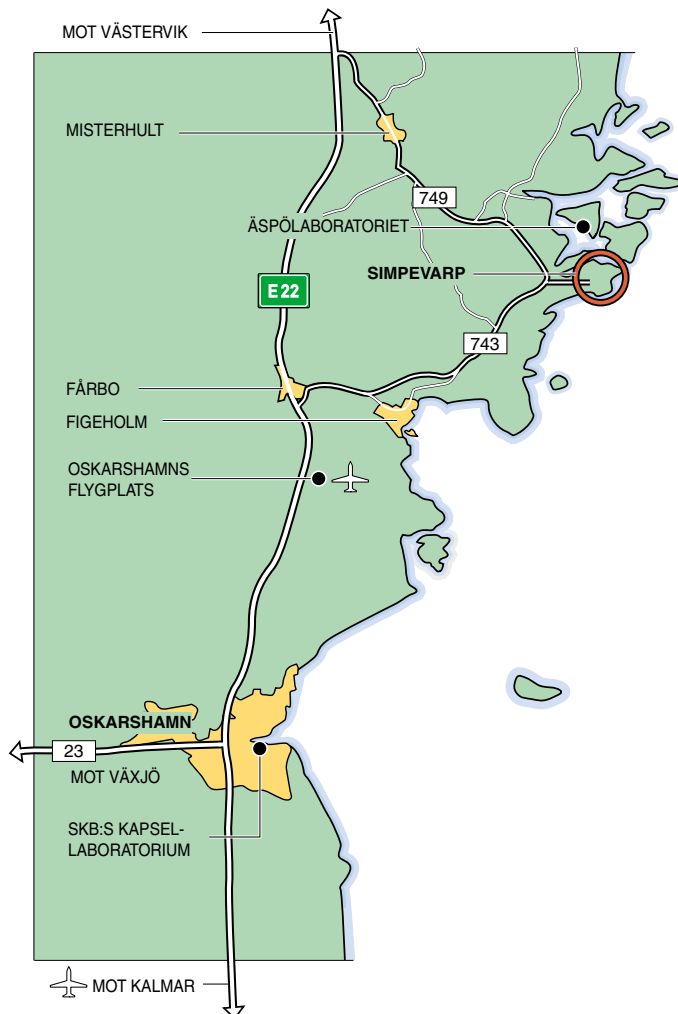
5.1.1 Allmänt

Simpevarpshalvön är belägen i Oskarshamns kommun, i anslutning till länsväg 743, se figur 5-1. Hålö och Ävrö ligger direkt norr respektive nordost om Simpevarpshalvön.

På Simpevarpshalvön ligger Oskarshamns kärnkraftverk med tre reaktorer, som ägs av OKG. Simpevarp inrymmer även ett markförvar för lågaktivt avfall (MLA), ett bergrum för låg- och medelaktivt avfall (BFA), det centrala mellanlagret för använt kärnbränsle (Clab), nedfartstunneln till SKB:s berglaboratorium på Äspö samt Simpevarps hamn. Hamnen är inte allmän utan används främst för mottagning av använt kärnbränsle från kärnkraftverken samt för utskeppning av låg- och medelaktivt avfall till SFR. Från hamnen leder en väg, som är speciellt anlagd för tung trafik, till kärnkraftverket och Clab.

På Hålö finns endast ett fritidshus på norra delen av ön, i övrigt är ön obebodd. Ett bergupplag som anlades när man byggde Oskarshamns kärnkraftverk och Clab finns på öns sydöstra del, se figur 5-2.

Bebyggelsen i området är gles, inom ett avstånd av 1 km från Clab bor färre än fem personer, inom fem km bor ca 115 personer och inom en mil bor ca 1 300 personer.



Figur 5-1. Översiktsskarta med Oskarshamn-Simpevarpsregionen.



Figur 5-2. Flygfoto över Simpevarpsområdet med Hålö till vänster och Ävrö överst i bild. Till höger ser man Simpevarpshalvön med Oskarshamns kärnkraftverk.

5.1.2 Planförhållanden

År 2007 antogs en fördjupad översiktsplan som inbegriper Simpevarps- och Laxemarområdet. I planen pekas Ävrö utvecklingsområde, som även inkluderar östra delen av Hålö, ut som lämpligt för energiproduktion. Enligt planen ska ytterligare bebyggelse eller ändrad markanvändning prövas med detaljplan. Det finns även en detaljplan för Oskarshamnsverkets verksamhetsområde som täcker in större delen av Simpevarpshalvön.

5.1.3 Geologiska och hydrogeologiska förhållanden

Då de geologiska och hydrogeologiska förhållandena inom området är viktiga faktorer för dess förutsättningar för att uppnå ställda krav på långsiktig säkerhet beskrivs dessa utförligt i avsnittet om långsiktig säkerhet, avsnitt 5.3.

5.1.4 Naturmiljö

Simpevarpsområdet ligger i en naturgeografisk region som präglas av ett sprickdalslandskap med små höjdskillnader, hållmarkstallskog, ädellövskog, kala skär och steniga stränder. Skogarna och de många sprickdalarna dominerar landskapet. I sprickdalarna ligger lösa jordar och där finns i dag huvuddelen av den brukade marken. De värdefulla naturmiljöer som finns i området är till stor del kopplade till den tidigare markanvändningen i form av hävd, med bete och slåtter, eller till ädellövskog och gamla lövträd. Skärgården i öster är av riksintresse (Västerviks och Oskarshamns skärgårdar) och har en rik och omväxlande vegetation, från de yttersta skären där nästan enbart lavar kan växa, via gräs- och örtbevuxna öar till olika typer av skog på de större öarna. Skärgården har ett rikt fågelliv och de flesta vegetationsklädda bottnarna är viktiga lekplatser för många fiskarter.

På Hålö finns en grov lind som har bedömts ha högt naturvärde och en tallskog som bedömts ha naturvärde av lokalt intresse /Ignell et al. 2006b/.

5.1.5 Friluftsliv

Kust- och skärgårdsområdet, som är av riksintresse för turism och friluftsliv, har bedömts ha de högsta värdena för rekreation och friluftsliv inom Simpevarpsområdet. I det kustnära området finns goda förutsättningar för bad, fiske, båtsport, kanoting och dykning. Området nyttjas också för vandring, cykling och jakt. Ostkustleden passerar i närheten och på Simpevarpshalvön finns det två mindre leder, Äspöstigen och Simpevarvet, som ligger i anslutning till Simpevarps by. Fågelskådning utövas flitigt vid Kråkelund och på Simpevarpshalvön, som är mycket fågelrika områden. /Ottosson 2006b/.

5.1.6 Kulturmiljö

Inom Simpevarpsområdet finns inga nationella eller regionala intresseområden för kulturmiljön, men fornlämningarna och övriga kulturhistoriska lämningar i området är ganska många. Hålö saknar dock historisk bebyggelse och ön har främst nyttjats för beten. Några få fornlämningar finns på halvöns nordöstra del. /Lundqvist 2005/.

5.1.7 Landskapsbild

Enligt den landskapsbildsanalys som gjordes i samband med studier av en alternativ lokalisering för slutförvaret för använt kärnbränsle /Nyström 2005b/ kan området runt Simpevarp delas in i fem typområden, industrilandskap, ytterskärgård, mellanskärgård, kust utan skärgård och skogslandskap med uppodlade sprickdalar. Sydöstra Hålö tillhör tillsammans med Simpevarpshalvön industrilandskapet medan övriga delar av ön ligger inom innerskärgården. På Hålö gäller strandskydd och skydd för landskapsbilden 300 m från strandkanten /Oskarshamns kommun 2007/.

5.2 Utformning

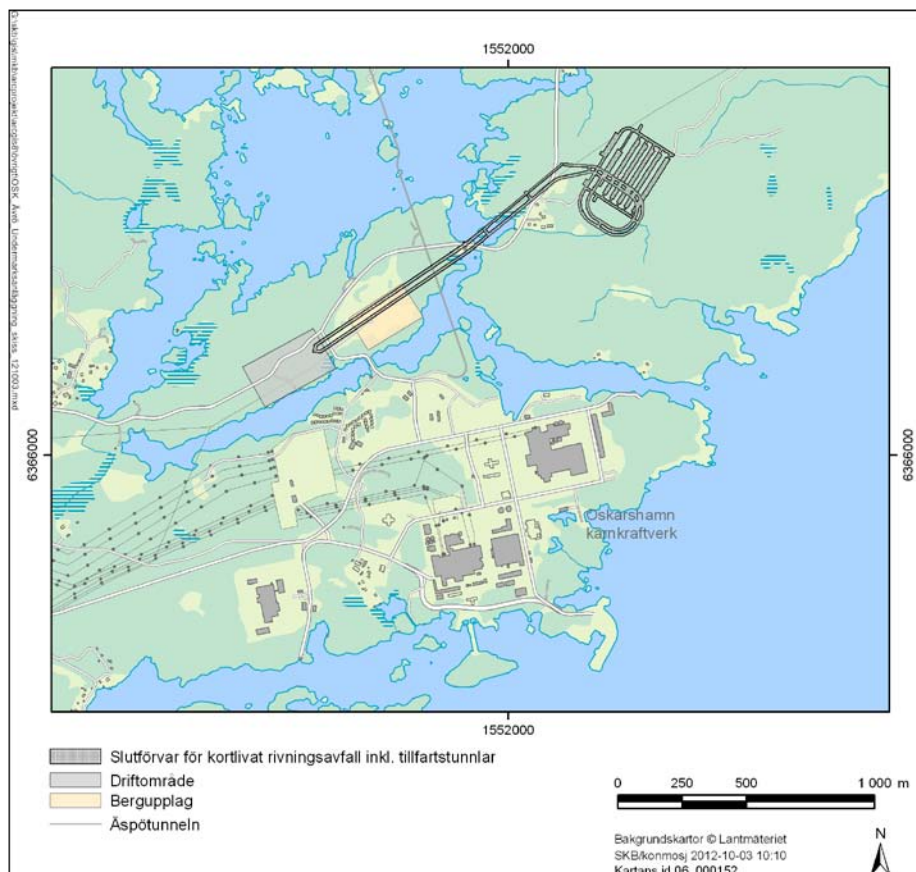
Figur 5-3 visar en schematiskt möjlig placering av ett slutförvar för rivningsavfall i Simpevarp. Förvaret skulle i princip ha samma dimensioner och utformas likadant som motsvarande anläggning i Forsmark. Två tillfartstunnlar skulle förbinda förvaret, som skulle förläggas under Ävrö, med anläggningarna ovan mark. Motiven för denna placering av förvarsområdet ges i avsnitt 5.3.

Ovan mark skulle ett nytt driftområde behöva etableras. Detta skulle uppta en yta om ca 400×250 m² för att inrymma kontor, verkstadsbyggnad, terminalbyggnad och ventilationsbyggnad mm. En yta för berghantering skulle också krävas.

Hålö bedöms vara en möjlig plats för förvarets ovanmarksdel. Den framstod även som lämplig då ett antal alternativa lägen i Simpevarp studerades i samband med lokaliseringen av slutförvaret för använt kärnbränsle. En placering av driftområdet på själva Simpevarpshalvön kan vara ett annat alternativ, men det är svårt att hitta ett lämpligt läge som inte interfererar med befintlig och planerad verksamhet.

Eftersom anläggningen skulle placeras under land skulle förvarsområdet med hänsyn till krav relaterade till långsiktig säkerhet behöva ligga något djupare, på 140–200 m djup (se avsnitt 5.3.3).

Liksom i fallet Forsmark skulle ytor i anslutning till driftområdet behöva avsättas för provisorier under byggtiden. Nya ledningar för VA, el och tele skulle behöva anläggas och befintliga vägar skulle behöva förstärkas och nya anläggas för att tillgodose transportbehoven till och från anläggningen.



Figur 5-3. Schematisk bild över ett slutförvar för rivningsavfall i Simpevarpsområdet.

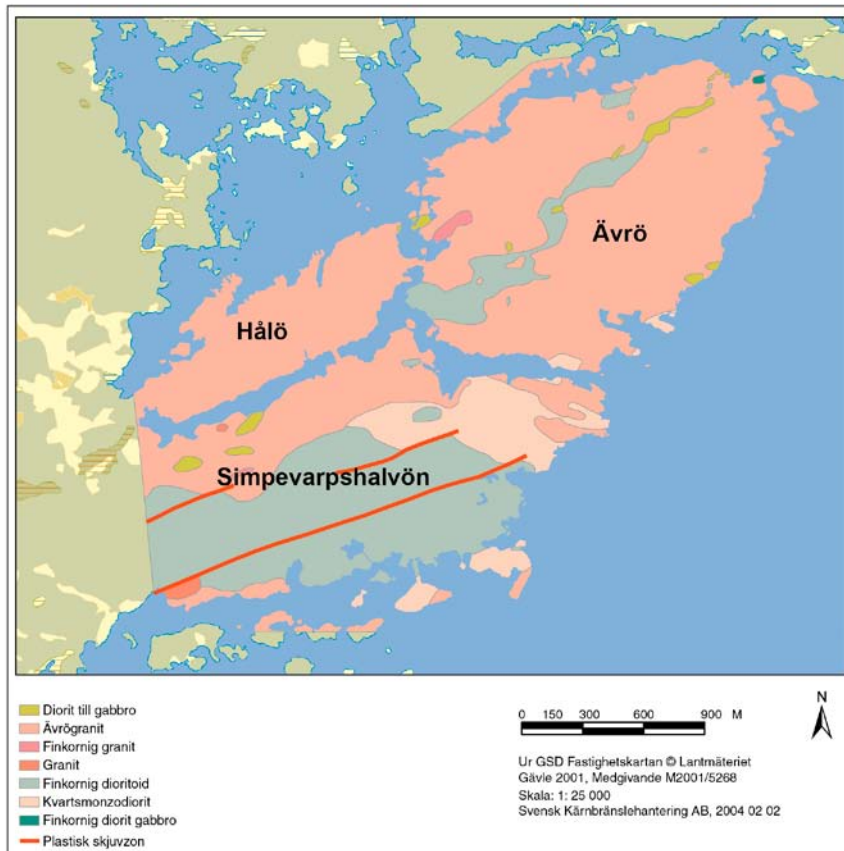
5.3 Långsiktig säkerhet

Under platsundersökningen 2002–2008 vid Simpevarp/Laxemar för slutförvaret av använt kärnbränsle har undersökningar av markytan och i borrhål utvärderats och beskrivits i ett stort antal rapporter och sammanställts i platsbeskrivande modeller /SKB 2009/. Detta underlag har på en översiktlig nivå använts för att värdera de säkerhetsmässiga förutsättningarna för ett slutförvar för kortlivat rivningsavfall i Simpevarpsområdet.

5.3.1 Geologisk översikt

Simpevarpsområdet domineras av tre bergarter: finkornig dioritoid, kvartsmonzodiorit och Ävrögranit. Dessa bergarter har en likartad sammansättning men skiljer sig i första hand vad gäller kornstorlek och färg. De tre bergarterna bildades för ungefär 1,8 miljarder år sedan. Figur 5-4 visar en geologisk översiktskarta över förekomsten av bergarter /SKB 2003/.

Förutom dessa huvudbergarter förekommer mindre kroppar av diorit och gabbro samt enstaka mindre kroppar av röd finkornig granit. Gångar av finkornig granit samt pegmatit är vanliga i de ovan nämnda bergarterna. En sekundär rödfärgning (oxidation) förekommer i alla nämnda bergarter och kan betecknas som karakteristisk för området. Bergarterna är vanligtvis välbevarade men på vissa ställen är de folierade, vilket innebär att mineralkornen är parallellt orienterade.



Figur 5-4. Geologisk översiktskarta över Simpevarpsområdet.

Potentiellt lämpliga bergblock

Vid lokalisering av ett slutförvar för kortlivat rivningsavfall ska större deformationszoner undvikas i förvaret. Det placeras därför i bergblock mellan förekommande deformationszoner. Vid identifiering av möjliga bergblock i Simpevarpsområdet har befintliga platsbeskrivande geologiska modeller använts som underlag /Wahlgren et al. 2006, Wahlgren et al. 2008/ med särskilt fokus på modellen för deformationszoner.

Framtagandet av lämpliga bergblock har utgått från följande förutsättningar:

- Förvarets area: 500×500 m.
- Förvarsdjup: 60–200 m.
- Lokaliseringsområde: Simpevarpsområdet (vilket inkluderar Ävrö och Hälö).
- Undvika placering under befintliga kärntekniska anläggningar.

Berggrunden under havet utanför Simpevarp har inte studerats i denna rapport. Skälet är att det med ett undantag saknas dataunderlag från berggrunden. Undantaget är kärnborrhålet KSH03A (se figur 5-6) som borrats från kustområdet snett ut under havet. Borrhålet penetrerar en ca 150 m bred större deformationszon som följer kustlinjen. Data från berggrunden utanför deformationszonen finns från detta borrhål, men då från ca 300 m djup. Slutsatsen är att brist på data och de geologiska modellernas osäkerheter för det havstäckta området gör att det är svårt att bedöma berggrundens egenskaper, och därmed om det finns potentiella lämpliga bergblock. Det finns även anledning befara att passagen av tillfartstunnlar genom den regionala deformationszonen skulle medföra byggnadstekniska problem.

Horisontella skikt av deformationszonsmodellen togs ut på olika djup ner till 200 m djup. På respektive djupskikt prövades om en ca 500×500 m anläggning kan rymmas inom ett eller några bergblock mellan de deformationszoner som anges i modellerna.

Resultatet presenteras i figur 5-5. Den vänstra bilden avser djupskikt 0 m, dvs. markytan, medan den högra illustrerar djupskikt 200 m. Av bilderna framgår deformationszonernas lägen på respektive djup.

Alla tre bergblocken bedöms som potentiellt möjliga för slutförvaret för kortlivat rivningsavfall. Två av dem ligger på Ävrö och benämns här Ävrö Mitt (1 i figur 5-5) och Ävrö Söder (2 i figur 5-5), medan det tredje är beläget på norra delen av Simpevarpshalvön (3 i figur 5-5) och benämns här Simpevarp. Bergblocken Simpevarp och Ävrö Söder omges av vertikala deformationszoner, varför de har samma area oavsett djup. Block Ävrö Mitt avgränsas mot nordväst av en deformationszon som stupar in under Ävrö, vilket medför att blockets yta minskar mot djupet. Genom anpassning av förvarets geometriska utformning till bergblockens geometrier torde ett slutförvar för rivningsavfall kunna placeras i vart och ett av de tre bergblocken på lämplig nivå ner till 200 m djup.

Berggrunden i samtliga tre bergblock domineras av Ävrögranit men har också inslag av andra bergarter, främst finkornig dioritoid och kvartsmonzodiorit, den senare framförallt inom block Simpevarp. Platsmodelleringens generaliserade bergartsfördelning i form av bergdomäner utgör kartunderlaget till de två bilderna i figur 5-5. De tre blocken ligger i bergdomänerna Ävrögranit, finkornig dioritoid och en blanddomän med Ävrögranit och kvartsmonzodiorit. Bergarternas egenskaper bedöms översiktligt som likartade och har inte påverkat valet av potentiella bergblock för slutförvaret.

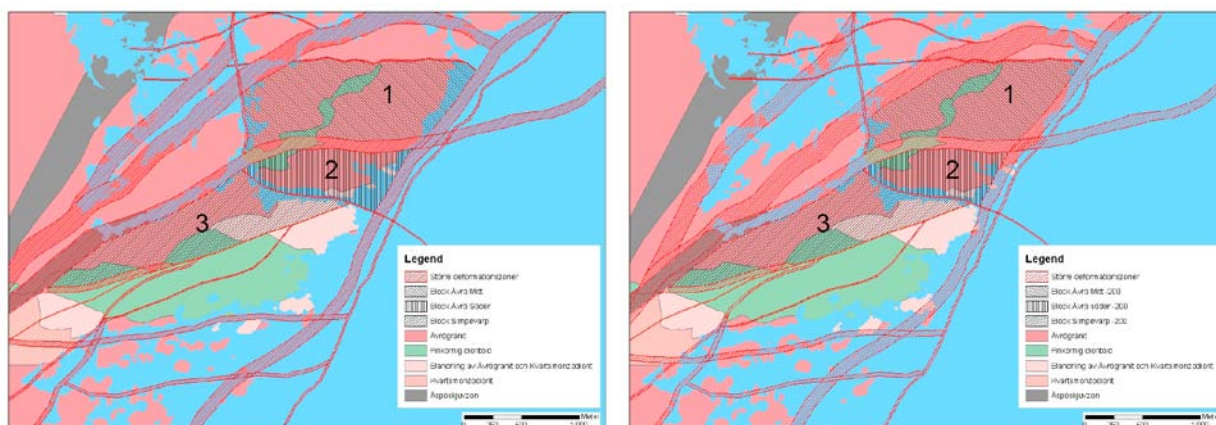
5.3.2 Förutsättningar för långsiktig säkerhet

På samma sätt som i avsnitt 4.3 har en översiktlig värdering gjorts av områdets förutsättningar för långsiktig säkerhet.

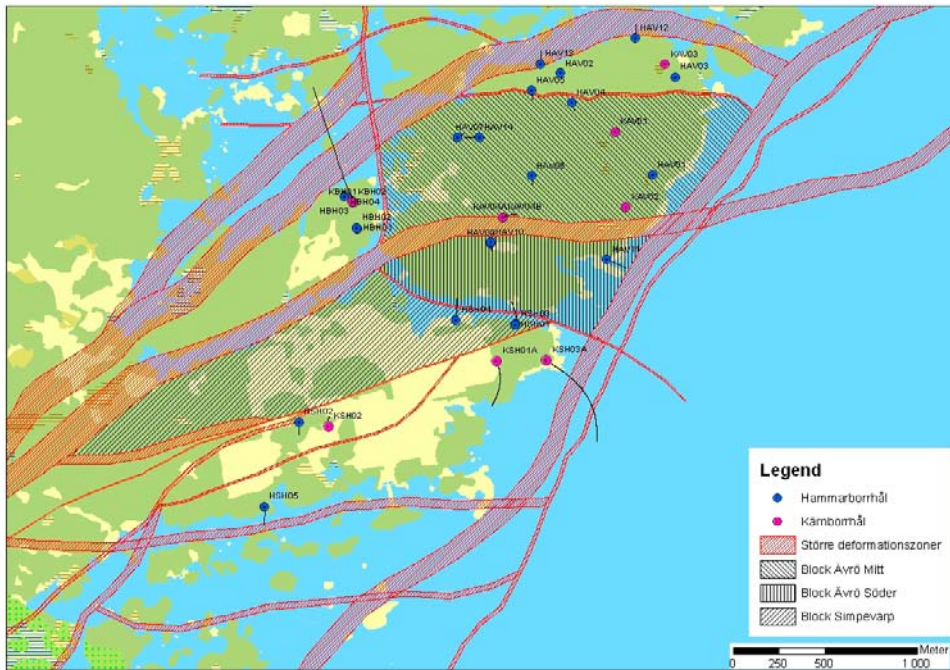
Berggrundens vattengenomsläpplighet

En översiktlig studie har gjorts för att undersöka om det finns någon signifikant skillnad i vattengenomsläpplighet mellan de tre blocken. För detta ändamål har data använts från hammar- och kärnbrorhåll på Ävrö, Simpevarpshalvön och Hålö, se figur 5-6.

På samma sätt som vid SFR har den hydrogeologiska analysen studerat vattengenomsläppligheten för djupintervallen 0–100 m samt 100–200 m. Alla mätvärden har hämtats från SKB:s databas Sicada.



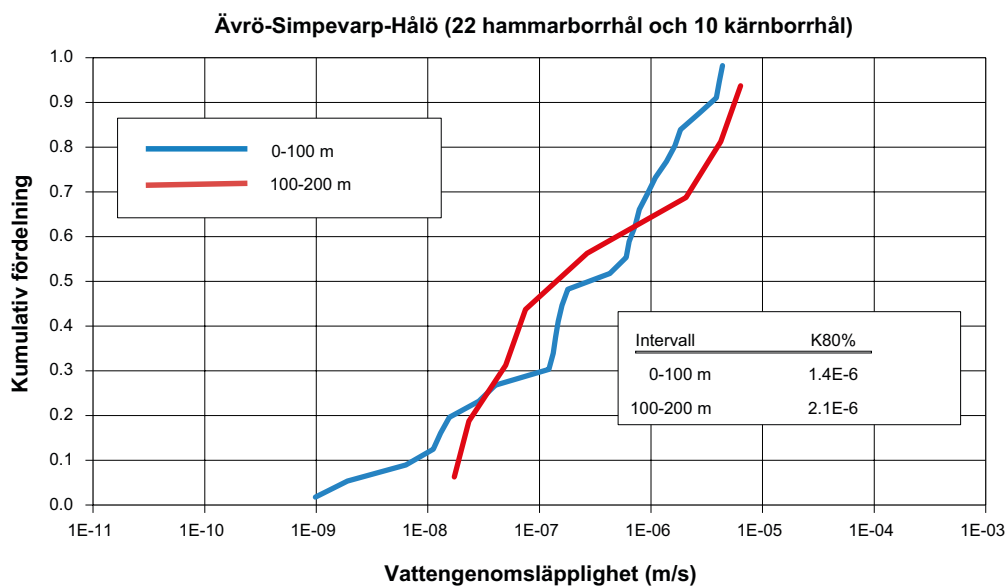
Figur 5-5. Modellerade större deformationszoner vid markytan (vänstra bilden) och för djupskikt 200 m (högra bilden), med bergdomäner på markytan som kartunderlag. Möjliga bergblock för slutförvar för rivningsavfall är markerade med raster samt med beteckningarna 1–3. Underlag från Wahlgren et al. 2006, med komplettering i Wahlgren et al. 2008/.



Figur 5-6. Borrhål på Ävrö, Simpevarpshalvön och Hålö som använts vid den hydrogeologiska analysen. Deformationszonerna avser läget på markytan.

Som framgår av figur 5-6 har även borrhål i närheten, men utanför bergblocken, använts i analysen. Anledningen är att de har bedömts ligga i samma geologiska miljöer (domäner) som finns i intilliggande bergblock och kan antas vara representativa för bergblocket. Flertalet hål är hammarborrade och berör både deformationszoner och mellanliggande bergmassa. De hydrauliska mätningarna som utförts är vanligen pumptester i hela borrhål.

Informationstätheten för området är förhållandevis god och platsbeskrivande modeller har upprättats. Några signifikanta skillnader i vattengenomsläpplighet mellan blocken har inte identifierats varför en sammanställning där samtliga borrhål för Ävrö, Simpevarp och Hålö inkluderas har därför ansetts vara mest lämplig för att representera vattengenomsläppligheten för Simpevarpsområdet. Sammanställningen visas i figur 5-7.



Figur 5-7. Sammanställning av Simpevarpsområdets hydrauliska konduktivitet i 100 m-skalan för djupintervallen 0–100 m och 100–200 m.

En jämförelse av vattengenomsläppligheten för Simpevarpsområdet med referensområden visas i figur 5-8. Den hydrauliska konduktiviteten i de elva referensområden som ingår i studien uppvisar ett spridningsintervall på mellan två och tre tiopotenser längs hela kumulativfördelningen. Simpevarpsområdet intar, liksom SFR-området, en position mellan ytterlighetsvärdena (som även de kan sägas representera svensk kristallin normalberggrund). Speciellt för djupintervallet 100–200 m finns dock för Simpevarpsområdet en tendens mot något högre konduktivitetvärden än genomsnittet i undersökningsmaterialet. Det bör ännu en gång understrykas att mätvärdena tagits fram med flera olika metoder, där data kan ha något varierande kvalitet, och att detta bör vägas in vid bedömningen av de redovisade resultaten.

Hydraulisk gradient i berggrunden

Den regionala topografiska gradienten i Simpevarpsområdet är ca 3,5 ‰, se figur 5-9. Förutsatt att havsytans läge inte förändras kommer landhöjningen, som i dag uppgår till ca 0,12 m/100 år /Joyce et al. 2010/ att medföra att dagens strandlinje om 9 000 år ligger ca tio m högre än idag. Den kustnära delen av havsbotten utanför Simpevarp kommer då att övergå till ett flackt kustområde och sannolikt, liksom idag, utgöra ett regionalt utströmningsområde. Skulle havsytan stiga förlängs tiden till att detta inträffar.

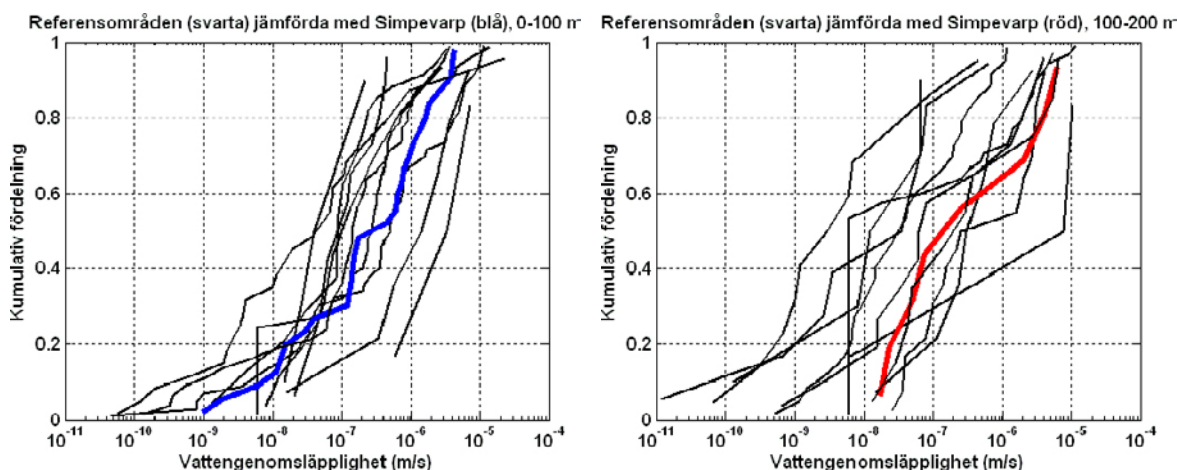
Seismisk aktivitet

Kalmar län ligger öster om det bälte med förhöjd frekvens av registrerade jordskalv som sträcker sig från sydvästra Sverige mot nordost och vidare norrut längs Norrlandskusten. Endast ett fåtal skalv har registrerats inom länet /Antal et al. 1998b/.

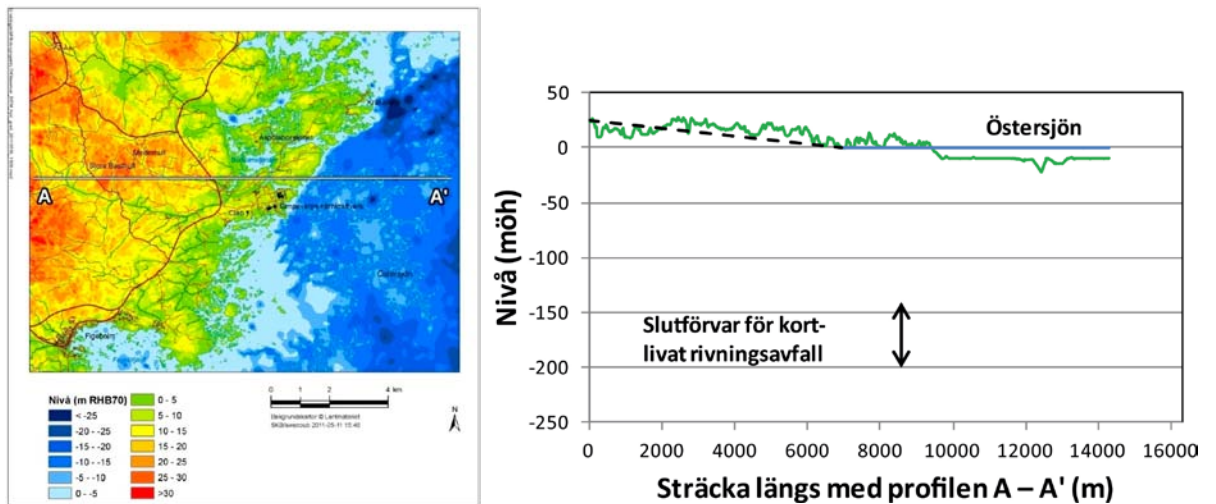
I samband med platsundersökningarna i Forsmark och Laxemar gjorde SGU undersökningar för att i jordlagren i och omkring dessa båda områden söka tecken på eventuella större jordskalv (> M 7) och, i samband med sådana, spår av sen- eller postglaciala rörelser, alltifrån inlandsisens avsmältning och framåt i tid. Några sådana spår kunde inte identifieras /Lagerbäck et al. 2004, 2005b, 2006/.

Malmpotential

Simpevarpshalvön, med närmaste omgivning består av berggrund som helt saknar malmpotential. Det finns därmed inget intresse för prospektering i detta område. Denna bedömning torde även gälla i ett längre tidsperspektiv /Lindroos 2004/.



Figur 5-8. Data avseende vattengenomsläpplighet från referensområden (inklusive SFR-området) jämförda med Simpevarpsområdet. Till vänster visas djupintervallet 0–100 m där data från Simpevarpsområdet redovisas i blå färg och till höger djupintervallet 100–200 m där data från Simpevarpsområdet redovisas i röd färg.

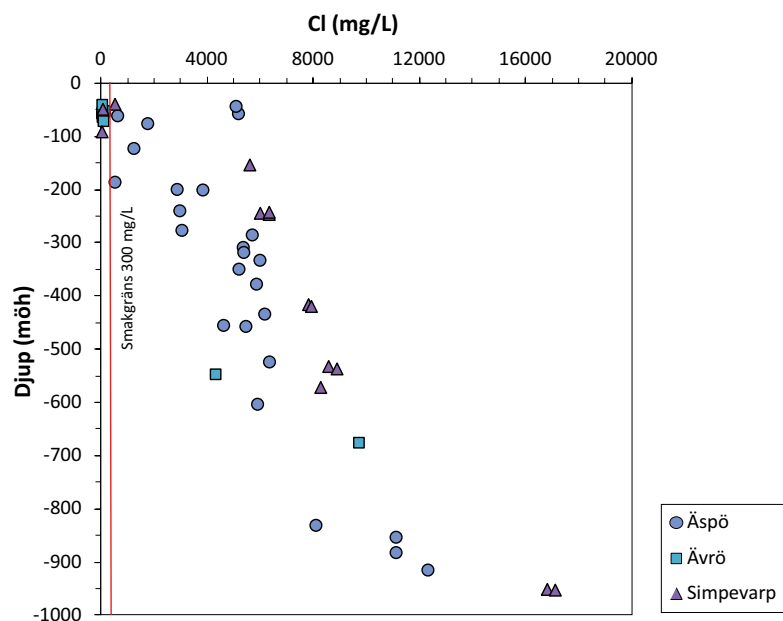


Figur 5-9. Topografi i Simpevarpsområdet (vänster) och längs snitt A-A (höger). Ett intervall på 140–200 m djup för ett slutförvar för kortlivat rivningsavfall är markerat under Ävrö.

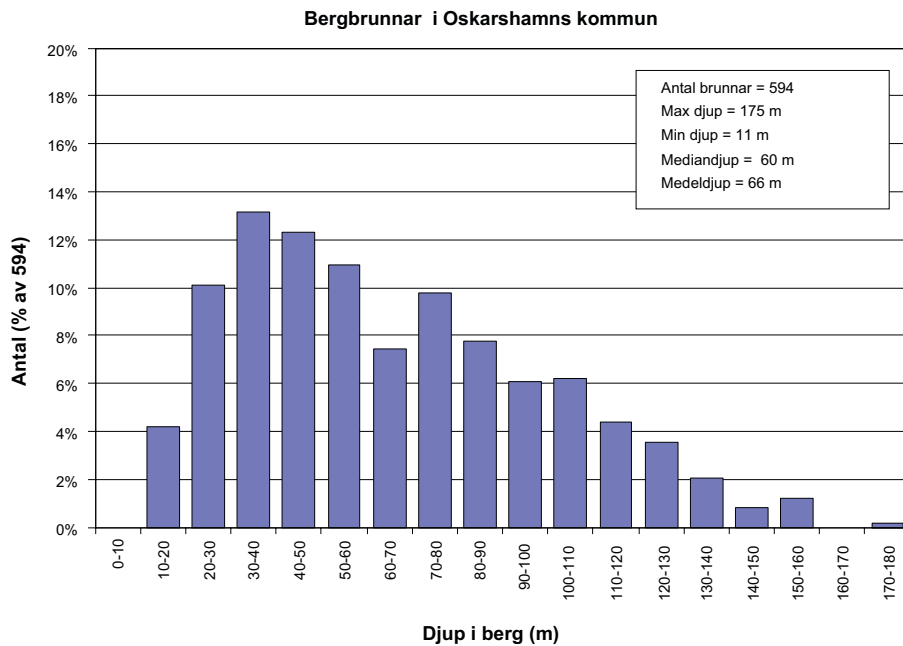
Risk för brunnborrning

Figur 5-10 visar salthalt (kloridhalt) i kärn- och hammarborrhål på Simpevarpshalvön, Äspö och Ävrö. Som tidigare nämnts ligger smakgränsen för salt grundvatten vid ca 300 mg Cl/l. Som jämförelse kan nämnas att salthalten i Östersjön utanför Simpevarp uppgår till 3 500–4 000 mg Cl/l. Som framgår av figuren förekommer sött grundvatten allmänt ner till ca 100 m djup. Ett prov visar på förekomst av sött grundvatten, dock något över smakgränsen, på ca 200 m djup.

En sammanställning av brunnborrningsdjup i Oskarshamns kommun redovisas i figur 5-11. I denna inkluderas även s.k. energibrunnar, dvs. borrhål som används vid produktion av bergvärme. Som framgår av figuren är det få brunnar som borrar djupare än 140 m. Data från SGU:s brunnarkiv /SKB 2000c/.



Figur 5-10. Kloridhalt mätt i borrhål i Simpevarpsområdet samt på Äspö /Laaksoharju et al. 2008/. Sött grundvatten förekommer ner till mellan 100–200 m djup.



Figur 5-11. Histogram över borrlängd i berg för 594 bergbrunnar i Oskarshamns kommun enligt SGU:s brunnarkiv. Endast brunnar med en borrlängd i berg av minst 10 m ingår i diagrammet. Brunnar med stort djup är ofta energibrunnar (s.k. bergvärmebrunnar).

Platskännedom

Kunskapen om de geologiska förhållandena i det aktuella området är god genom den platsundersökning som genomfördes i Simpevarps- och Laxemarområdena för ett eventuellt slutförvar för använt kärnbränsle /SKB 2009/, samt de erfarenheter och data som erhållits vid förundersökningar och bygge av SKB:s och OKG:s anläggningar under jord. Från Äspölaboratoriet, som ligger i anslutning till Simpevarpsområdet, finns omfattande data och erfarenheter från förundersökningar, bygge och den försöksverksamhet som bedrivs där.

Även om kunskapen är relativt god finns det kvarstående osäkerheter avseende de geologiska förhållandena på Simpevarpshalvön, Hålö och Ävrö. På en översiktlig nivå räcker dock dagens kunskap om området för en jämförelse av egenskaperna hos potentiella förlägningsplatser för slutförvaring av kortlivat rivningsavfall.

5.3.3 Samlad bedömning

Mot bakgrund av det geovetenskapliga underlag som finns tillgängligt från Simpevarpshalvön, Hålö och Ävrö framstår bergblocket Ävrö Mitt som preliminärt lämpligast för förläggning av ett slutförvar för kortlivat rivningsavfall. Skälet är främst dess storlek som ger flexibilitet vid platsanpassning av förvaret. En annan fördel är att tillfartstunnlar från en anläggning ovan jord på Hålö (se avsnitt 5.4) endast behöver passera en mindre deformationszon.

Utgående från den generaliserade sammanställning som har gjorts i denna rapport får vattengenomsläppligheten för Simpevarpsområdet, för de djupintervall som har studerats, betraktas som normal för svenskt urberg. Det finns dock kvarstående osäkerheter i data. Underlaget är begränsat, och de flesta borrhål som ingår i sammanställningen har borrats för att i första hand undersöka deformationszoner, vilket kan påverka resultatet.

Den hydrauliska gradienten (drivkraften för vattenflöde) är låg i Simpevarpsområdet. Området har ingen malmpotential och uppvisar låg seismisk aktivitet.

Med sött grundvatten till 100–200 m djup kan risken för framtida oavsiktligt intrång på grund av brunnsborring inte uteslutas. Detta scenario behöver därför beaktas i en säkerhetsanalys. Baserat på dagens brunnsdjup borde ett förvar förläggas till 140–200 m djup om denna risk bedöms som väsentlig i säkerhetsanalysen.

En bedömning av om det finns något i den geologiska miljön vid Ävrö som väsentligt skulle förändra den tekniska utformningen av slutförvaret jämfört med en förläggning intill SFR, visar inte på några sådana förhållanden.

En övergripande slutsats är att, baserat på faktorer som är viktiga för den långsiktiga säkerheten, framstår bergblocket Ävrö Mitt som potentiellt lämpligt för ett slutförvar för kortlivat rivningsavfall.

Som nämns ovan görs i denna rapport ingen analys av möjligheten att förlägga ett slutförvar för kortlivat rivningsavfall under havet utanför Simpevarp då det i stort sett saknas data från detta område. För att belysa vilka för- eller nackdelar ett förvar under havet utanför Simpevarp potentiellt skulle kunna ge jämfört med förläggningen intill SFR kan följande dock nämnas:

- Baserat på dagens landhöjning (och om ingen höjning av havsnivån sker) kommer ett förvar under havsbotten utanför Simpevarp att befinna sig under havet i ca 9 000 år. Under denna tid är risken för brunnsborring obefintlig. För SFR-området består denna situation under 600–2 500 år samt troligen ytterligare minst 500–1 000 år efter området blivit land.
- Ett havsförlagt slutförvar i Simpevarp kommer någon gång efter 9 000 år att ligga under land. Det kommer troligen då att ligga i ett regionalt utströmningsområde medan SFR-området troligen ligger i ett inströmningsområde. Detta bör medföra kortare strömningsvägar till biosfären för ett förvar i Simpevarp. Även grundvattenflödet kan förväntas vara högre eftersom såväl vattengenomsläppligheten som den hydrauliska gradienten är högre i Simpevarp (baserat på data från landområdet) jämfört med SFR-området.
- Ser man till andra faktorer än säkerhetsrelaterade kan konstateras att platsundersökningar utanför Simpevarpskusten, med större vattendjup än i Forsmark och ett mer oskyddat havsläge, troligen kommer att vara mer resurskrävande än de som genomförts i SFR-området. Detta medför ökade kostnader och troligen mer tidsåtgång.
- Nedfartstunnlarna kommer att behöva passera en regional sprickzon, modellerad till 150 m bredd, vilket kan medföra betydande bergbyggnadsmässiga problem.

Med tanke på att data om berggrunden saknas för det havstäckta området och eftersom det inte finns andra uppenbara skäl än intrångsrisk som talar för ett förvar under havet kvarstår ett landbaserat alternativ i Simpevarp som det mest realistiska att jämföra med en utbyggnad av SFR. Skulle en säkerhetsanalys visa att intrångsrisk är oacceptabel med ett förvarsdjup på 140–200 m skulle förmodligen ett djupare förlagt förvar under landområdet i Simpevarp vara mer realistiskt att överväga än ett havsbaserat förvar.

5.4 Teknik för genomförande

5.4.1 Bygge och drift av berganläggningar

Sedan 1970-talet har flera undermarksanläggningar byggts i och i närheten av Simpevarpsområdet. Dessa är SKB:s anläggningar Clab och Äspölaboratoriet, OKG:s bergtrum BFA för mellanlagring av radioaktivt avfall samt kylvattentunnlar till kraftverket. Generellt är de byggnadstekniska erfarenheterna från dessa anläggningar goda. De hydrogeologiska förhållandena bedöms preliminärt inte ha någon avgörande betydelse för placeringen av bergsalarna inom det aktuella området. De tillfartstunnlar som skulle gå från Hålö till Ävrö skulle endast behöva passera en mindre deformationszon. Tunnelsträckningen behöver anpassas så att den inte stör befintlig tunnel till Äspölaboratoriet.

5.4.2 Utrymme för anläggningar ovan och under mark

Tillräckliga utrymmen finns på Hälö för att inrymma driftområdet ovan mark och tillfälliga etableringsytor. Det bergupplag som finns på platsen idag bedöms ha kapacitet att lagra bergmassorna från slutförvaret för rivningsavfall.

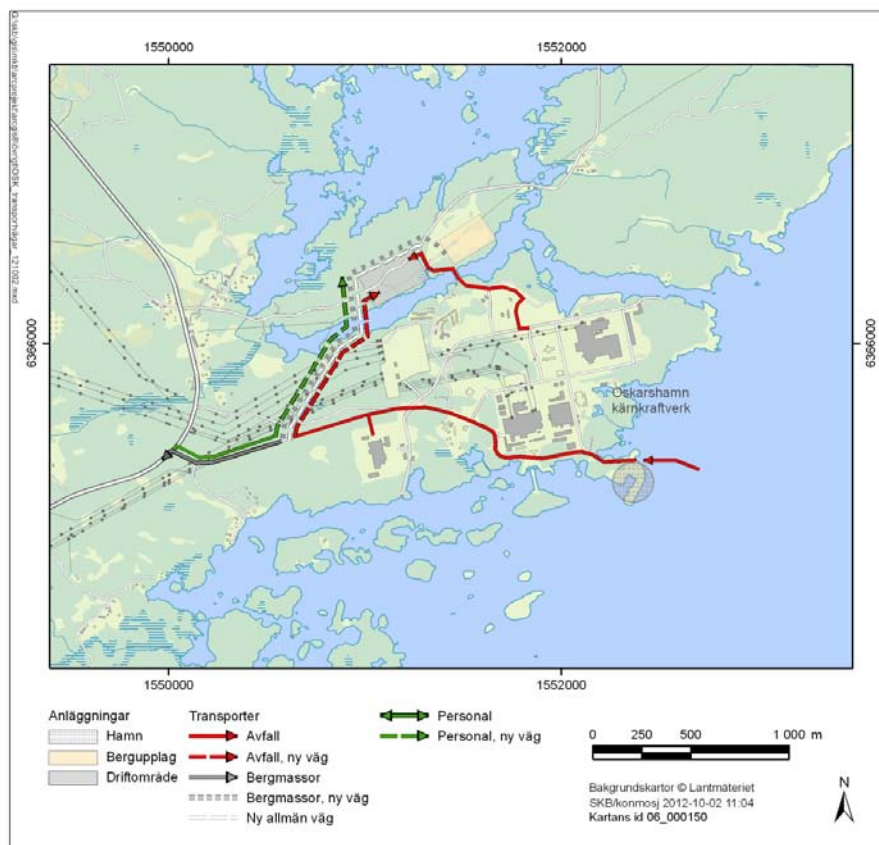
Tillräckligt utrymme för själva förvaret under mark bedöms finnas under Ävrö, se avsnitt 5.3.1.

5.4.3 Transporter

Figur 5-12 visar transportflödena till och från anläggningen. De lokala vägenslutningarna skulle behöva förbättras för att möjliggöra person- och godstransporter till anläggningen. Bergmassor skulle transporteras till det intilliggande bergupplaget.

Transporterna av rivningsavfall skulle ske på samma sätt som dagens transporter av driftavfall. Avfallet från alla kustförlagda anläggningar utom de som finns i Simpevarp, dvs. Oskarshamns kärnkraftverk och Clink, skulle transporteras på fartyg till Simpevarps hamn. Där skulle omlastning till terminalfordon ske för vidare transport ner till förvaret. Avfallet från anläggningarna på Simpevarpshalvön skulle transporteras direkt med terminalfordon. Den största delen av driftavfallet skulle även fortsättningsvis transporteras till SFR, men en mindre del skulle av utrymmesskäl transporteras till Simpevarp för slutförvaring.

Under perioden 2020–2051 bedöms totalt ca 900 transporter med rivningsavfall anlända till Simpevarps hamn. Transportintensiteten kommer att variera kraftigt över tid, men de största behoven av sjötransporter beräknas uppstå under perioden ca 2035–2045. Uppskatningarna av transportbehov är genomgående preliminära. Möjligheterna till samtransporter med andra avfallstyper (använt kärnbränsle) har inte beaktats. Vidare finns det kopplingar mellan antalet sjötransporter och antalet transportbehållare av olika typer som finns tillgängliga i systemet. Avvägningar mellan dessa faktorer för att optimera hela systemet återstår att göra, men antalet fartygstransporter kan förmodligen reduceras avsevärt.



Figur 5-12. Transportflöden till och från ett slutförvar för rivningsavfall i Simpevarpsområdet.

5.4.4 Samordning med befintlig eller planerad verksamhet

En helt ny fristående anläggning med en egen driftorganisation skulle behöva etableras. Det finns ändå möjligheter att samordna resurser med Clab och en framtida inkapslingsanläggning. Närheten till kärnkraftverket ger sammantaget fördelar i form av samarbetsmöjligheter inom olika områden, utan att för den sakens skull skapa beroenden som kan bli till nackdel för verksamheten. En olycka vid kärnkraftverket av en omfattning som skulle äventyra driften av anläggningen är enligt SKB:s uppfattning ett så osannolikt scenario att det inte kan anses påverka lokaliseringsförutsättningarna.

Simpevarps hamn är anpassad för transporter av kärnavfall och kan användas för intranporterna av rivningsavfall. Dessa bör kunna samordnas med transporterna av använt kärnbränsle till Clab, förutom då det gäller containrar, som inte kommer att transporteras tillsammans med andra typer av transportbehållare.

5.4.5 Tidsåtgång till färdig anläggning

Innan en tillståndsansökan kan lämnas in skulle en platsundersökning och en fullständig anläggningsprojektering behöva göras. Detta innebär att tidpunkten för inlämnandet av ansökan, vilken är planerad till 2013, skulle förskjutas med ca tre till fyra år. Byggtiden beräknas bli något längre än i Forsmark, ca fem år från det att tillstånd erhållits.

5.5 Miljö och hälsa

Nedanstående översiktliga bedömningar är främst baserade på utredningsmaterial från lokaliseringen av slutförvaret för använt kärnbränsle och syftar till att möjliggöra en jämförelse av platserna.

5.5.1 Konsekvenser för naturmiljön

Lokaliseringen innebär att ny mark tas i anspråk på Hålö. Bergupplaget skulle dock placeras på platsen för befintliga upplag för bergmassor och ovanmarksanläggningen i anslutning till dessa. Den naturvärdesklassade grova lind som ligger på platsen idag försvinner troligen, konsekvenserna av detta bedöms bli små-måttliga. Ovanmarksanläggningen och bergupplaget skulle placeras nära vattenmiljöer men skyddsåtgärder skulle vidtas för att förhindra påverkan på dessa. Bergupplagets yta behöver troligen utvidgas något, vilket innebär att en skog med senvuxna tallar skulle helt eller delvis försvinna. Konsekvenserna av detta bedöms bli små-måttliga. Om en bård av tallar sparas mot vattnet bedöms konsekvenserna bli mycket små /Ignell et al. 2006b/.

5.5.2 Konsekvenser för friluftslivet

Den tilltänkta platsen ligger i närheten av Oskarshamns kärnkraftverk, Clab och tunnelnedfarten till Äspö och området utnyttjas inte i någon större utsträckning för rekreativa aktiviteter. Vägen från Laxemar mot Kråkelund passerar genom området och måste således byggas om.

5.5.3 Konsekvenser för kulturmiljön

Sannolikheten för direkt påverkan på dolda lämningar bedöms som liten och inga prioriterade kulturmiljöer berörs av markanspråk/intrång. /Lundqvist 2005/.

5.5.4 Konsekvenser för landskapsbilden

Hålö är till en del exploaterad och stora upplag av bergmassor har bland annat placerats här. Driftområdet och bergupplaget skulle placeras intill befintliga bergupplag.

Hålö skärmar i dag både visuellt och bullermässigt av industriområdet på Simpevarp mot

Borholmsfjärden, som har höga landskapliga värden. Denna skärm kan komma att påverkas om ovanmarksanläggningen förläggs hit.

5.5.5 Risk för bullerstörning i boendemiljö

På Hålö finns inga permanentboende. Närmaste bebyggelse finns i Lilla Laxemar, cirka en km från föreslagen lokalisering. Inga boende bedöms därför utsättas för bullernivåer över riktvärden från bygge och drift av anläggningen.

Under byggskedet kommer troligen ett antal boende att exponeras för dygnsekvivalent ljudnivå över gällande riktvärde 55 dBA till följd av buller från vägtransporter.

5.5.6 Påverkan på riksintressen

Simpevarpshalvön, samt större delen av Ävrö och del av Hålö med tillhörande vattenområde, är av riksintresse för energiproduktion. Ett större område som inkluderar hela Hålö är även riksintresse för slutlig förvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall. Västerviks och Oskarshamns skärgårdar är av riksintresse för naturvärden och hela norra Smålands skärgård är av riksintresse för friluftslivet. Hela kust- och skärgårdsområdet ingår i riksintresse enligt bestämmelserna i miljöbalkens 4 kap. Farleden utanför Simpevarps hamn utgör riksintresse för sjöfarten och själva hamnen är i sig ett riksintresse. De eventuella konflikter som kan uppstå mellan riksintresset slutförvaret och övriga riksintressen bedöms gå att hantera.

5.5.7 Samlad bedömning

Sammanfattningsvis bedöms konsekvenser för miljö och hälsa under bygge och drift bli små. Etableringen sker i anslutning till befintligt industriområde och övriga kärntekniska anläggningarna i området. Avståndet till närmaste permanentboende är relativt stort. Lokaliseringen ger förutsättningar för att använda befintlig infrastruktur.

5.6 Samhällsaspekter

I kommunen finns redan Äspölaboratoriet, Clab och Oskarshamns kärnkraftverk. Kommunen har därmed stor erfarenhet av kärntekniska anläggningar och sedan länge en etablerad dialog med SKB. Återkommande opinionsundersökningar har visat på en hög acceptansnivå för slutförvaret för använt kärnbränsle och troligen gäller detta även ett slutförvar för rivningsavfall.

Enligt gällande fördjupad översiktsplan skulle en ny ovanmarksanläggning på Hålö kräva en detaljplan. Den föreslagna platsen ligger inom en fastighet som ägs av OKG. Rådighet över berörda fastigheter bedöms kunna uppnås.

Sammantaget bedömer SKB att de samhälleliga förutsättningarna att etablera ett slutförvar för kortlivat rivningsavfall i Simpevarpsområdet är goda, men på några punkter mera osäkra än i Forsmark.

5.7 Slutsatser

Den generaliserade sammanställning som gjorts visar att vattengenomsläppligheten i Simpevarpsområdet är normal för de djupintervall som har studerats. Den hydrauliska gradienten är låg, vilket även gäller för den seismiska aktiviteten. Området har ingen malmpotential.

Med sött grundvatten till 100–200 m djup kan risken för framtida oavsiktligt intrång på grund av brunnborrning inte uteslutas. Baserat på dagens brunnsdjup borde ett förvar förläggas till 140–200 m djup om denna risk bedöms som väsentlig i säkerhetsanalysen.

Platskännedomen är god genom platsundersökningen för slutförvaret för använt kärnbränsle och uppförandet av befintliga anläggningar (Äspölaboratoriet, Clab, bergrummet BFA). Villkoret om tillgänglig bergvolym har visats vara uppfyllt.

Förutsättningarna för att bygga och driva berganläggningar på ett säkert och effektivt sätt bedöms vara goda. Denna bedömning stöds av både resultaten från undersökningarna i området och de direkta erfarenheterna från bygge och drift av Clab, Äspölaboratoriet och övriga berganläggningar i området.

Ett slutförvar för rivningsavfall i Simpevarpsområdet skulle innebära etablering av en helt ny anläggning. På Hälö finns tillräckliga utrymmen för såväl tillfälliga etableringsytor som driftområde och bergupplag. Anläggningen skulle dock kräva att en detaljplan upprättas för området. Transport av rivningsavfall skulle ske med fartyg från kärnkraftverken och Studsvik till Simpevarps hamn, förutom avfallet från Oskarshamns kärnkraftverk och Clink som skulle fraktas med terminalfordon. Större delen av driftavfallet skulle även fortsättningsvis transporteras till SFR.

Betydande samordningsvinster går att göra i och med närheten till befintliga kärntekniska anläggningar, t.ex. samordning av drift och servicefunktioner med Clab och den framtida inkapslingsanläggningen.

Etableringen av ovanmarksanläggningen på ej exploaterad mark skulle ge en viss miljöpåverkan, men de negativa konsekvenserna bedöms bli begränsade. Exempelvis förväntas följderna för naturmiljön bli mycket små, medan inga konsekvenser bedöms uppkomma för kulturmiljön. De eventuella konflikter som kan uppstå mellan riksintresset för slutförvaret och övriga riksintressen, t ex för naturvården, med anledning av det planerade slutförvaret för kortlivat avfall, bedöms gå att hantera.

6 Jämförelse av alternativ

Alltsedan Aka-utredningens förslag 1976 om en central lagringsplats för låg- och medelaktivt avfall har detta varit huvudlinjen för det svenska kärnavfallsprogrammet. I enlighet med detta togs SFR i Forsmark, där allt kortlivat låg- och medelaktivt driftavfall från kärnkraftverken slutförvaras, i drift 1988.

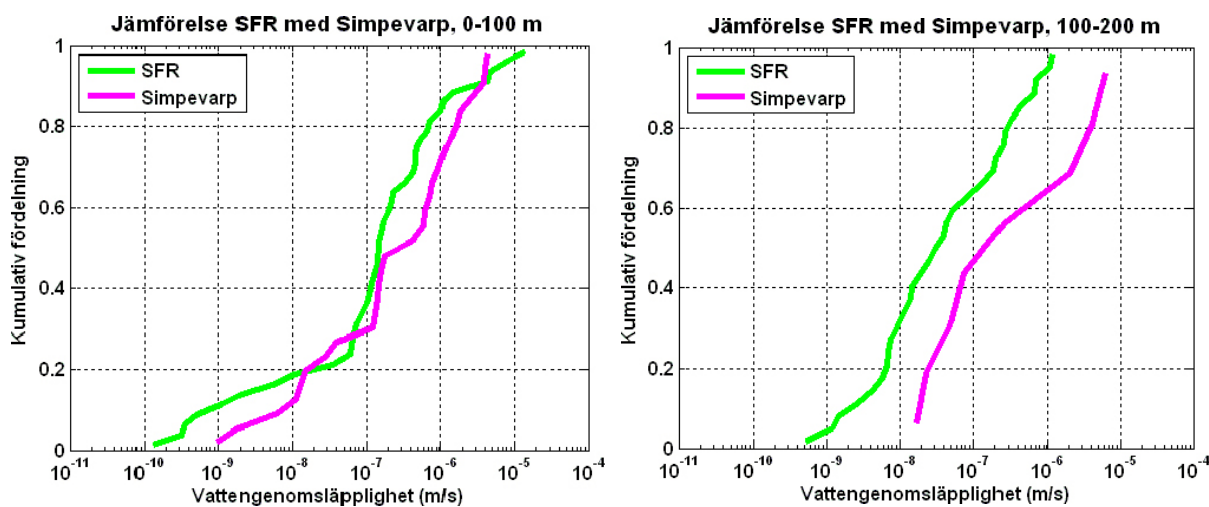
Redan innan förvaret togs i drift avsåg SKB att senare bygga ut det för kortlivat rivningsavfall. Exempelvis står i den redovisning för 1981 som SKB årligen tillsände Regeringen att ”Anläggningen planeras för en senare utvidgning att också kunna härbärgera avfall från rivning av kärnkraftverken.” Denna inriktning kvarstår och SKB planerar att slutförvara rivningsavfallet i en utbyggnad av SFR.

Lagstiftningen kräver alternativ till den valda platsen. Den alternativa lokalisering för slutförvaring av rivningsavfall som SKB valt att jämföra den planerade lokaliseringen med är Simpevarpsområdet utanför Oskarshamn. Där finns idag Oskarshamns kärnkraftverk och SKB:s mellanlager Clab. Valet av Simpevarp som alternativ lokalisering grundar sig på att det är en av de platser i landet där data om berggrunden finns i en omfattning som tillåter en bedömning av förutsättningarna för långsiktig säkerhet, att en sådan bedömning de facto visar på goda förutsättningar, samt att platsen ger realistiska möjligheter att i praktiken genomföra slutförvaringen av rivningsavfall.

För den jämförande värderingen av de två områdenas förutsättningar att uppnå kraven på långsiktig säkerhet har först en bedömning gjorts av möjligheterna att inrymma det planerade förvaret i bergblock som är tillräckligt stora för att förvaret inte ska genomskäras av regionala eller andra större deformationszoner. För såväl det valda förvarsläget i SFR-området som det alternativa i Simpevarpsområdet bedöms tillgängliga bergvolymerna vara fullt tillräckliga för att detta villkor ska kunna uppfyllas. Dessutom har berget på båda platserna påvisade goda egenskaper för bergbyggnad.

Nästa steg i jämförelsen av alternativen har avsett de fem säkerhetsrelaterade parametrar som redovisas i tabell 3-3: hydraulisk konduktivitet, hydraulisk gradient, seismisk aktivitet, malmpotential och risk för brunnborrning.

Figur 6-1 visar en jämförelse av den hydrauliska konduktiviteten (vattengenomsläppligheten). Givet de dataosäkerheter som finns får de båda områdena ur denna aspekt betraktas som relativt likvärda, dock med lägre konduktivitet för SFR, speciellt i intervallet 100–200 m. Båda områdena karakteriseras av konduktivitetens värden som är normala för svensk kristallin berggrund.



Figur 6-1. Jämförelse av hydraulisk konduktivitet för SFR-området och Simpevarpsområdet (100 m-skala) i form av kumulativdiagram för djupintervallen 0–100 m till vänster, respektive 100–200 m till höger.

Båda områdena är belägna i flack, kustnära terräng och har därför låga hydrauliska gradienter. Gradienten är dock ungefär en faktor två högre i Simpevarp än i Forsmark. Den seismiska aktiviteten är låg i båda områdena och inget av områdena har någon malmpotential.

Risken för intrång i förvaret på grund av framtida brunnborrning utfaller olika för områdena. För SFR-området är den obefintlig så länge förvaret är beläget under havet. Risken är låg en tid även efter att området blivit land på grund av en ytligt belägen saltvattengräns. Ett förvar i Simpevarpsområdet är beläget under land och med en djupare belägen saltvattengräns än i Forsmark. För att minska risken behöver förvaret förläggas under de djup dit man vanligen borrar eller ändå djupare, under dagens saltvattengräns.

Slutsatsen av jämförelsen av säkerhetsrelaterade faktorer är att områdena är relativt likvärdiga. De skillnader som ändå indikeras talar till Forsmarks fördel.

Berget på de båda platserna har liknande egenskaper och utformningen av förvaret anpassas till och optimeras utifrån de lokala förhållandena för att utgöra bästa möjliga teknik. I denna utredning förutsätts att förvaret i övrigt utformas på samma sätt avseende principer för säkerhet och strålskydd oavsett plats. Ur ett BAT- och optimeringsperspektiv skiljer sig därmed inte alternativen åt.

Båda alternativen innebär en samlokalisering med andra kärntekniska anläggningar. I strålskyddslagen finns bestämmelser om begränsning av radioaktiva utsläpp under normaldrift från samtliga anläggningar belägna inom samma geografiska område. Slutförvaring av kortlivat radioaktivt rivningsavfall medför inga radiologiska utsläpp under normaldrift och påverkar därför inte de samlade utsläppen i vare sig Simpevarp eller Forsmark.

En jämförelse av områden med avseende på teknik för genomförande visar att både Forsmark och Simpevarp har god tillgång till såväl konventionell som kärnteknisk infrastruktur. I båda fallen finns lämpliga hamnar och man kan dra nytta av resurser som finns vid de närbelägna kärnkraftverken. SKB har, och kommer att ha, omfattande verksamhet på båda orterna, oavsett var slutförvaring av rivningsavfall sker. I fallet Forsmark finns SFR-anläggningen och slutförvaret för använt kärnbränsle planeras att byggas där. I fallet Simpevarp finns Clab, Äspölaboratoriet och Kapsellaboratoriet, medan en inkapslingsanläggning planeras. Sett till omfattning och personalbehov skulle den driftverksamhet som slutförvaring av rivningsavfall kräver utgöra en ganska begränsad del av SKB:s totala verksamhet på respektive ort.

Den ur ett industriellt perspektiv avgörande fördelen med en utbyggnad av SFR jämfört med en ny anläggning i Simpevarp är att all slutförvaring av kortlivat avfall samlas till en plats i landet och till en anläggning. På kort sikt ger detta tids- och kostnadsbesparingar i etableringsskedet, eftersom exempelvis driftområde och en stor del av de funktioner som krävs redan finns på plats medan ett förvar i Simpevarp kräver nyetablering av ett driftområde. Effektivitetsvinsterna med att ha en anläggning i stället för två är tydliga även på längre sikt, under det långa driftskedet. Då tillkommer också en väsentlig fördel i form av bättre förutsättningar för långsiktig kontinuitet i verksamheten.

Rivningsavfallet förväntas uppkomma ojämnt fördelat över tiden. Så länge något av kärnkraftverken är i drift kan variationerna i deponeringsbehov för avfallet i viss mån utjämnas genom att driftavfall tas omhand vid samma anläggning. Att ha kontinuitet i verksamheten är viktigt av flera skäl, bland annat för att kunna upprätthålla en god kompetensförsörjning.

De transportbehov som anläggningen genererar kan indelas i dels lokala transporter av personal och gods för drift och service av anläggningen, dels de långväga sjötransporterna av rivningsavfall från kärnkraftverken. De lokala transportförutsättningarna utreddes för både Forsmark och Simpevarp inför lokaliseringen av slutförvaret för använt kärnbränsle /Fors och Klingenberg 2008/. Alternativen bedömdes då likvärdiga ur denna aspekt, väsentligen därför att pendlingsavstånden från berörda tätorter är jämförbara. Denna bedömning gäller på samma sätt för slutförvaring av rivningsavfall.

Transportbehoven för rivningsavfall till anläggningen utfaller preliminärt olika för alternativen. Det totala antalet sjötransporter av rivningsavfall bedöms bli större för alternativet Simpevarp, väsentligen beroende på att rivningen av Forsmarks kärnkraftverk förväntas generera stora volymer av vissa avfallskategorier (större än motsvarande volymer för Oskarshamns kärnkraftverk). Å andra sidan blir transportarbetet för rivningsavfall från Barsebäck och Ringhals mindre för alternativet Simpevarp, eftersom avstånden till sjöss dit är mindre än till Forsmark. Bedömningarna av sjötransporterna är preliminära och beror bland annat av hur många transportbehållare av olika typer som kommer att finnas tillgängliga i systemet. Vidare ingår transporterna av rivningsavfall i ett större system som även omfattar transporter av använt kärnbränsle från kärnkraftverken till Simpevarp/Clab, och i senare skede inkapslat bränsle från Simpevarp/Clink till Forsmark/slutförvaret för använt kärnbränsle. Hur detta system ska arrangeras och optimeras i olika skeden beror av en rad faktorer. Slutsatser som emellertid kan dras är att transportverksamheten kan anpassas till båda lokaliseringalternativen, samt att lokaliseringen inte har någon avgörande betydelse, varken resursmässigt eller med avseende på transporternas miljöpåverkan.

Tillgången till infrastruktur och industrimark är huvudorsakerna till att båda alternativen ger goda förutsättningar att etablera och driva anläggningen med små och hanterbara miljökonsekvenser. Båda platserna ligger i områden av riksintresse för slutförvaring av kärnavfall. En skillnad är att för Simpevarpsalternativet behöver ett mindre område oexploaterad mark tas i anspråk för anläggningar ovan mark, medan en utbyggnad av SFR innebär att befintlig anläggning kan utnyttjas.

För båda alternativen bedöms de samhälleliga förutsättningarna för att slutförvara det kortlivade rivningsavfallet som goda. De lokala och regionala samhällsresurser i form av kompetens, leverantörer, offentlig och privat service mm som finns att tillgå har enligt tidigare utredningar i båda fallen bedömts fullt tillräckliga för en etablering av det betydligt mera resurskrävande slutförvaret för använt kärnbränsle. På båda orterna dominerar en i grunden positiv inställning till kärnavfallsprogrammet och SKB:s verksamhet. Det faktum att SFR sedan länge finns i Forsmark, och att planerna för att bygga ut SFR för att även inrymma det kortlivade rivningsavfallet har varit väl kända, kan tala för en högre grad av acceptans för Forsmark än för Simpevarp.

Ett slutförvar för rivningsavfall i Simpevarp skulle bli dyrare att bygga främst beroende på nyetablering av anläggningar ovan mark och behovet av två nedfartstunnlar. En grov skattning indikerar att skillnaden i anläggningskostnad mellan alternativen skulle bli i storleksordningen 50 procent. Beaktas hela kostnaden för all återstående hantering och slutförvaring av kortlivat avfall (driftavfall och rivningsavfall) ger alternativet med två förvar (befintligt SFR samt ett förvar för rivningsavfall i Simpevarp) en åtminstone fyrtioprocentig fördyring jämfört med om man bygger ut SFR.

En lokalisering av anläggningen till Simpevarp skulle innebära en avsevärd förskjutning av tidsplanen för ansökansprocessen. En platsundersökning samt ett omfattande arbete med platsmodellering och anläggningsprojektering skulle krävas innan en ansökan skulle kunna lämnas in. Själva byggtiden skulle bli uppskattningsvis ett år längre än beräknad byggtid i Forsmark, främst beroende på behovet av två nedfartstunnlar. Den totala förseningen uppskattas bli mellan fyra och sex år. Denna skattning avser SKB:s egna insatser och inkluderar inte eventuell mertid för kommunens beslutsprocess.

7 Slutsatser

Hantering av kortlivat radioaktivt avfall från rivningen av landets kärntekniska anläggningar kommer att ske på ungefär samma sätt som dagens hantering av kortlivat driftavfall från kärnkraftverken. Kraven på slutförvaring av dessa avfallstyper är också jämförbara, vad gäller förvarets livslängd och övriga prestanda. SKB planerar därför att bygga ut befintligt SFR i Forsmark för att inrymma rivningsavfallet. Det utbyggda förvaret kommer också att omfatta utrymmen för den mindre mängd driftavfall som med nu planerade drifttider för kärnkraftverken inte kommer att rymmas i befintligt SFR, samt för mellanlagring av visst långlivat avfall.

Utbyggnaden bedöms kunna genomföras utan negativ påverkan på säkerheten i befintligt SFR. Driften kommer dock att inskränkas till ett minimum under en period av anläggningsarbeten.

De industriella fördelarna med en samordnad lösning för kortlivat drift- och rivningsavfall är uppenbara. All slutförvaring av kortlivat avfall i landet samlas på en plats och till en anläggning, med de effektivitetsvinster detta ger. En värdefull kontinuitet i verksamheten möjliggörs över den långa tidsperiod som kortlivat avfall ska kunna tas emot för slutförvaring, från det sedan länge pågående skedet med mottagning av driftavfall, följt av ett skede när både drift- och rivningsavfall ska hanteras, och slutligen en fas när enbart rivningsavfall produceras.

Med den planerade samlokaliseringen blir miljöpåverkan liten. Den infrastruktur som behövs finns redan, och de markförlagda anläggningar som tillkommer på plats är av begränsad omfattning.

Det avgörande kravet på lokaliseringen är emellertid att ändamålet med etableringen – att förvara det avfall som deponeras i förvaret på ett långsiktigt säkert sätt – kan uppfyllas. Inför en tillståndsansökan ska detta kunna visas med stöd av en integrerad säkerhetsanalys baserad på resultaten från genomförd platsundersökning och planerad utformning av anläggningen. En preliminär bedömning har gjorts baserat på platsdata om geovetenskapliga faktorer som är avgörande för den långsiktiga säkerheten, samt på erfarenheter från den befintliga SFR-anläggningen. Bedömningen visar att det utbyggda förvaret har goda förutsättningar att uppfylla säkerhetskraven.

Den alternativa lokalisering som SKB valt att jämföra den planerade utbyggnaden med är Simpevarpsområdet utanför Oskarshamn. Där finns idag Oskarshamns kärnkraftverk och SKB:s mellanlager Clab. Valet av Simpevarp som alternativ lokalisering grundar sig på att det är en av de platser i landet där data om berggrunden finns i en omfattning som tillåter en bedömning av förutsättningarna för långsiktig säkerhet, att en sådan bedömning de facto visar på goda förutsättningar, samt att platsen ger realistiska möjligheter att i praktiken genomföra slutförvaringen av rivningsavfall.

De jämförande bedömningar av förutsättningarna för långsiktig säkerhet som går att göra indikerar marginella skillnader mellan den valda lokaliseringen i Forsmark och den alternativa i Simpevarp. De skillnader som ändå indikeras talar till Forsmarks fördel.

Jämförs etablerings- och driftsaspekter framstår Forsmarks fördelar desto tydligare, i grunden beroende på att man där kan samla all slutförvaring av kortlivat radioaktivt avfall till en plats. Uttryckt i kostnader bedöms den alternativa lokaliseringen innebära en minst fyrtioprocentig fördyring jämfört med att bygga ut befintligt SFR. Tiden till dess att förvarsutrymmen för rivningsavfall skulle finnas tillgängliga skulle uppskattningsvis bli mellan fyra och sex år längre. Denna skattning avser SKB:s egna insatser och inkluderar inte eventuell mertid för kommunens beslutsprocess.

SKB:s huvudslutsatser är att:

- Med den valda lokaliseringen för slutförvaring av rivningsavfall kan ändamålet med verksamheten uppnås med minsta intrång och olägenhet för människors hälsa och miljön.
- Ingen annan plats kan utpekas som är uppenbart bättre än den valda, och som i realiteten är tillgänglig för att kunna tas i anspråk med rimliga insatser och inom önskvärda tidsramar.

8 Referenser

Publikationer utgivna av SKB (Svensk Kärnbränslehantering AB) kan hämtas på www.skb.se/publikationer. Referenser till SKB:s opublicerade dokument finns samlade i slutet av referenslistan. Opublishade dokument lämnas ut vid förfrågan till dokument@skb.se.

- Ahlbom K, Carlsson L, Gentschein B, Jämtlid A, Olsson O, Tirén S, 1983.** Evaluation of geological, geophysical and hydrogeological conditions at Svartboberget. SKB TR 83-55, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Ahlbom K, Andersson J-E, Nordqvist R, Ljunggren Ch, Tirén S, Voss C, 1991a.** Gideå study site. Scope of activities and main results. SKB TR 91-51, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Ahlbom K, Andersson J-E, Nordqvist R, Ljunggren Ch, Tirén S, Voss C, 1991b.** Fjällveden study site. Scope of activities and main results. TR 91-52, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Ahlbom K, Andersson J-E, Andersson P, Ittner T, Ljunggren Ch, Tirén S, 1992a.** Kamlunge study site. Scope of activities and main results. TR 92-15, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Ahlbom K, Andersson J-E, Andersson P, Ittner T, Ljunggren Ch, Tirén S, 1992b.** Klipperås study site. Scope of activities and main results. TR 92-22, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Allmér J, 2010.** Konsekvensbedömning av påverkan på naturvärden av anläggande och drift av slutförvar för använt kärnbränsle, Forsmark. SKB P-10-15, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Antal I, Bergman T, Gierup J, Persson C, Thunholm B, 1998a.** Översiktsstudie av Uppsala län. Geologiska förutsättningar. SKB R-98-32, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Antal I, Bergman T, Gierup J, Rudmark L, Thunholm B, Wahlgren C-H, 1998b.** Översiktsstudie av Kalmar län. Geologiska förutsättningar. SKB R-98-24, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Berggren M, 1998.** Hydraulic conductivity in Swedish bedrock estimated by means of geostatics. Thesis Report Series 1998:9, Royal Institute of Technology, Stockholm.
- Bergman S, Isaksson H, Johansson R (red), Lindén A, Persson C, Stephens M, 1996.** Förstudie Östhammar. Jordarter, bergarter och deformationszoner. SKB PR D-96-016, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Carlsson L, Gidlund G, Hesselström B, 1983.** Evaluation of the hydrogeological conditions at Finnsjön. Supplementary geophysical investigations at the Sternö peninsula. SKB TR 83-56, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Elhammer A, Sandkvist Å, 2005.** Detailed marine geological survey of the sea bottom outside Forsmark. Forsmark site investigation. SKB P-03-101, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Fors P, Klingenberg H, 2008.** Slutförvar för använt kärnbränsle vid Forsmark. Material- och persontransporter till och från slutförvarsanläggningen. SKB R-08-49, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Gentschein B, 1986.** Hydrogeological investigations at the Klipperås study site. SKB TR 86-08, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Hamrén U, Collinder P, 2010.** Vattenverksamhet i Forsmark. Ekologisk fältinventering, naturvärdesklassificering samt beskrivning av skogsproduktionsmark. SKB R-10-16, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Hartikainen J, Kouhia R, Wallroth T, 2010.** Permafrost simulations at Forsmark using a numerical 2D thermo-hydro-chemical model. SKB TR-09-17, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Hedenström A, Sohlenius G, Strömberg M, Brydsten L, Nyman H, 2008.** Depth and stratigraphy of regolith at Forsmark. Site descriptive modelling SDM-Site Forsmark. SKB R-08-07, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Ignell H, Karlsson J, Lundkvist E, Ramstedt H, Wahlman H, 2006a.** Naturmiljöbeskrivning och preliminär bedömning av konsekvenser för naturmiljö. Slutförvar för använt kärnbränsle vid Forsmark. SKB P-06-101, Svensk Kärnbränslehantering AB.

- Ignell H, Karlsson J, Lundkvist E, Ramstedt H, Wahlman H, 2006b.** Naturmiljöbeskrivning och preliminär bedömning av konsekvenser för naturmiljö. Slutförvar för använt kärnbränsle vid Simpevarp/Laxemar. SKB P-06-102, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Joyce S, Simpson T, Hartley L, Appelgate D, Hoek J, Jackson P, Roberts D, Swan D, Gylling B, Marsic N, Rhén I, 2010.** Groundwater flow modeling of periods with temperate climate conditions – Laxemar. SKB R-09-24, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Kjellström E, Strandberg G, Brandefelt J, Näslund J-O, Smith B, Wohlfarth B, 2009.** Climate conditions in Sweden in a 100,000-year time perspective. SKB TR-09-04, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Laaksoharju M, Smellie J, Tullborg E, Wallin B, Drake H, Gascoyne M, Gimeno M, Gurban I, Hallbeck L, Molinero J, Nilsson A-C, Waber N, 2008.** Bedrock hydrogeochemistry Laxemar. Site descriptive modelling SDM-Site Laxemar. SKB R-08-93, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Lagerbäck R, Sundh M, Svedlund J-O, 2004.** Searching for evidence of late- or postglacial faulting in the Oskarshamn region. Results from 2003. Oskarshamn site investigation. SKB P-04-192. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Lagerbäck R, Sundh M, Svedlund J-O, Johansson H, 2005a.** Searching for evidence of late- or postglacial faulting in the Forsmark region. Results from 2002–2004. SKB R-05-51. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Lagerbäck R, Sundh M, Svantesson S-I, Svedlund J-O, 2005b.** Searching for evidence of late- or postglacial faulting in the Oskarshamn region. Results from 2004. Oskarshamn site investigation. SKB P-05-232. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Lagerbäck R, Sundh M, Svantesson S-I, 2006.** Searching for evidence of late- or postglacial faulting in the Oskarshamn region. Results from 2005. Oskarshamn site investigation. SKB P-06-160. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Lindroos H, Isaksson H, Thunehed H, 2004.** The potential for ore and industrial minerals in the Forsmark area. SKB R-04-18, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Lindroos H, 2004.** The potential for ore, industrial minerals and commercial stones in the Simpevarp area. SKB R-04-72, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Lundqvist L (red), 2005.** Slutförvar och inkapsling av använt kärnbränsle – preliminär bedömning av konsekvenser för kulturmiljön och landskapet i Simpevarp/Laxemar. SKB P-05-249, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Nilsson A-C, Tullborg E-L, Smellie J, Gimeno M, Gómez j, Auqué L, Sandström B, Pedersen K, 2011.** Bedrock Hydrogeochemistry. Site investigation. SKB R-11-06. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Nilsson K, 2011.** Hydrochemical characterisation of groundwaters in the SFR repository. Sampling and analysis during 2010. Extended investigations in KFR7A: 48.0 to 74.7 m, KFR08: 63.0–104.0 m and KFR19: 95.6–110.0 m. SKB P-11-14, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Nyström K, 2005a.** Landskapsbildsanalys Forsmark. SKB P-05-257. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Nyström K, 2005b.** Landskapsbildsanalys Laxemar/Simpevarp. SKB P-05-253, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Oskarshamn kommun, 2007.** Fördjupning av översiktsplanen för Simpevarps- och Laxemarsområdet. Oskarshamns kommun.
- Ottosson P, 2006a.** Nulägesbeskrivning av rekreation och friluftsliv i Forsmark. SKB P-06-113, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Ottosson P, 2006b.** Nulägesbeskrivning av rekreation och friluftsliv i Oskarshamn. SKB P-06-114, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Parasnis D S, 1997.** Principles of applied geophysics. Chapman and Hall, London.

- SKB, 1996.** Bergman S, Isaksson H, Johansson R, Lindén A H, Persson C, Stephens M. Förstudie Östhammar. Jordarter, bergarter och deformationszoner. PR D-96-016, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB, 2000a.** Samlad redovisning av metod, platsval och program inför platsundersökningsskedet.
- SKB, 2000b.** Förstudie Östhammar. Kommunens yttrande över den preliminära slutrapporten samt kompletterande utredningar. SKB R-00-24, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB, 2000c.** Förstudie Oskarshamn. Slutrapport. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB, 2003.** Platsundersökning Oskarshamn. Årsrapport 2003.
- SKB, 2006.** Long-term safety for KBS-3 repositories at Forsmark and Laxemar – a first evaluation. Main Report of the SR-Can project. SKB TR-06-09, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB, 2008a.** Safety analysis SFR 1. Long-term safety. SKB R-08-130, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB, 2008b.** Site description of Forsmark at completion of the site investigation phase. SDM-Site Forsmark. SKB TR-08-05, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB, 2008c.** Platsundersökning Forsmark 2002–2007. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB, 2009.** Site Description of Laxemar at completion of the site investigation phase. SDM-Site Laxemar. SKB TR-09-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB, 2010a.** Clime and climate related issues for the safety assessment SR-Site. SKB TR-10-49, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB, 2010b.** Comparative analysis of safety related characteristics. SKB TR-10-54, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB, 2010c.** Platsval – lokalisering av slutförvaret för använt kärnbränsle. SKB R-10-42, 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.
- SOU, 1976:30.** Använt kärnbränsle och radioaktivt avfall. Betänkande av Aka-utredningen.
- SSM, 2008.** Beslut rörande säkerhetsredovisningen för SFR-1, SSM 2008/981.
- SSM, 2009.** Nationell plan för allt radioaktivt avfall. Strålsäkerhetsmyndigheten 2009:29.
- Ternström C, 2008.** Kulturmiljöutredning fas 2, området Forsmark. SKB P-08-63, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Väisivaara J, 2009.** Site investigation SFR. Difference flow logging in borehole KFR105. SKB P-09-09. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Wahlgren C-H, Hermanson J, Curtis P, Triumpf C-A, Drake H, Tullborg E-L, 2006.** Geological description of rock domains and deformation zones in the Simpevarp and Laxemar subareas. Preliminary site description Laxemar subarea – version 1.2. SKB R-05-69, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Wahlgren C-H, Curtis P, Hermansson J, Forsberg O, Öhman J, Fox Aaron, La Pointe P, Drake H, Triumpf C-A, Mattsson H, Thunehed H, Juhlin C, 2008.** Geology Laxemar, Site descriptive modelling, SDM-Site Laxemar. SKB R-08-54, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Winberg A, 2010.** Säkerhetsrelaterade platsegenskaper – en relativ jämförelse av Forsmark med referensområden. SKB R-10-63, Svensk Kärnbränslehantering AB.