


Preliminär rapport

Datum: 2015-11-17

Handläggare: Annika Bratt

Dokumentnr: 13-3717

Val av plats för slutförvarsanläggningen

Innehållsförteckning

Sammanfattande bedömning	2
Inledning	4
1. Kravbild kopplad till platsvalet.....	6
1.1 Krav enligt tekniklagen och strålskyddslagen.....	6
1.2 Krav enligt miljöbalken	7
1.3 Strålsäkerhetsmyndighetens angreppssätt vid bedömning om platsval.....	7
2. Förutsättningar för platsvalsprocessen	10
3. Identifiering och jämförelse av platser inför detaljerade platsundersökningar.....	12
3.1 Process för val av platser för platsundersökningar.....	12
3.2 SKB:s redovisningar i ansökan	13
3.3 Strålsäkerhetsmyndighetens bedömning	15
3.3.1 Hultsfred som alternativ lokalisering.....	17
3.3.2 Sammanfattning.....	21
4. Valet av Forsmark i förhållande till Laxemar.....	23
4.1 Underlag från SKB.....	23
4.2 Strålsäkerhetsmyndighetens bedömning	28
5. Referenser	31



Sammanfattande bedömning

Denna rapport innehåller preliminära resultat från myndighetens granskning av SKB:s ansökan, med särskilt fokus på företagets motivering av Forsmark som plats för att bygga slutförvaret. Rapporten berör således inte frågan om huruvida den föreslagna metoden har förutsättningar att uppfylla övriga krav på strålskydd och strålsäkerhet.

Sammantaget bedömer Strålsäkerhetsmyndigheten att platsvalsprocessen, utifrån dess förutsättningar med frivilliga kommuner, har lett fram till den lämpligaste platsen för ett KBS-3-förvar av de platser som varit aktuella.

Det som främst talar för Forsmark i jämförelse med andra platser är ett homogent berg med få vattenförande sprickor på förvarsdjup, vilket är viktigt för buffertens stabilitet och för att minska risken för kopparkorrosion. Berget vid Forsmark är även lättare att förutse och verifiera antagna förhållanden i. Det har stor betydelse för tilltro och verifiering av analysen av långsiktig strålsäkerhet.

Den plats som presenteras som alternativ plats i ansökan är Laxemar. Strålsäkerhetsmyndigheten bedömer att SKB på ett övertygande sätt har visat att Forsmark är mer lämplig än Laxemar från perspektivet långsiktig strålsäkerhet.

Myndigheten instämmer med SKB att för flertalet lokaliseringsfaktorer av betydelse för strålsäkerhet är de båda kandidatområdena likvärdiga eller nästan likvärdiga. Enligt myndighetens bedömning är grundvattenflödessituationen dock avgörande för de båda säkerhetsfunktionerna isolering och retardation. SKB har tydligt visat att förutsättningarna för att erhålla ett begränsat vattenflöde i närheten av kapselpositioner är betydligt bättre i fallet Forsmark beroende på det förhållandevis stora avståndet mellan vattenförande sprickor på förvarsdjup.

Den tektoniska linsen i Forsmark bildar en avgränsad geologisk enhet som i en jämförelse var avsevärt lättare att verifiera under platsundersökningsskedet, medan frågan kring slutförvarets exakta lokalisering krävde betydligt större insatser vid Laxemar som har en högre grad av heterogena bergförhållanden.

Ingen av de platser som har varit aktuella under platsvalsprocessen visar enligt Strålsäkerhetsmyndighetens bedömning egenskaper som sammantaget är mer fördelaktiga ur perspektivet att förhindra, begränsa och fördröja utsläpp från tekniska och geologiska barriärer jämfört med SKB:s föreslagna plats i Forsmark.

SKB har genom storregionala modellstudier identifierat en plats som förefaller vara fördelaktig ur hydrogeologisk synvinkel. Detta område ligger i inlandet sydost om Hultsfred i den västra delen av Oskarshamns kommun.

Inlandsförläggningen sydost om Hultsfred har potentiella fördelar genom de förväntade längre strömningsvägarna och därigenom en längre transporttid för grundvattnet från förvarsnivå till markytan. Av redovisningen framgår att skillnaderna till viss del beror på en annan bergart. Vilka geo-



logiska förhållanden som råder på förvarsdjup är oklart, men tillgänglig information pekar på inhomogena berggrundsförhållanden.

Det som också talar emot platsen sydost om Hultsfred är att grundvattnet på förvarsdjup med sannolikhet kan förväntas vara mindre salt, vilket med dagens kunskap är mer ofördelaktigt med avseende på buffertens beständighet. I denna fråga har synen på osäkerheter och risker koppat till uppfyllelse av kriterier för säkerhetsfunktioner i KBS-3 ändrats sedan slutet av förstudieskedet.

Platsen sydost om Hultsfred har jämförts med kustplatsen Laxemar. I avsaknad av platsundersökningsdata blir en jämförelse av sydost om Hultsfred med Laxemar av nödvändighet behäftad med osäkerheter. Utan ett jämförbart underlag är det svårt att avgöra vilken av platserna i östra Småland som är lämpligast.

Jämförs platserna i östra Småland däremot med Forsmark blir skillnaderna tydligare. Berggrunden i Forsmark har visat sig ha mycket låg frekvens av vattenförande sprickor, vara relativt enkel att karaktärisera och beskriva samt ha en lämplig grundvattenkemisk sammansättning.

Enligt myndighetens bedömning finns det inte heller något som pekar på hydrogeologiska fördelar med inlandslokalisering generellt eftersom en inlandslokalisering inte nödvändigtvis leder till långa strömningsvägar eller uppehållstider.

Mot denna bakgrund bedömer Strålsäkerhetsmyndigheten att platsvalsprocessen, utifrån dess förutsättningar med frivilliga kommuner, har lett fram till den lämpligaste platsen för ett KBS-3-förvar av de platser som varit aktuella.



Inledning

Den 16 mars 2011 lämnade Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) in en ansökan om att bygga ett slutförvar för använt kärnbränsle. Strålsäkerhetsmyndigheten har regeringens uppdrag att granska SKB:s ansökan mot lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet (kärntekniklagen) och bereda ansökan om tillstånd för kärnteknisk verksamhet inför regeringsbeslut.

Denna rapport innehåller preliminära resultat från myndighetens granskning av SKB:s ansökan, med särskilt fokus på företagets motivering av Forsmark som plats för att bygga slutförvaret. Rapporten berör således inte frågan om huruvida den föreslagna metoden, i samband med Forsmarks platsegenskaper, har förutsättningar för att uppfylla övriga krav på strålskydd och strålsäkerhet.

SKB presenterade sina planer för arbetet med platsval för ett slutförvar för använt kärnbränsle i början av 90-talet. Regeringen ställde riktlinjer för hur platsvalsarbetet skulle genomföras. Processen genomfördes först med förstudieskedet vilket resulterade i detaljerade platsundersökningar i två kommuner, Oskarshamn (Simpevarp/Laxemar) och Östhammar (Forsmark). Det slutliga valet av Forsmark som SKB:s föredragna plats i ansökan om tillstånd för slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall gjorde SKB 2009.

De omfattande studier som krävs för att genomföra en platsvalprocess enligt de förutsättningar som gäller i detta fall tar tid. Sedan början av 90-talet har det skett förändringar i de tillämpliga lagstiftningarna samt föreskrifterna. SKB:s och myndighetens kunskap om tekniska kriterier för val av plats har mognat med erfarenhet och efter resultat från utredningar och säkerhetsanalyser. SKB:s förståelse för myndigheternas krav har också förändrats och utvecklats. Samtidigt har Strålsäkerhetsmyndighetens förståelse för kritiska frågor i samband med slutförvarskonceptet utvecklats.

Kunskap om KBS-3-systemet samt förståelse av relevans och vikt för olika platsrelaterade egenskaper har därmed utvecklats under perioden sedan förstudieskedet. SKB hade vid den tidpunkten inte tagit fram en omfattande beskrivning av de säkerhetsfunktioner och relaterade indikatorer som används i den långsiktiga säkerhetsanalysen. Strålsäkerhetsmyndigheten konstaterar att balansen mellan de olika relevanta platsspecifika faktorerna som hör till platsvalfrågan därför ser annorlunda ut idag jämfört med hur den såg ut år 2000.

Strålsäkerhetsmyndigheten (genom de tidigare myndigheterna SSI och SKI) har under processen efterlyst en tydligare redovisning och värdering av platsvalsstyrande faktorer från SKB. SKB förtydligade vilka platsvalsstyrande faktorer som beaktades, men myndigheterna ansåg att frågan om eventuella fördelar med långa strömningsvägar förknippade med inlandslokaliseringar inte i ett tidigt skede vägdes in i platsvalsprocessen. Ytterligare utredningar av ett inlandsalternativ efterfrågades därför av de dåvarande myndigheterna SSI och SKI. Regeringen angav att den utgick från att SKB skulle överväga myndigheternas synpunkter i den fortsatta processen om ett möjligt inlands-läge (Hultsfreds kommun).



En jämförelse av de långsiktiga strålsäkerhetsrelaterade för- och nackdelarna för de olika alternativen ska vara central i en bedömning av lämplighet för lokalisering. Denna grundläggande princip är utgångspunkt för de preliminära bedömningarna av myndigheten som redovisas i denna rapport.



1. Kravbild kopplad till platsvalet

Bedömning av val av plats för omhändertagande av det använda kärnbränslet prövas mot krav som följer av strålskyddslagen (1988:220), lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet (kärntekniklagen) samt miljöbalken (1998:880).

Genom att de båda speciallagstiftningarna inom området är s.k. ramlagar har myndigheten tagit fram föreskrifter i vilka strålskydds- och säkerhetskraven utvecklas (se avsnitt 1.1). Utöver dessa särskilda krav ska enligt 5 b § kärntekniklagen även bestämmelserna i 2 kap. miljöbalken (allmänna hänsynsregler) tillämpas vid prövningen (se avsnitt 1.2).

I avsnitt 1.3 ges en beskrivning av Strålsäkerhetsmyndighetens övergripande angreppssätt i bedömningen av SKB:s platsval mot den samlade kravbild.

1.1 Krav enligt kärntekniklagen och strålskyddslagen

Även om det i flera av Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter ställs krav som, åtminstone indirekt, kan påverka platsvalet, är det i första hand två föreskrifter som specifikt adresserar det slutliga omhändertagandet av använt kärnbränsle, dels föreskrifter (SSMFS 2008:21) om säkerhet vid slutförvaring av kärnämne och kärnavfall, dels föreskrifter (SSMFS 2008:37) om skydd av människors hälsa och miljön vid slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle och kärnavfall. Till respektive föreskriftssamling har myndigheten också tagit fram allmänna råd om föreskrifternas tillämpning.

I SSMFS 2008:21 ställs krav på de system av barriärer som ska svara för slutförvarets säkerhet, i vilka den geologiska barriären, d.v.s. den valda platsen ingår. Av kraven framgår att barriärerna ska vara passiva (2§) och att de till sin funktion på ett eller flera sätt ska medverka till att innesluta, förhindra eller fördröja spridning av radioaktiva ämnen (3§), att barriärsystemet ska ha en tålighet mot sådana förhållanden, händelser och processer som kan påverka barriärernas funktion (5§), att barriärsystemet ska konstrueras och utföras med hänsyn till bästa möjliga teknik (6§) samt att barriärsystemet ska innehålla flera barriärer så att så långt det är möjligt nödvändig säkerhet upprätthålls trots enstaka brist i en barriär (7§). Att kravet på användande av bästa möjliga teknik ska tillämpas förklaras i SSMFS 2008:21 genom hänvisning till miljöbalken.

I SSMFS 2008:37 ställs krav på ett slutförvars lokalisering, konstruktion och utförande tillsammans med ett funktionskrav i form av ett riskkriterium för bedömning av påverkan på människors hälsa. Kraven som bl.a. syftar till lokaliseringen av ett slutförvar uttrycks genom att ställa krav på att optimering ska ske och att hänsyn ska tas till bästa möjliga teknik (4§).

I allmänna råden till bl.a. 4 § SSMFS 2008:37 anges att optimering av ett slutförvar innebär att åtgärder bör utvärderas med utgångspunkt från beräknade risker. Tillämpning av bästa möjliga teknik i samband med slutförvaring innebär 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. För fall där de beräknade riskerna är behäftade med stora osäkerheter, t.ex. vid analyser av slutförvaret lång tid efter förslutning, eller analyser som görs i ett tidigt skede av utvecklingsarbetet med slutförvarssystemet, bör större tyngd läggas på bästa möjliga teknik.

1.2 Krav enligt miljöbalken

De allmänna hänsynsreglerna (2 kap. miljöbalken) syftar ytterst till att miljöbalkens mål i enlighet med 1 kap. miljöbalken uppnås. Bestämmelserna enligt 2 kap. miljöbalken innehåller ett flertal övergripande bestämmelser som berör utveckling av verksamheter som täcks av lagstiftningen, detta gäller såväl de försiktighetsåtgärder som följer av 3 § liksom lokaliseringsprincipen enligt 6 §.

Av 2 kap. 6 § framgår att för en verksamhet eller åtgärd som tar i anspråk ett mark- eller vattenområde ska det väljas en plats som är lämplig med hänsyn till att ändamålet ska kunna uppnås med minsta intrång eller olägenhet för människors hälsa och miljön. Av 2 kap 3 § framgår att alla som bedriver eller avser att bedriva en verksamhet ska utföra de skyddsåtgärder, iakttä de begränsningar och vidta de försiktighetsmått som behövs för att förebygga, hindra eller motverka att verksamheten medför skada eller olägenhet för människors hälsa och miljön. Vidare anges att bästa möjliga teknik ska användas vid yrkesmässig verksamhet. Försiktighetsmått ska vidtas så snart det finns skäl att anta att en verksamhet kan medföra skada eller olägenhet.

Dessa krav begränsas dock av att verksamhetens ändamål ska kunna uppnås. Vidare innebär den skälighetsavvägning som ska göras enligt 2 kap. 7 § att orimliga krav inte bör ställas på verksamhetsutövaren med hänsyn till den effekt skyddsåtgärderna och försiktighetsmått kommer att ha för miljön i relation till kostnaderna för att genomföra åtgärderna.

Vid prövning av ärenden om tillstånd enligt kärntekniklagen ska även en miljökonsekvensbeskrivning (i enlighet med 6 kap. miljöbalken) upprättas i samband med ansökan. Detta kapitel i miljöbalken ställer bl.a. krav på en redovisning av alternativ lokalisering samt krav på samråd kring lokalisering inför upprättande av miljökonsekvensbeskrivningen.

1.3 Strålsäkerhetsmyndighetens angreppssätt vid bedömning om platsval

Lokalisering förknippas med bästa möjliga teknik på ett mer explicit sätt i Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter om det slutliga omhändertagandet av använt kärnbränsle än vad som görs i miljöbalken. Det återspeglar den särskilda karaktären hos geologisk slutförvaring som en industriell verksamhet. Bergegenskaper och relaterade faktorer bidrar till ett slutförvars barriärfunktioner och kan avsevärt påverka andra aspekter av anläggningens utformning. Med andra ord bidrar val av plats för ett slutförvar direkt till att "förebygga, hindra eller motverka att verksamheten medför skada eller olägenhet för människors hälsa och miljön" (2 kap 3 § miljöbalken).



Att välja en plats som är ”lämplig med hänsyn taget till att ändamålet ska kunna uppnås med minsta intrång och olägenhet för människors hälsa och miljön (2 kap. 6 § miljöbalken) kräver därför att gynnsamma egenskaper identifieras med avseende på slutförvarskonceptet. Till skillnad från vissa andra typer av verksamheter vars lokalisering är beroende av geologiska egenskaper (t.ex. utvinningsindustrier, geotermiska energikällor, m.m.), är lokalisering av ett slutförvar däremot inte begränsad på samma sätt av att det finns en viss geologisk resurs, såsom brytbara mineraltillgångar, vid en särskild plats.

I praktiken har SKB:s platsvalsprocess genomförts enligt förutsättningar, såsom frivillighetsprincipen, vilka väsentligt har begränsat antalet alternativ från vilka en föredragen plats har valts (se avsnitt 2). Strålsäkerhetsmyndigheten och dess föregångare har under olika skeden i processen, konsekvent med föreskrifternas hänvisning till bästa möjliga teknik i samband med lokalisering, betonat principen om att lämplighet bör avgöras i första hand utifrån det långsiktiga strålskyddet och säkerheten. Därefter ska platsens lämplighet bedömas i konkurrens med andra intressen och behovet av att åtgärden kommer till stånd.

Som exempel kan nämnas att i granskningen av SKB:s val av platser för detaljerade platsundersökningar lämnade Statens strålskyddsinstitut (SSI) synpunkter på hur faktorer av betydelse för strålskyddet på kort och lång sikt hade viktats mot de industriella och samhällsliga fördelarna som närheten till kärnkraftsanläggningar medför (SSI, 2001). SSI var kritisk till SKB:s omstrukturering av lokaliseringsfaktorer vilket, enligt myndighetens bedömning, hade bidragit till att fördelar som närhet till kärntekniska anläggningar och lokal opinion från industrietableringssynpunkt och samhällsekonomiska faktorer hade getts för stor vikt i förhållande till möjligheten för att minimera de långsiktiga konsekvenserna för människors hälsa och miljön. SSI menade att de stora strålsäkerhetsmässiga skillnader som SKB:s då aktuella säkerhetsanalys pekade på i en utvärdering av olika hypotetiska platser inte kunde bortses ifrån och att ”... om flera platser sammantaget kan bedömas lämpliga bör den plats som bäst kan förväntas uppfylla kriterierna för den långsiktiga säkerheten ingå bland de platser som väljs för platsundersökningar, även om den bedöms vara sämre ur andra aspekter”.

Likaså konstaterade Statens kärnkraftinspektion (SKI) i sin motsvarande granskningsrapport (SKI rapport 01:20) att SKB:s jämförelse mellan de utvalda områdena saknade en systematisk sammanställning och bedömning av de geologiska förutsättningarna, och därmed en värdering av strålsäkerhetsrelaterade för- och nackdelar, för de olika alternativen.

En sådan inriktning på strålsäkerhetsfaktorer i val av plats måste samtidigt beakta de praktiska begränsningarna för att genomföra de jämförelser som behövs. I ett tidigt skede av lokaliseringsprocessen, när information från platsundersökningar ännu inte har erhållits, är det inte möjligt att jämföra olika platser baserat på en fullständig säkerhetsanalys. Däremot bör det vara möjligt att göra plats-specifika bedömningar av vissa frågor redan utifrån existerande uppgifter om de olika platserna. I ett senare skede, när mer detaljerad information från platsundersökningar föreligger, kan värderingen mot tillämpningen av bästa möjliga teknik kompletteras med en mer kvantitativ optimeringsanalys.



I det som följer är myndighetens granskning och bedömning av platsvalet indelat i två huvuddelar. Efter en kort redogörelse för de förutsättningar som har varit aktuella i platsvalprocessen görs först en bedömning av SKB:s bortval av platser inför detaljerade platsundersökningar. Sedan bedöms SKB:s slutliga val av Forsmark i förhållande till Laxemar.



2. Förutsättningar för platsvalsprocessen

Frågan om hur och var det svenska använda kärnbränslet slutligt ska omhändertas aktualiserades under 1970-talet. I det tidigaste skedet av lokaliseringsfrågan låg fokus på att öka förståelsen kring den svenska bergrunden bl.a. i syfte att bedöma om slutförvaring av använt kärnbränsle kan vara en möjlig lösning på avfallsfrågan.

De första geologiska studierna genomfördes under perioden 1973-1976 på uppdrag av Sveriges Geologiska Undersökning (SGU). Som en följd av riksdagens beslut om den s.k. villkorslagen (1977:140) ingick även resultaten från dessa undersökningar som ett underlag för beslut om laddningstillstånd av ett flertal reaktorer. Med initierande av KBS-projektet och det påföljande bildandet av SKB av kärnkraftföretagen genomfördes därefter en serie platsundersökningar vilka även inkluderade provborringar, i olika grad av omfattning i ett antal områden med olika geologiska förutsättningar (de s.k. typområdesundersökningarna).

Karaktärisering av bergrunden genom vetenskapliga undersökningar kräver enbart markägarens tillstånd och fordrar således inget kommunalt godkännande. Samtidigt framgick vikten av lokal acceptans i lokalisering av ett eventuellt slutförvar tydligt av protester från allmänheten mot karaktäriseringsarbetet på flera av de platser där typområdesundersökningarna skedde. Således när SKB presenterade sina planer för det egentliga arbetet med platsval i början av 90-talet (SKB Fud-Program 92) – en stegvis lokaliseringsprocess med förstudier, platsundersökningar och detaljundersökning – ansågs frivilligt engagemang av de berörda kommunerna vara en grundläggande förutsättning.

Frivillighetsprincipen blev inte ifrågasatt av de dåvarande myndigheterna med huvudansvar för granskning av SKB:s program, SKI och SSI, inte heller av regeringen. I beslutet över kompletteringen av redovisningen av Fud-program 1992 (Regeringsbeslut 11, 1995-05-18) angav regeringen riktlinjerna för hur platsvalsarbetet skulle genomföras. Regeringen angav att tillståndsansökningarna ”... bör innehålla material för jämförande bedömningar som visar att platsanknutna förstudier i enlighet med SKB:s redovisning bedrivits på mellan 5 – 10 platser i landet och att platsundersökningar bedrivits på minst två platser samt skälen för valet av dessa platser”.

SKI och SSI liksom flera remissinstanser efterlyste i granskningen av Fud-program 1995 (SKI rapport 96:48) en tydlig redovisning av hur SKB avsåg att välja områden för platsundersökningar. Regeringen angav därefter (Regeringsbeslut 25, 1996-12-19) att berörda kommuner bör ha tillgång till SKB:s samlade redovisning av översiktsstudier, förstudier och annat bakgrundsmaterial och jämförelsematerial innan platsvalsprocessen kan övergå i platsundersökningar på minst två platser. Av redovisningen skulle det framgå vilka faktorer som styr valet av en lämplig plats. I detta ombads SKB redovisa ”... konsekvenserna av en kustnära förläggning respektive en inlandsförläggning av förvaret samt konsekvenserna av en förläggning i norra respektive södra Sverige”. I samma beslut ställde regeringen även krav på att en säkerhetsanalys av slutförvarets långsiktiga säkerhet och strålskydd skulle vara genomförd innan platsundersökningar inleddes.



Inför SKB:s val av platser för detaljerade undersökningar påpekade regeringen i beslutet över redovisning av Fud-program 1998 (Regeringsbeslut 1, 2000-01-24) vikten av att detta "... baseras på ett bra och likvärdigt underlag, så att de platser som väljs ut för mer ingående studier uppfyller bl.a. erforderliga säkerhets- och miljökrav". Vidare begärde regeringen att SKB skulle redovisa en samlad utvärdering av slutförda förstudier och övrigt underlag för val av platser för platsundersökningar. Regeringen beslutade också att SKB skulle redovisa ett tydligt program för platsundersökningar.



3. Identifiering och jämförelse av platser inför detaljerade platsundersökningar

3.1 Process för val av platser för platsundersökningar

Under perioden 1992 – 2000 fördes diskussioner med ett tjugotal kommuner och i åtta kommuner genomfördes förstudier. Syftet med de förstudier som SKB slutförde, på basis av i huvudsak befintligt underlag, var att bedöma om det fanns förutsättningar för vidare lokaliseringsstudier för ett slutförvar i den aktuella kommunen. Relevanta lokaliseringsfaktorer sorterades i fyra rubriker: Säkerhet, Teknik, Mark och miljö samt Samhälle. I förstudien pekade SKB ut de delar av kommunen som bedömdes som mest intressanta ur ett lokaliseringsperspektiv.

Parallellt med detta arbete genomfördes andra typer av lokaliseringsutredningar, bland annat länsvisa översiktsstudier, för- och nackdelar med en lokalisering till norra respektive södra Sverige samt förläggning vid kusten eller i inlandet. De länsvisa översiktsstudierna genomfördes för samtliga län, förutom Gotland, och fokuserade i första hand på de geologiska förhållandena, men inbegrep även översiktliga kartläggningar av natur- och kulturskyddade områden, befintlig industri och transportförutsättningar. Vid den samlade bedömningen om områdets lämplighet var berggrundens sammansättning, malmpotential och förekomst av deformationszoner de viktigaste faktorerna. Tidigare hade SKB konstaterat att de geologiska förhållandena i fjällkedjan, delar av Skåne och Gotland var olämpliga för ett slutförvar (SKB, 1995).

SKB:s slutsats från jämförelserna mellan nord-syd/kust-inland var att det inte går att förorda varken de norra eller södra delarna av landet. SKB konstaterade att det finns skillnader i grundvattenförhållandena mellan kust och inland, men angav att bedömningar om en plats lämplighet måste grundas på studier i konkreta områden (SKB R-98-16).

Efter regeringsbeslutet över Fud-program 95 (Regeringsbeslut 25, 1996-12-19) presenterade SKB en analys av ett slutförvars långsiktiga strålskydd och säkerhet, SR-97 (SKB TR-99-06). Som underlag för analysen användes data från tre av de typområdesundersökningar som gjorts under 1980-talet, dels vid Äspö (kallad A-berg i SR-97), dels vid Finnsjön (B-berg), dels vid Gideå (C-berg). SR-97 syftade bland annat till att precisera de faktorer som låg till grund för val av områden för platsundersökningar samt vilka parametrar som behövde bestämmas i samband med platsundersökningsskedet.

I kompletteringen av Fud-program 1998 (den s.k. Fud-K) redovisade SKB år 2000 en sammanställning av resultaten från de förstudier som hade gjorts och sitt val av platser för platsundersökningar (SKB, 2000). Förstudier hade gjorts i åtta kommuner, av vilka Storuman och Malå beslutat att avbryta fortsatt deltagande efter folkomröstningar.

I utvärderingen av lokaliseringsfaktorer i Fud-K hade SKB ändrat sortering till tre huvudområden från tidigare fyra: Berggrunden, Industrietableringen och Samhällsfrågan. SKB konstaterade att såväl Simpevarp (i Oskarshamns kommun) och Forsmark (i Östhammars kommun) har tydliga förde-



lar från etablerings- och samhällssynpunkt och bedömdes ge de bästa möjligheterna att etablera slutförvaret med minsta möjliga intrång och olägenhet. De bedömdes även ha god prognos vad gäller berggrunden.

För ett robust program, menade SKB, att fortsatta lokaliseringsstudier borde inkludera fler alternativ och föreslog att undersökningar också skulle genomföras i Tierp norra (i Tierps kommun) samt att vissa kompletterade studier också skulle göras för Skavsta/Fjällveden (i Nyköpings kommun). Övriga lokaliseringsalternativ (Hultsfred, Oskarshamn Södra samt Hargshamn i Östhammars kommun) erbjöd enligt SKB inga uppenbara fördelar ur aspekten geologisk bredd, men platserna kunde eventuellt bli intressanta om de valda platserna inte uppfyllde kraven, eller av annan anledning föll ifrån. Strax efter SKB:s tillkännagivande meddelade kommunfullmäktige i Nyköpings kommun den 8 maj 2001 att undersökningsarbetet i kommunen skulle upphöra.

I beslutet över Fud-K angav regeringen att man inte hade några invändningar mot att SKB inledde platsundersökningar inom de tre områdena Simpevarp, Forsmark och Tierp norra (Regeringsbeslut 22, 2001-11-01). Vidare angavs att *"Regeringen utgår från att bolaget överväger de synpunkter som framkommit under granskningen av bolagets underlag för val av platser för platsundersökningar"* och att de dåvarande myndigheterna hade anfört att SKB *"inte bör utesluta Hultsfred från platsvalsprogrammet innan vissa frågeställningar av geohydrogeologisk art har utretts ytterligare"*. Regeringen betonade också att detta ställningstagande inte föregriper prövningen av kommande tillståndsansökning enligt kärntekniklagen och miljöbalken.

Oskarshamns och Östhammars kommun ställde sig bakom att undersökningar inleddes i kommunerna, medan Tierps kommun strax därefter valde att dra sig ur processen. Medan platsundersökningarna vid Forsmark huvudsakligen var koncentrerade vid ett område sydost om kärnkraftverket syftade de inledande undersökningarna i Oskarshamns kommun till att identifiera ett lämpligt område för vidare studier. Det konstaterades att det ursprungliga området vid Simpevarp var begränsat och SKB sökte sig därför västerut i området runt de tidigare undersökningsborrhålen i Laxemar.

3.2 SKB:s redovisningar i ansökan

I bilaga PV (SKB R-10-42) samt i bilaga K:2 till miljöbalksansökan (Ämnesvisa svar på kompletteringsönskemålen) redogör SKB för studierna samt beslutsprocessen före inledandet av platsundersökningar vid Forsmark och Laxemar. En sammanfattning av SKB:s arbete med lokalisering ges även i miljökonsekvensbeskrivningen.

SKB konstaterar att en huvudslutsats från typområdesundersökningarna och andra studier av berggrunden under perioden fram till 1985 var att lämpliga, respektive mindre lämpliga, områden inte kan hänföras till någon speciell landsdel eller någon speciell geologisk miljö inom urbergsområdet. I stället är det lokala förhållanden som har störst betydelse. Med hänvisning till de senare kompletterande översiktsstudierna drar SKB även slutsatsen att det inte går att påvisa någon systematisk skillnad mellan kust



och inlandslägen vad gäller förekomsten av gynnsamma faktorer såsom strömningsförhållanden. Således är det enligt SKB inte möjligt, även om grundvattenströmningen från ett hypotetiskt förvarsläge kan innefatta regionala komponenter som kännetecknas av (t.ex.) långa och långsamma strömningsvägar, att med rimliga insatser verifiera sådana förhållanden, med tillräcklig tillförlitlighet för att de ska kunna tillskrivas någon säkerhetsfunktion för ett slutförvar (SKB R-10-42).

SKB:s redovisningar innefattar också en beskrivning av de värderingar som gjordes i valet av plats för platsundersökningar, förenligt med det som lämnades in i samband med komplettering av Fud-program 1998 (SKB, 2000). I kompletterande kommentarer (bilaga K:2 till miljöbalksansökan) understryker SKB att *"en vägledande princip har varit att den plats som väljs ska ge goda förutsättningar för att på ett robust sätt åstadkomma ett slutförvar som uppfyller kraven på strålsäkerhet"*. Denna princip tolkas av SKB (tillsammans med frivillighetsprincipen) som grundkrav i lokaliseringsarbetet.

SKB menar att ett sådant grundkrav inte kan bli föremål för någon inbördes viktning. Eftersom förhållanden i berggrunden med avgörande betydelse för att uppnå strålsäkerhet på lång sikt bedömdes ha goda förutsättningar att uppfylla kraven för ett slutförvar hos samtliga åtta lokaliseringalternativ var sådana faktorer inte viktade i avvägningen som ledde till det ursprungliga valet av Simpevarp, Forsmark och Tierp. SKB framhåller att de bedömningar som i det skedet kunde göras av faktorer kopplade till bergets egenskaper var preliminära (till största delen utan borrhålsundersökningar). De avsevärda osäkerheterna beträffande bergförhållandena framställs som betydelsefulla i SKB:s beslut att inte försöka jämföra för- och nackdelar mellan de olika alternativen från ett strålsäkerhetsperspektiv. I stället menar SKB att sådana osäkerheter var huvudskälet till att SKB:s förslag till program för fortsatta studier (inklusive platsundersökningar) innefattade alternativ som *"bidrog till en god bredd med avseende på de geologiska miljöer som urvalsunderlaget representerade"*.

SKB har även kompletterat sin ansökan med en redovisning av bolagets motivering i den specifika frågan om bortvalet av Hultsfreds kommun inför platsundersökningarna (bilaga K:2 till miljöbalksansökan). I denna komplettering tas även den allmänna frågan upp om huruvida ett förvarsläge i inlandet skulle kunna ha bidragit avsevärt till en god bredd i de fortsatta studierna. Frågan återspeglar kommentarer från Strålsäkerhetsmyndigheten och dess föregångare (se t.ex. SKI Rapport 01:20) kring möjligheten om att långa djupa flödesvägar med mycket låga flödes hastigheter, tillsammans med låga salthalter hos grundvattnet på platser belägna över högsta kustlinjen, kan ge strålsäkerhetsmässiga fördelar på lång sikt med avseende på en minskning av beräknat utsläpp till den ytnära miljön.

SKB förklarar att platsundersökningsprogrammet kompletterades med ytterligare utredningar avseende regional grundvattenströmning och betydelsen av vattnets salthalt. Ett flertal rapporter om hydrogeologiska betingelser, storregionala flödesmönster och eventuella platser som skulle kunna uppvisa fördelaktiga förhållanden i östra Småland togs fram (SKB R-98-16, SKB R-00-12, SKB R-03-01, SKB R-03-23, SKB R-03-24, SKB R-06-64, SKB R-10-43). Beträffande grundvattnets salthalt menar SKB att de salthalter som konstaterats i kustnära lägen, inklusive Laxemar och Fors-



mark, inte är så höga att funktionen hos de tekniska barriärerna riskerar att påverkas negativt. Däremot finns frågetecken kopplade till om halterna i andra geografiska lägen kan bli för låga med avseende på potentialen för buffererosion.

SKB förtydligar i kompletteringen (bilaga K:2 till miljöbalksansökan) att de områden som blev föremål för närmare undersökningar i förstudien, Hultsfred västra och Hultsfred östra inte uppvisar fördelaktiga hydrogeologiska betingelser med avseende på långa strömningstider förutom ett kvadratkilometer stort område, vilket inte skulle inrymma ett slutförvar. Det område som utpekats i den storregionala hydromodelleringen med eventuella fördelaktiga förhållanden, sydost om Hultsfred (SKB R-10-43), ligger i stället i de västra delarna av Oskarshamns kommun. SKB framför vidare att en del av skillnaderna i transporttider, som visar sig i modelleringssstudien för detta område, härrör från antagandet av en betydligt lägre hydraulisk konduktivitet. I den översiktliga bergartskartering som ligger till grund för modelleringen klassas området som gabbro, en bergart som generellt sett uppvisar lägre hydraulisk konduktivitet än granitiska bergarter.

I rapporten om storregional grundvattenmodellering (SKB R-10-43) samt i kompletteringen till miljöbalksansökan (bilaga K:2) resonerar SKB att det är tveksamt om gabbro (delvis ultrabasisisk diorit, amfibolit) från ett tekniskt perspektiv skulle uppfylla alla kriterier för en bergart som är lämplig för byggandet av ett slutförvar. Argumentet bygger på resultat från tidigare studier (SKB TR-92-25) där frågor togs upp kring bergartens termiska konduktivitet, vilken medför att ett slutförvar blir större i gabbro jämfört med granit. Detta tillsammans med behovet av att kunna anpassa ett eventuellt slutförvar till plats specifika faktorer som geometrisk form, förekomst av sprickzoner, gångbergarter m.m. ledde till slutsatsen att det skulle vara svårt att finna kroppar av gabbro som var tillräckligt stora för att rymma ett slutförvar. SKB anger att resultat från förstudien i Oskarshamn (SKB R-98-56) visade att förekomsten av diorit och gabbro i området sydost om Hultsfred är små och oregelbundna. I rapporten bedömde SGU på grundval av befintlig information vid denna tidpunkt att området var "mindre intressant".

SKB drar därför slutsatsen att även om området i Oskarshamns kommun sydost om Hultsfred skulle vara gynnsamt ur aspekten regionalt grundvattenflöde så bedöms det förmodligen som ogynnsamt när bedömningen inkluderar andra faktorer såsom geologi och hydrokemiska förhållanden. SKB:s sammantagna slutsats i kompletteringen är att varken området beläget i Oskarshamns kommun eller de tidigare identifierade områdena i Hultsfreds kommun erbjuder några uppenbara strålsäkerhetsmässiga fördelar jämfört med Laxemar och att det inte framkommit något som tyder på att inlands lägen skulle ge några verifierbara fördelar jämfört med kustnära lägen.

3.3 Strålsäkerhetsmyndighetens bedömning

Strålsäkerhetsmyndigheten konstaterar att SKB:s platsvalprocess skedde i enlighet med de grundläggande förutsättningarna (se avsnitt 2) som definierades genom framtagande och granskning av Fud-programmet (dvs. fri-



villighetsprincipen, antal förstudier, genomförande av säkerhetsanalys, publicering av beslutsunderlag, antal platser för detaljerade undersökningar, m.m.). En motsvarande bedömning gjordes av regeringen i samband med beslutet över SKB:s kompletterande redovisning av Fud-program 1998 (Fud-K) (Regeringsbeslut 22, 2001-11-01).

SKB:s resonemang vid valet av plats för platsundersökningar (SKB, 2000) om att strålsäkerhetsmässiga faktorer inte kunde bli föremål för någon inbördes viktning i valet mellan de åtta lokaliseringalternativen blev dock inte fullt accepterat, varken av de dåvarande granskningsmyndigheterna eller av regeringen (se avsnitt 3.1).

Strålsäkerhetsmyndigheten konstaterar att de dåvarande myndigheternas synpunkter på SKB:s val av plats inför detaljerade platsundersökningar motiverades av principen om att lämplighet bör avgöras i första hand (så långt som möjligt) utifrån det långsiktiga strålskyddet och säkerheten. Samma princip ligger till grund för myndighetens krav i nuvarande föreskrifter avseende lokalisering av slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle och kärnavfall (avsnitt 1.1).

Såsom nämnts tidigare måste föreskrifternas inriktning på vikten av strålsäkerhetsfaktorer i val av plats vägas tillsammans med de praktiska begränsningarna för att genomföra de jämförelser som behövs. Medan det å ena sidan är rimligt för SKB att hävda att avsevärda osäkerheter är oundvikligt förbundna med kunskap om bergförhållanden utan en detaljerad platsundersökning, bör det å andra sidan vara möjligt att göra platsspecifika bedömningar av vissa frågor redan utifrån existerande uppgifter om de olika platserna. I en sådan övervägning handlar frågan om ifall man med de för ett KBS-3-förvar givna säkerhetsfunktionerna kan uppnå en fördel om man beaktar olika platsspecifika för- och nackdelar med de osäkerheter som de innefattar.

Beaktande av sådana faktorer som berggrundskarteringar, topografiska data och uppgifter från brunnarsarkivet var inte tydligt i SKB:s bortval av Hultsfred inför platsundersökningarna och detta blev grund för de dåvarande myndigheternas kritik. Samtidigt har kunskap om KBS-3 systemet (t.ex. med hänsyn till de olika faktorerna som kan påverka buffererosion) samt relevans och vikt av olika geologiska egenskaper utvecklats under perioden sedan förstudieskedet. I själva verket hade SKB vid denna tidpunkt inte tagit fram en omfattande beskrivning av de säkerhetsfunktioner och relaterade indikatorer som används i den långsiktiga säkerhetsanalysen (SKB TR-11-01). Strålsäkerhetsmyndigheten konstaterar att balansen mellan de olika relevanta platsspecifika faktorerna delvis ser annorlunda ut idag jämfört med hur den såg ut år 2000.

Frågorna om in- och utströmning samt salthalt har följts upp inom ramen för Fud-programmet i anslutning till regeringens beslut över Fud-K och att regeringen gav sitt klartecken för SKB att fortsätta arbetet med platsundersökningar. Som anges ovan (avsnitt 3.2) publicerade SKB ett flertal rapporter med ytterligare utredningar avseende regional grundvattenströmning och betydelsen av vattnets salthalt. Den sista av dessa rapporter, en känslighetsstudie avseende storregional grundvattenmodellering med fokus på eventuella platser som skulle kunna uppvisa fördelaktiga förhållanden (SKB R-10-43), slutfördes relativt kort innan ansökan lämnades in. Rap-



portens resultat har därmed haft en begränsad roll i platsvalsprocessen, men bidrar ändå med underlag till myndighetens bedömning av SKB:s bortval av Hultsfred vid slutet av förstudieskedet.

En central fråga vid Strålsäkerhetsmyndighetens bedömning av kravuppfyllelsen under förstudieskedet är därför om något område inom Hultsfreds kommun eller det senare angivna området i den västra delen av Oskarshamns kommun sammantaget pekar på tydliga fördelar avseende det långsiktiga strålskyddet och säkerheten jämfört med Forsmark. Jämförelsen görs med dagens kunskap avseende KBS-3-systemets barriärfunktioner tillsammans med kunskap om bergförhållanden som inte har förändrats sedan förstudieskedet.

3.3.1 Hultsfred som alternativ lokalisering

Hydrogeologi

SKB pekar på att en inlandslokalisering inte behöver vara fördelaktig ur ett hydrogeologiskt perspektiv. Strålsäkerhetsmyndigheten instämmer i slutsatsen att en inlandslokalisering i sig inte avgör en plats lämplighet i frågan om hydrogeologi. Däremot bedömer myndigheten att det med modelleringsinsatser är möjligt att få en förståelse för vilka faktorer som har betydelse för att få strömningsvägar med stor fördröjning vid en inlandsförläggning. Förutom topografin som via grundvattenytans gradienter styr flödesmönstret styrs flödes hastigheterna också av den hydrauliska konduktiviteten och porositeten. Därmed kan olika lokaliseringars förutsättningar för fördelaktiga hydrogeologiska betingelser uppskattas.

Strålsäkerhetsmyndigheten bedömer att SKB under 2000-talet har gjort omfattande modelleringsinsatser kring betydelsen av lokaliseringen i förhållande till storregionala strömningsmönster och vattnets uppehållstid från ett hypotetiskt slutförvar till en ytvattenrecipient. Det utpekade området sydost om Hultsfred som SKB har tolkat som särskilt hydrogeologiskt fördelaktigt (SKB R-10-43) överlappar med det område som jämfördes med Laxemarområdet i en tidigare utredning på uppdrag av SSI (SSI Rapport 2007:11, bilaga 2). SSI:s utredning syftade till en utvärdering av SKB:s redovisade storregionala modellering (SKB R-06-64).

Både SKB:s och SSI:s resultat pekar på att fördelningen av uppehållstiderna från ett tänkt slutförvar i området till ytvattenrecipienten kan vara förskjutet upp till ungefär två storleksordningar jämfört med Laxemar och därmed förefaller vara fördelaktigt ur hydrogeologisk synvinkel. Det område som de uppdaterade modelleringarna identifierar ligger dock inte i Hultsfreds kommun, utan i den västra delen av Oskarshamns kommun, någon kilometer från gränsen till Hultsfreds kommun. Även om detta inte förändrar sakfrågan i sig innebär dessa resultat att frågan i strikt mening rör val av område för platsundersökning i Oskarshamns kommun, snarare än bortvalet av Hultsfreds kommun.

Strålsäkerhetsmyndigheten anser att kriteriet som används av SKB i sin känslighetsstudie baserad på storregional grundvattenmodellering, dvs. kriterierna som filtrerar ut de platser som har såväl de längsta flödestiderna som de minsta flödena på försvarsdjup och de längsta flödesvägarna (SKB R-10-43) pekar på platserna som kan förväntas vara de gynnsammaste ur hydrogeologisk synvinkel. Kriterierna är förenliga med de säkerhetsfunkt-



ioner relaterade till inneslutning och fördröjning som SKB lägger till grund för analysen av långsiktigt strålskydd och säkerhet. Dessa säkerhetsfunktioner presenteras i SKB:s huvudrapport om den långsiktiga säkerhetsanalysen (SR-Site, SKB TR-11-01, figurer 8-2 och 8-3) och innefattar säkerhetsfunktionsindikatorerna högt transportmotstånd och låg ekvivalent flödes hastighet i gränsytan mellan bufferten och berget. De tre faktorerna fördelning av grundvattenflöden på förvarsdjup, längsta flödestiderna till ytan och de längsta flödesvägarna framstår i SR-Site enligt Strålsäkerhetsmyndighetens tolkning som viktigast när det gäller hydrogeologisk påverkan på barriärfunktioner och slutförvarets långsiktiga strålsäkerhet.

När det gäller barriärfunktionen isolering påverkar grundvattenflödes hastigheter i olika deponeringshål dels bufferterosionshastigheter i samband med exponering för utspädda grundvatten ($I < 4$ mM), dels genom kapselkorrosionshastigheten. Både erosionshastigheter och korrosionshastigheter är alltså en funktion av fördelningen av grundvattenflödes hastigheterna vid deponeringshålen. De betydande skillnaderna mellan antalet kapselbrott som beräknas av SKB i jämförelsen mellan Laxemar och Forsmark (SKB TR-10-54, se även avsnitt 4.1 nedan) kan härledas till skillnader i fördelningen av grundvattenhastigheter och antal deponeringspositioner som är i kontakt med det flödande nätverket. Strålsäkerhetsmyndigheten anser att detta på ett tydligt sätt illustrerar vikten av grundvattenflödes hastigheterna på förvarsdjup för platsens lämplighet. De andra två hydrogeologiska faktorerna, flödestider och flödesvägarnas längd för flöde från deponeringshål till ytan, påverkar enligt Strålsäkerhetsmyndighetens tolkning av SKB:s beräkningar inte direkt förutsättningarna för barriärfunktionen isolering, utan påverkar i första hand barriärfunktionen fördröjning.

När det gäller barriärfunktionens fördröjning pekar SKB:s känslighetsanalys (SKB TR-10-50 avsnitt 4.4.3) på att de hydrogeologiska faktorerna flödestider och F-faktorer, som används vid beräkningarna av fördröjning, är bland de viktigaste parametrarna i analysen och för slutförvarets risk (SKB TR-10-50). Transportvägarnas längd nämns inte uttryckligen i SKB:s känslighetsanalys, men F-talet är direkt korrelerad med flödesvägarnas längd (SKB R-09-20 avsnitt 3.2.6).

SKB:s radionuklidtransportberäkningar (SKB TR-11-01) visar att sorberande radionuklider med förhållandevis kort halveringstid som Cs-137 inte påverkas nämnvärt av bergets hydrogeologiska egenskaper eftersom kombinationen rimligt goda sorptionsegenskaper och förhållandevis kort halveringstid för allt annat än extrema scenarion utesluter doskonsekvenser. Andra radionuklider med mycket lång halveringstid som I-129 påverkas i mindre utsträckning av bergets hydrogeologiska egenskaper eftersom de aktivitetsmängder som når markytan efter retardation i berget även i extremt långa transportvägar inte är tillräckligt i förhållande till tiden för avklingning. För radionuklider som enligt SKB:s beräkningar främst bidrar till beräknad dos/risk (Ra-226, Nb-94, Np-237 och Se-79) så har de hydrogeologiska parametrar som F-talet och den advektiva gångtiden en stor påverkan på beräkningsresultaten.

Strålsäkerhetsmyndigheten bedömer att grundvattenflödes hastigheterna på förvarsdjup är den centrala hydrogeologiska parametern som styr platsens lämplighet när det gäller säkerhetsfunktionen inneslutning. Samtidigt kan myndigheten konstatera att F-faktorerna, som är direkt relaterade till bar-



riärsfunktionen fördröjning, har en stor påverkan på de beräknade doskonsekvenserna och tillhörande osäkerheter.

SKB ger uttryck för att det inte med rimliga insatser är möjligt att verifiera fördelaktiga storregionala strömningsmönster med tillräcklig tillförlitlighet för att de ska kunna tillskrivas någon säkerhetsfunktion för ett slutförvar. Även om det givet osäkerheterna i storregional flödesmodellering kan vara svårt att verifiera dess strålsäkerhetsmässiga betydelse, så anser SSM att förhållanden som kan antas ha en positiv effekt ska beaktas när det gäller att visa att kraven på bästa möjliga teknik är uppfyllda.

Strålsäkerhetsmyndigheten instämmer med SKB:s slutsats att resultaten från storregional grundvattenmodellering tyder på inget av de två områden som var i fokus för förstudien Hultsfred tycks erbjuda fördelaktiga förhållanden ur hydrogeologisk synvinkel. Men baserat på SKB:s samt SSI:s tidigare utredningar bedömer myndigheten att området sydost om Hultsfred på samma grunder förefaller vara fördelaktigt.

Det finns samtidigt andra faktorer av betydelse för det långsiktiga strålskyddet och säkerheten som behöver beaktas i fråga om lämpligheten för ett slutförvar. Till detta hör, till exempel, grundvattnets egenskaper och berggrundens sammansättning och struktur. Eftersom platsen sydost om Hultsfred inte har undersökts genom platsundersökningar handlar det om att göra en motsvarande värdering som SKB gjorde när val av platser för platsundersökningar gjordes år 2000.

Grundvattenkemi

I fråga om de grundvattenkemiska betingelserna så kommer detta att kunna påverka de tekniska barriärernas beständighet och radionuklidtransporten från läckande kapslar. Vad det gäller grundvattenkemiska förhållanden finns det faktorer som talar emot områden med såväl för hög som för låg salthalt. En svårighet är att salthalten på försvarsdjup kan påverkas till följd av det långsiktiga klimatet och kommande glaciationscykler. Bedömningen av vad som är en lämplig plats behöver därför beakta betydelsen av sådana förändringar. SSM bedömer således att salthalten är en viktig faktor för att bedöma slutförvarets funktion.

Strålsäkerhetsmyndigheten instämmer också med SKB om att grundvattnet i området i såväl Hultsfreds kommun som sydost om Hultsfred på grund av läget över högsta kustlinjen inte kan uteslutas ha låga salthalter. En sammanställning som SKB gjort för ett antal platser som domineras av infiltration av meteoriska vatten visar på en grundvattenkemisk sammansättning med salthalter nära SKB:s nedre gräns för buffererosion (SKBdoc 1417006). Lägre salthalter innebär ökad risk för buffererosion och även om kriteriet för buffertens stabilitet inte underskrids i nutid innebär lägre halter mindre marginaler vid beaktande av kommande faser i förvarets utveckling där grundvattnets salthalt kan sjunka.

Strålsäkerhetsmyndigheten konstaterar liksom SKB att det saknas tillförlitliga data för att göra en helt säker bedömning i frågan om grundvattnets salthalt vid försvarsdjup med avseende på lämpligheten av inlandsalternativen, men enligt myndighetens bedömning framstår det som sannolikt att inlandsförläggningar generellt och i synnerhet förläggningar över högsta kustlinjen har lägre salthalter än kustnära förläggningar. Samtidigt bör



salthalten öka med djupet även för en inlandsförläggning. I fallet Forsmark kan förhållandevis höga salthalter kopplas till påverkan från Östersjön och särskilt infiltration av Littorinavatten som hade en högre salthalt än dagens Östersjövatten. Säkerhetsanalysen SR-Site (SKB TR-11-01) och även jämförelsen av Forsmark och Laxemar (SKB TR-10-54) visar att buffererosionsrisk kopplat till grundvattnets salthalt har stor strålsäkerhetsmässig betydelse med sämre långsiktig strålsäkerhet vid låga halter.

I ett avseende kan dock lägre salthalt vara en strålsäkerhetsmässig fördel och det är att sorption av radionuklider via jonbytesreaktioner gynnas av lägre salthalt. Detta gäller dock enbart ett förhållandevis fåtal radionuklider inom grupperna alkalimetaller och alkaliska jordartsmetaller. Effekten bedöms ha liten betydelse i perspektivet långsiktigt strålskydd och säkerhet.

Strålsäkerhetsmyndigheten instämmer med SKB i bedömningen att det förväntade högre intervallet för salthalter under Forsmarksplatsens utveckling inte innebär någon väsentlig negativ inverkan på buffertens och återfyllnadens säkerhetsfunktioner. Det finns visserligen en väldokumenterad risk för att grundvattnets salthalt kan öka under vissa faser i ett slutförvars utveckling, men marginalerna bedöms vara förhållandevis stora och till stor del möjliga att hantera genom val av buffertens och återfyllnadens utformning och kompakteringsgrad (SKB TR-10-47, sid 137 och 203). SKB har sedan frågan först togs upp i samband med val av områden för platsundersökningar justerat utformningen av återfyllnaden så att en högre kompakteringsgrad lättare kan uppnås och kontrolleras genom användning av förkompakterade block och pellets snarare än in-situ kompaktering. Denna åtgärd gör det lättare att uppfylla krav på täthet och svälltryck samt medför en större marginal mot potentiellt negativa effekter av höga salthalter.

Strålsäkerhetsmyndigheten konstaterar att övriga grundvattenkemiska förhållanden förutom grundvattnets salthalt så som sulfidhalter m.m. behöver beaktas i en fullständig analys av den långsiktiga strålsäkerheten för ett KBS-3-förvar. För sådana förhållanden finns dock inga kända generella trender som kan utrönas utan tillgång till platsundersökningsdata.

Bergart

Strålsäkerhetsmyndigheten uppfattar utifrån SKB:s modellering att en bidragande orsak till skillnaden i den beräknade uppehållstiden för grundvatten från ett hypotetiskt slutförvar till en ytvattenrecipient mellan de två närliggande områdena Hultsfred östra och sydost om Hultsfred är att berggrunden i området i Oskarshamns kommun sannolikt består av gabbro, en bergart som generellt sett uppvisar lägre genomsnittlig hydraulisk konduktivitet än de granitiska bergarterna i omgivningen.

Strålsäkerhetsmyndigheten instämmer i SKB:s bedömning att, enligt information som fanns i slutet av förstudieskedet (SKB R-98-56), visade sig detta område inte vara av särskilt intresse på grund av bland annat inhomogen geologi med små och oregelbundna förekomster av diorit och gabbro. I rapporten bedömde SGU på grundval av befintlig information vid denna tidpunkt att området var "mindre intressant" även om SGU i sina slutsatser inte uteslöt möjligheten att homogena bergpolymer av tillräcklig storlek skulle kunna finnas.



3.3.2 Sammanfattning

SKB:s val att inte gå vidare med platsundersökningar i Hultsfred skedde i ett tidigt skede av utvecklingsarbetet med slutförvarssystemet och när detaljerad kunskap om olika platser saknades. Val av platser fick därför göras till stor del utan nya geologiska undersökningar och den typ av information som skulle möjliggöra en mer utvecklad platsjämförelse saknas därför.

Strålsäkerhetsmyndighetens bedömning av kravuppfyllelse i samband med genomförande av förstudieskedet handlar om huruvida något område inom Hultsfred kommun eller det senare angivna området i den västra delen av Oskarshamns kommun, sydost om Hultsfred, sammantaget pekar på tydliga fördelar avseende det långsiktiga strålskyddet och säkerheten jämfört med SKB:s val av Forsmark. Myndigheten anser att det är möjligt att dra övergripande slutsatser utifrån det underlag som SKB har presenterat.

Som redan konstaterades i samband med förstudiearbetet förväntas generellt bergrunden i Hultsfreds kommun vara av samma karaktär som bergrunden i de östra delarna av Oskarshamns kommun, dvs. olika varianter av smålandsgranit. Utifrån förstudiearbetets underlag bedömer Strålsäkerhetsmyndigheten att bergrunden i Hultsfred ur denna synvinkel inte erbjuder några specifika fördelar jämfört med Laxemar. Baserat på resultat från senare studier angående möjligheten för avsevärt längre flödestider, vilka grundar sig i storregional grundvattenmodellering enligt befintliga berggrundskarteringar, topografiska data och uppgifter från brunnarkivet (SKB R-06-64), bedömer Strålsäkerhetsmyndigheten att det inte är troligt att det föreligger utpräglat fördelaktiga hydrogeologiska betingelser i det område som SKB undersökte i förstudien i Hultsfred.

Samtidigt konstaterar myndigheten att SKB:s modelleringstudier indikerar den typen av fördelar på platsen sydost om Hultsfred. Strålsäkerhetsmyndigheten uppfattar utifrån SKB:s modellering att en bidragande orsak till skillnaden mellan dessa två närliggande områden avseende den beräknade uppehållstiden för grundvatten från ett hypotetiskt slutförvar till en ytvattenrecipient är att bergrunden i området sydost om Hultsfred sannolikt består av gabbro, en bergart som generellt sett uppvisar lägre hydraulisk konduktivitet än granitiska bergarter.

Strålsäkerhetsmyndigheten kan konstatera att det utifrån SKB:s underlag kan finnas såväl fördelar som nackdelar med platsen sydost om Hultsfred i jämförelse med Laxemar.

Det finns potentiella fördelar med platsen sydost om Hultsfred genom de förväntade längre strömningsvägarna och därigenom en längre transporttid för grundvattnet från förvarsnivå till markytan. Av SKB:s redovisning framgår dock att skillnaderna till viss del beror på en annan bergart, gabbro på platsen. Gabbro som kan förväntas vara fördelaktigt p.g.a. sannolikt lägre hydraulisk konduktivitet som ger längre uppehållstider från ett tilltänkt förvar har dock en lägre termisk konduktivitet som innebär att ett slutförvar blir större i gabbro jämfört med granit. Den förväntade inhomogena geologin kan samtidigt vara svårare att karakterisera och innebära en begränsning när det gäller en platsanpassning av förvaret.



Det som också talar emot platsen sydost om Hultsfred är att grundvattnet på försvarsdjup enligt SKB sannolikt kan förväntas ha låg salthalt, vilket med dagens kunskap om betydelsen av salthalt för bufferterosion är mer ofördelaktigt, där synen på osäkerheter och risker kopplat till kriterier för säkerhetsfunktioner i KBS-3systemet har ändrats sedan slutet av förstudieskedet. På större djup kan en högre salthalt förväntas, men utan detaljerade platsundersökningar får det anses oklart om tillräckliga salthalter för en betryggande marginal mot bufferterosion går att finna i Hultsfredsområdet på ett sådant djup som övervägs för ett slutförvar av KBS-3-typ.

Enligt myndigheten krävs det tydliga indikationer på att alternativ skulle vara mer fördelaktiga än Forsmark, utifrån den granskning som har gjorts av den föreslagna platsen, för att det ska bedömas som rimligt med nya omfattande platsundersökningar för att minska osäkerheter som är förknippade med avsaknad av platsspecifik data.

Platsen sydost om Hultsfred har jämförts med kustplatsen Laxemar. I avsaknad av platsundersökningsdata blir en jämförelse av sydost om Hultsfred med Laxemar av nödvändighet behäftad med osäkerheter. Utan ett jämförbart underlag är det svårt att avgöra vilken av platserna i östra Småland som är lämpligast.

Jämförs platserna i östra Småland däremot med Forsmark blir skillnaderna tydligare. Berggrunden i Forsmark har visat sig ha mycket låg frekvens av vattenförande sprickor, vara relativt enkel att karaktärisera och beskriva samt ha en lämplig grundvattenkemisk sammansättning. Så som konstateras i följande avsnitt talar de platsspecifika egenskaperna tydligt till Forsmarks fördel.

Enligt myndighetens bedömning finns det inte heller något som pekar på hydrogeologiska fördelar med inlandslokaliseringar generellt eftersom en inlandslokalisering inte nödvändigtvis leder till långa strömningsvägar eller uppehållstider.

Mot denna bakgrund bedömer myndigheten att SKB i sitt beslut om platsundersökningar i slutet av förstudieskedet inte har förbigått en uppenbart bättre plats. Strålsäkerhetsmyndigheten bedömer att de alternativ som valdes bort under förstudieskedet inte uppvisar eller kan förväntas ha egenskaper som sammantaget är mer fördelaktiga ur perspektivet att förhindra, begränsa och fördröja utsläpp från tekniska och geologiska barriärer jämfört med SKB:s föreslagna plats i Forsmark.



4. Valet av Forsmark i förhållande till Laxemar

4.1 Underlag från SKB

SKB redovisar jämförelsen mellan kandidatområdena Forsmark och Laxemar i SKB rapporten "Comparative analysis of safety related site characteristics" (SKB TR-10-54). I bilaga PV (SKB R-10-42) samt i bilaga K:2 till miljöbalksansökan (Ämnesvisa svar på kompletteringsönskemålen) sammanfattas också SKB:s motiv för valet mellan Forsmark och Laxemar. SKB anger att i första hand ska faktorer som påverkar långsiktig säkerhet avgöra platsvalet. I de fallen där det inte finns någon skillnad i förutsättningarna att uppnå långsiktig säkerhet så kan dock andra faktorer påverka platsvalet. I det aktuella fallet anser SKB att det finns betydande säkerhetsmässiga skillnader varför det inte är aktuellt att beakta andra faktorer.

SKB:s rapport (SKB TR-10-54) bygger på omfattande och likvärdiga platsundersökningar på båda platserna som genomfördes under åren 2002-2008. Platsundersökningsresultaten från Forsmark finns sammanfattade och dokumenterade i den platsbeskrivande modellen för Forsmark "Site description of Forsmark at completion of the site investigation phase, SDM-Site Forsmark" (SKB TR-08-05). Platsundersökningsresultaten från Laxemar finns sammanfattade och dokumenterade i den platsbeskrivande modellen för Laxemar "Site description of Laxemar at completion of the site investigation phase, SDM-Site Laxemar" (SKB TR-09-01). För bedömningen av Forsmark finns även säkerhetsanalysen SR-Site (SKB TR-11-01) med en ingående analys kring hur platsspecifik information påverkar slutförvarets långsiktiga säkerhet. För Laxemar som blivit bortvald av SKB finns ingen fullständig säkerhetsanalys. SKB har dock utfört vissa utvalda säkerhetsanalysberäkningar för Laxemar med syftet att skaffa fram ett underlag för jämförelsen med Forsmark. Dessa beräkningar finns redovisade i SKB TR-10-54.

Inom ramen för jämförelsen mellan de båda platserna går SKB igenom följande faktorer:

- Möjligheter att uppnå slutförvarets antagna initiala tillstånd
- Påverkan av klimatutveckling som permafrost och glaciationer
- Bergmekanisk påverkan
- Hydrogeologi och förutsättningar för transport
- Hydrokemi och dess utveckling
- Påverkan av jordskalv
- Mineraltillgångar
- Ytliga ekosystem
- Tilltro till platsbeskrivande modeller
- Sammanfattande betydelse för säkerhetsfunktionerna inneslutning och retardation samt förvarets risk

Risken för att inte uppnå det initiala tillståndet anses vara något större för Laxemar. Detta är delvis kopplat till punkten tilltron till platsbeskrivande modeller, nämligen i det avseendet att Laxemar har en mera heterogen



geologi och att en större osäkerhet finns kring rumslig fördelning i förvarsvolymen. SKB anser dock i generella termer att tilltron till de platsbeskrivande modellerna är hög för båda platserna även om den mest detaljerade förståelsen har uppnåtts för Forsmark. I Laxemar kommer med all sannolikhet betydligt flera deponeringshål behöva uteslutas pga. för höga flöden. Dessutom kommer ett större antal deponeringshål och deponeringstunnlar befinna sig i gränslandet kring vad som kan anses acceptabelt. Detta innebär större behov av tätning och injektering, samt ett samantaget större förvar. Den avgörande skillnaden är att endast drygt 20 procent av deponeringshålen i Forsmark förväntas vara förbundna med sprickor med grundvattenflöde, medan de flesta deponeringshål i Laxemar kommer ha sådana sprickor. En fördel för Laxemar är dock att bergmekanisk påverkan förväntas bli mindre i och med att risken för spjälkning av deponeringshål är mindre än för Forsmark. Detta beror på högre bergspänningar för Forsmark i förhållande till bergets mekaniska egenskaper. Spjälkning av deponeringshål har betydelse för materieöverföring mellan berg och buffert för fallet intakt buffert.

Hur de båda platserna påverkas av klimatutveckling som permafrost och glaciationer beror dels på platsernas geografiska läge främst i nord sydlig riktning, dels på bergets egenskaper främst den termiska konduktiviteten. I frågan kring det maximala permafrostdjupet samverkar dessa båda faktorer så att det maximala permafrostdjupet blir djupare för Forsmark. Det anses vara ca 400 m för det mest extrema fallet medan det är knappt 300 m för Laxemar. Andra skillnader mellan platserna med avseende på klimat är att den maximala tjockleken på en inlandsis blir tjockare för Forsmark beroende på sitt nordligare läge samt att Forsmark kommer att täckas av havsvatten under en längre period än Laxemar. SKB gör sammantaget bedömningen att faktorerna har en liten påverkan på platsvalet. Den viktigaste skillnaden är det större permafrostdjupet i Forsmark, men här gör SKB bedömningen att permafrostdjupet hursomhelst inte når förvarsdjup även för det mest extrema fallet.

Den mest avgörande skillnaden mellan de båda platserna finns förmodligen inom området hydrogeologi. Forsmarkplatsen ligger i flack terräng med småskalig topografi alldeles i anslutning till Östersjön. Berggrunden kännetecknas av en hög frekvens av vattenförande sprickor på djup mindre än ca 200 m, medan under 400 m är frekvensen av vattenförande sprickor mycket låg. Deponeringsvolymer omgärdas av större deformationszoner. Laxemarplatsen är något mera kuperad med deformationszoner både runt och igenom kandidatområdet. Även om sprickfrekvensen avtar mot djupet för denna plats är minskningen inte lika påtaglig som för Forsmark och det finns en betydligt större variation av hydrogeologiska egenskaper även på förvarsdjupet. För båda platserna minskar transmissiviteten hos deformationszoner och vattenförande sprickor mot djupet, även om minskningen är mera oregelbunden i fallet Laxemar. Hydraulisk konduktivitet i bergvolymer nära förvarsdjup är relativt jämt fördelad över ett stort intervall i fallet Laxemar medan en stor andel av alla mätningar i Forsmark pekar på mycket låg hydraulisk konduktivitet. Medelavståndet mellan vattenförande sprickor är hundratalet meter i fallet Forsmark medan det är endast några få meter i fallet Laxemar.

Modelleringsarbete antyder att inflödet av grundvatten under själva driftfasen kommer vara runt tiofaldigt större i fallet Laxemar oavsett beaktande



av hela förvaret eller enbart deponeringstunnlar/deponeringshål. Injekttering och tätning av tunnlar kan visserligen minska inflöden men de blir ändå betydligt större i fallet Laxemar. En stor andel av alla deponeringshål kan ha inflöden större än 0,1 l/minut i fallet Laxemar medan det enbart är frågan om ett förhållandevis litet antal för fallet Forsmark. Simuleringarna för den temperade fasen efter förvarets förslutning visar att ett förvar i Forsmark domineras av deponeringshål utan direkt förbindelse med sprickor med betydande vattenflöde och utan en direkt förbindelse med ytan (transportvägen kallad Q1), medan det omvända förhållandet gäller för Laxemar. Transportmotståndet som är viktigt för att kvantifiera bergets förmåga att bromsa utsläpp av radionuklider är högre i fallet Forsmark. Matrisdiffusionsparametrarna som också är viktiga i detta sammanhang är dock något fördelaktigare för Laxemar. Transportvägarnas längd som också kan ha betydelse för radionuklidretardation påverkas av den pågående landhöjning men skiljer sig inte på något avgörande sätt mellan de båda platserna.

Kemiska betingelser är relativt likartade för de båda platserna, men Forsmarks grundvatten kännetecknas av en högre och stabilare grad av mineralisering, med generellt högre halter av huvudkomponenterna klorid, kalcium och natrium. Detta innebär en potentiell fördel i perspektivet minskad risk för buffererosion. I det mera permeabla Laxemarberget kan man förutom att salthalterna är lägre idag även förvänta sig ett betydligt kraftigare utspädningsförlopp under en lång tempererad period efter förslutning av förvaret. SKB:s beräkningar antyder att flödet av meteoriska vatten till slutförvarsmiljön kan bli upp till två storleksordningar större i fallet Laxemar. Isotopgeokemi indikerar att infiltration av glaciala smältvatten har förekommit på båda platserna även om denna infiltration kan ha ägt rum tidigare än i samband med den senaste nedisningen, vilket man särskilt misstänker i fallet Forsmark. Infiltration och flöde av smältvatten har förekommit ner till förvarsdjup men utspädningen behöver inte ha varit så omfattande som krävs för buffererosionsrisk. SKB utesluter inte att så är fallet för de bergvolymerna som är intressanta för slutförvaring i Forsmark. För Laxemar och för deformationszoner i anslutning till båda platserna anser dock SKB att ett omfattande utspädningsförlopp kommer att förekomma i samband med avsmältning av en inlandsis.

Andra kemiska faktorer av intresse är sulfidhalter och förutsättningar för mikrobiell sulfatreduktion, vilka båda är av betydelse för korrosion av kopparkapslar. SKB har valt ut en fördelning av representativa mätvärden från de båda kandidatområdena och inga betydande skillnader föreligger (halterna ligger i ett intervall från 10^{-7} till 10^{-4} mol/L). Inga avgörande skillnader anses heller föreligga beträffande förutsättningar för mikrobiell sulfatreduktion under tempererade förhållanden eftersom både halter av sulfat, mikrober och potentiella reduktanter är likartade. SKB noterar dock att i fallet Forsmark har en betydande del av sulfatreduktionen förmodligen ägt rum innan Littorinavatten har infiltrerat berggrunden, medan för Laxemar har huvuddelen av sulfatreduktion ägt rum i berggrunden. Under glaciala perioder kommer sannolikt Laxemar att ha en fördel i perspektivet bildning av sulfider eftersom det ovan nämnda kraftigare utspädningsförloppet också innebär utspädning av sulfidhalter och sämre förutsättningar för mikrobiell sulfatreduktion.



I perspektivet stabilitet för reducerande betingelser på förvarsdjup och risk för inflöde av syre har Laxemar en potentiell fördel i och med att halten järn(II) är högre i Forsmarksberget. En större andel av de öppna sprickorna vid Laxemar innehåller också pyrit som har en kapacitet att förbruka syre. Dessa egenskaper kompenseras dock delvis av att de lägre flödes hastigheterna i Forsmark ger längre tider för mineralreaktioner.

Beträffande risken för att ett slutförvar påverkas av stora jordskalv påpekar SKB att inga bevis har framkommit för att någon av de båda platserna tidigare har blivit påverkade av sådana skalv. SKB kan dock inte utesluta en risk för att ett antal kapslar blir skadade av berg rörelser beroende på att vissa deponeringshålspositioner kan komma att placeras i anslutning till betydande strukturer i berget, s.k. kritiska deponeringshålspositioner. Strategin för att minska jordskalvsrisk är densamma för de båda platserna nämligen att använda sig av så kallade respektavstånd till deformationszoner och kriterier för att så långt som möjligt undvika olämpliga deponeringshålspositioner. SKB har gjort beräkningar med olika strukturmodeller för de båda platserna för att uppskatta antalet kritiska kapslar som korsas av tillräckligt stora sprickor. De sprickor som är intressanta i detta sammanhang ska möjliggöra skjuvningar på 5 cm vilket krävs för att orsaka kapselhaverier. Antalet sådana kapselpositioner är högre för Forsmark men omfattning av kritiska positioner är begränsad. SKB argumenterar för att skillnaden är av samma storleksordning som osäkerheter kopplat till valet av strukturgeologisk modell och den slutliga bedömningen blir därför att risken är likartad för de båda platserna.

De ytliga ekosystemen påverkar exponeringsvägar och i förlängningen i viss omfattning dos/risk från ett postulerat utsläpp av radioaktiva ämnen från ett slutförvar. En viss skillnad finns mellan de båda platserna såtillvida att tunna sedimentlager och stora stenblock vid Forsmark innebär sämre förutsättningar för jordbruksodlingar än Laxemar som har tjockare sedimentlager. Det sammanlagda tidsintervallet för betydande exponering från utsläpp skiljer sig också mellan de båda platserna eftersom Forsmark antingen förväntas att vara täckt av en inlandsis eller ligga under havsnivån under 40 % av en kommande glaciationscykel jämfört med 27 % av tiden för Laxemar. Under dessa perioder förväntas utsläpp från slutförvaret leda till inget eller extremt små riskbidrag. En fördel för Laxemar jämfört med Forsmark är dock att utsläpp under vissa perioder förväntas ske mera permanent till havet beroende på skillnader i landhöjningen och topografin. Om man förutsätter perioder med likartade klimatförhållanden mellan de båda platserna finns dock inga systematiska skillnader i LDF-värden (*Landscape dose conversion factors*). Vissa skillnader kan noteras men de är så gott som undantagslöst mindre än motsvarande osäkerheter.

Potentiell malm och mineral tillgång kan påverka risken för att framtida generationer vid något tillfälle genomför provboringar, eventuell gruvdrift, samt andra typer av bormning eller sprängningsarbeten som kan påverka slutförvarets säkerhet. SKB:s undersökningar av frågan tyder på att ingen av platserna har en betydande potential för framtida gruvdrift. SKB påpekar dock att det i närheten av Forsmark finns en liten järnmineralisering som inte bedöms ha något kommersiellt värde. Enligt SKB:s slutsats ligger den också så långt från ett framtida slutförvar att påverkan på förvarets säkerhet i så fall skulle bli liten.



I SKB-rapporten "Comparative analysis of safety related site characteristics" (SKB TR-10-54) finns säkerhetsanalysberäkningarna framtagna för Laxemar redovisade. För Forsmark finns dessutom den fullständiga säkerhetsanalysen SR-Site (SKB TR-11-01). Beräkningarna avser förlust av buffertmaterial, korrosionshastigheter för kopparkapslar samt dos som uppstår i samband med läckage från kopparkapslar. Vad gäller förlust av buffertmaterial i fallet Laxemar beräknas en stor andel av alla deponeringshål nå advektiva förhållanden. Detta beror på att ett kraftigare utspädningsförlopp kan förväntas samt att erosionshastigheterna är högre. SKB:s beräkningar antyder att ungefär hälften av deponeringshålarna når advektiva förhållanden inom 100 000 år. För Forsmark däremot når under motsvarande period bara ett fåtal deponeringshål advektiva förhållanden.

För att jämföra korrosionshastigheterna mellan de båda kandidatområdena förutsätter SKB hypotetiskt advektiva förhållanden i samtliga deponeringshål. SKB antar sulfidhalten 10^{-5} M och baserat på denna utgångspunkt kan flera hundra kapselhaverier förväntas i fallet Laxemar medan inga kapselhaverier förutsägs för Forsmark. Med beaktande av en realistisk fördelning av sulfidhalter kan kapselhaverier inte helt uteslutas för Forsmark men skillnaden mot Laxemar är ändå betydande. Beräkningarna av korrosionsskador på kopparkapslar ligger även till grund för dosberäkningar för de båda kandidatområdena. För Forsmark når maximal dos efter 1 miljon år endast en hundradel av ca $15 \mu\text{Sv}/\text{år}$ vilket motsvarar Strålsäkerhetsmyndighetens riskkriterium (SSMFS 2008:37). För Laxemar däremot når dosen $15 \mu\text{Sv}/\text{år}$ redan efter drygt 100 000 år och fortsätter därefter upp till en nivå som motsvarar bakgrundsstrålningen. För Laxemar har SKB även skisserat ett fall där alla deponeringshål med högre Darcy flöde än $0,01 \text{ m}/\text{år}$ utesluts. På så sätt kan man få ner risknivån under den tid då riskkriteriet tillämpas strikt (de första 100 000 åren) till en hanterlig nivå men på sikt kommer doserna ändå att minst överstiga gränsvärdet med en tiopotens. SKB diskuterar hypotetiskt att reducera deponeringshålsflöden ändå mer ($0,001 \text{ m}/\text{år}$) och på så sätt skulle en tillräcklig skyddsförmåga kunna uppnås men ett sådant förfarande bedöms ha höga kostnader och andra olägenheter.

SKB gör den sammanlagda bedömningen att för flertalet platsspecifika urvalsfaktorer skiljer sig inte förutsättningarna mellan de båda platserna eller så är skillnaderna av marginell betydelse. Den stora avgörande skillnaden är dock ett betydligt större antal vattenförande sprickor på förvarsdjup för fallet Laxemar. Detta har ett stort genomslag i beräkningar kopplade till buffertens och kapselns långsiktiga stabilitet och följaktligen även för beräkningar av dos/risk. SKB för ett resonemang i SKB TR-10-54 kring förutsättningarna att konstruera ett säkert slutförvar i Laxemar. Man konstaterar då att det finns två möjligheter som kan utredas, dels att anlägga förvaret på ett större djup än 700 m, dels att tillämpa mycket restriktiva kriterier för val av deponeringshål. Båda åtgärderna är dock förknippade med stora kostnader för ett större slutförvar med längre tunnlar samt utveckling av metodik för att med god precision kunna verifiera högt ställda krav på deponeringshål.



4.2 Strålsäkerhetsmyndighetens bedömning

Strålsäkerhetsmyndigheten anser att SKB på ett övertygande sätt har visat att Forsmark är mera lämpligt än Laxemar ur perspektivet långsiktig strålsäkerhet. Myndigheten instämmer med SKB att för flertalet lokaliseringsfaktorer är de båda kandidatområdena likvärdiga eller nästan likvärdiga ur perspektivet långsiktig strålskydd och säkerhet. Enligt myndighetens bedömning är grundvattenflödessituationen dock avgörande för de båda säkerhetsfunktionerna isolering och retardation. SKB har tydligt visat att förutsättningarna för att begränsa vattenflöde i närheten av kapselpositioner är betydligt bättre i fallet Forsmark beroende på det förhållandevis stora avståndet mellan vattenförande sprickor på förvarsdjup. I fallet Forsmark kommer sannolikt en begränsad andel deponeringshål korsas av sprickor med betydande grundvattenflöden och andelen sådana hål kan förmodligen minska ytterligare med hjälp av ett selektivt urval av deponeringshålspositioner. Strålsäkerhetsmyndigheten bedömer att en selektiv placering av deponeringshål även skulle kunna ha stor betydelse för ett slutförvar i Laxemar, men de praktiska svårigheterna med ett sådant förfarande skulle sannolikt vara stora eftersom en förhållandevis stor andel av berggrunden innehåller sprickor med betydande grundvattenflöden. Så som myndighetens granskning har visat finns konceptuella osäkerheter kopplat till modellering av grundvattenflöde (se granskningsrapport långsiktig säkerhet, del 2, avsnitt 3.1.5), men skillnaderna mellan de båda kandidatområdena är så stora att sådana osäkerheter inte bedöms ändra slutsatserna när de gäller jämförelsen av de hydrogeologiska förutsättningarna på platserna.

Strålsäkerhetsmyndigheten anser att SKB på ett övertygande sätt har visat på betydelsen av grundvattenflödessituationen för risk och omfattning av buffererosion samt kopparkorrosion med sulfid i grundvattnet. Till detta kan även tilläggas att låg materieöverföring i berget nära deponeringshålen även kan förväntas på andra sätt bidra till de tekniska barriärernas långsiktiga beständighet. Slutligen kan tilläggas att grundvattenflödet har betydelse för spridning av radionuklider även om kapslar skulle haverera av någon helt okänd anledning förutom korrosion. Om haverier sker i deponeringshål utan vattenförande sprickor finns inte den mest direkta transportvägen Q1 tillgänglig utan transporten måste ske via den mera indirekta rutten via störda zonen i deponeringstunneln (Q2) eller via sprickor som korsar deponeringstunnlarna (Q3). Detta har en betydelse i jämförelsen mellan Forsmark och Laxemar eftersom en mindre andel av deponeringshålen i Forsmark förväntas ha vattenförande sprickor.

Strålsäkerhetsmyndigheten anser att SKB har tagit fram en tydlig och väl strukturerad rapport för jämförelsen av de båda platserna (SKB TR-10-54). Säkerhetsanalysberäkningarna för Laxemar är visserligen begränsade, men enligt myndighetens bedömning är skillnaderna mellan de båda platserna så påtagliga att beräkningarna ändå kan anses vara tillräckliga för att ge ett rättvisande underlag för jämförelsen. En förutsättning för den tydliga åtskillnad som kan göras mellan de båda platserna kan kopplas till det faktum att SKB gjorde detaljerade och likvärdiga platsundersökningar på båda platserna. Enligt Strålsäkerhetsmyndighetens tidigare granskningar som togs fram med hjälp av externa experter (se t.ex. SSM rapport 2010:30, INSITE M-09-06, INSITE M-09-07) genomfördes SKB:s platsundersökningar med stor omsorg och hög kvalitet. De bör därför utgöra en tillförlitlig grund för SKB:s platsval.



Strålsäkerhetsmyndigheten instämmer även med SKB beträffande prioriteringen av platsvals faktorer. Eftersom långsiktig säkerhet har en överordnad betydelse i förhållande till andra platsvals faktorer kopplad till t.ex. ekonomi, kompetensförsörjning, olägenheter för närboende, så är det strängt taget inte nödvändig att ta ställning till andra platsvals faktorer. Vad gäller ekonomi kan dock nämnas att det finns en viss fördel för Forsmark. Detta beror på att förvaret kan göras mindre beroende på att den termiska konduktiviteten hos berget är mera gynnsam och sannolikt även därför att bortval av olämpliga deponeringshålspositioner inte behöver bli lika omfattande som för Laxemar.

SKB har i jämförelsen mellan Forsmark och Laxemar lagt stor vikt vid den mer omfattande kemiska erosionen av bufferten vid Laxemar pga. dels förväntade mera utspädda grundvattenkemiska förhållanden, dels mera frekventa och betydande vattenflöden i närheten av deponeringshål som kan transportera bort bentonitkolloider. Buffertens stabilitet under själva driftfasen skulle sannolikt bli svårare att säkerställa för ett slutförvar vid Laxemarplatsen. Problem med kanalbildningserosion ("piping erosion") skulle behöva utredas mera ingående och lämpliga motåtgärder vidtas. Större svårighet att installera buffert och återfyllning i Laxemar kan påverka kvaliteten i genomförandet. Det är sannolikt svårare att genomföra en deponeringssekvens med hög kvalitet eftersom betydande inflöden av grundvatten innebär en olägenhet som kräver tid och uppmärksamhet. Denna typ av problem bör dock kunna mildras med en omfattande tätning av tunnlar och deponeringshål.

Risken för kemisk erosion av bufferten kan möjligen visas vara mindre i framtiden t.ex. genom nya kunskaper om erosionsmekanismer, utveckling av ett mera erosionsbeständigt buffertmaterial eller genom ny information om den långsiktiga geokemiska utvecklingen på de båda platserna. Strålsäkerhetsmyndigheten bedömer dock att det är ganska osannolikt att bufferterosionsproblematiken helt kan elimineras, även om problemen möjligen kan visas vara mindre än vad som SKB för närvarande förutsätter. Det oaktat skulle skillnaden i risk mellan de båda platserna minska vid en minskad erosionsrisk. Ett mera omfattande grundvattenflöde i anslutning till deponeringshål med intakt buffert förväntas inte ha en lika avgörande inverkan som höga grundvattenflöden i närheten av deponeringshål som domineras av advektion.

En fråga som diskuterats mycket för Forsmarksplatsen är de förmodat relativt höga bergspänningarna. I SKB TR-10-54 diskuterar SKB detta förhållande i perspektivet risk för spjälkning av deponeringshål. Det kan dock finnas andra konsekvenser som ett ökat behov av bergförstärkningar samt ett behov av att enbart anlägga deponeringstunnlar i den största huvudspänningsriktningen. Det bör framhållas att det finns osäkerheter kvar kring bergspänningssituationen eftersom vissa typer av mätningar pekar på en relativt normal bergspänningssituation. Enligt Strålsäkerhetsmyndighetens bedömning kan någon fullständig visshet inte nås förrän under slutförvarets konstruktionsfas. Myndigheten anser att det är osannolikt att de höga bergspänningarna skulle kunna medföra något avgörande hinder mot att anlägga ett slutförvar vid Forsmark (se granskningsrapport långsiktig säkerhet, del 2, avsnitt 3.1.6).



En situation med något förhöjda bergspänningar på förvarsdjup är vanlig vid bergförhållanden med få sprickor, dvs. i övrigt gynnsamma förhållanden för att anlägga ett slutförvar. En betydelsefull nackdel som SKB omnämner för ett berg med höga bergspänningar är en ökad risk för spjälkning av berg för området närmast deponeringshålets väggar särskilt under den termiska fasen. Detta fenomen är väl känt och bekräftat genom experiment som genomförts vid underjordiska laboratorier i kristallina berg. Beträffande jämförelsen mellan Forsmark och Laxemar så anser SSM att spjälkning runt deponeringshålen inte kan uteslutas för någon av platserna, men dess risk och omfattning är sannolikt högre i Forsmark. Det är dock viktigt att påpeka att spjälkning av deponeringshålsväggen har kort räckvidd ur ett hydrogeologiskt perspektiv och har därför begränsad betydelse. SSM anser inte att risk för spjälkning har samma dignitet, inom ramen för en jämförelse mellan Forsmark och Laxemar, som de fördelar som täta bergförhållanden erbjuder.

En fråga som SKB inte tar upp i sin jämförelse mellan Forsmark och Laxemar är tiden för fullständig återmättnad av buffert och återfyllnad. SKB har dock i andra sammanhang visat att tiden för en fullständig återmättnad av bufferten kan variera från några decennier till flera tusen år främst beroende på om det finns vattenförande sprickor i anslutning till deponeringshålen (SKB TR-11-01). En lång tid för återmättnad innebär att buffertens svälltryck och tätande förmåga utvecklas långsamt. SKB:s beräkningar visar att tiden för återmättnad av återfyllnaden täcker ett ungefär lika stort tidsintervall. Med tanke på den stora spännvidden av grundvattenflödesförhållanden finns med all sannolikhet deponeringshål med såväl snabba som mycket långsamma återmättnadsförlopp representerade på båda platserna. Andelen deponeringshål med lång tid till fullständig återmättnad kan dock förväntas vara betydligt större för Forsmark. Myndigheten anser att långa återmättnadstider kopplade till täta bergförhållanden tillför ytterligare komplexitet i analysen av de tekniska barriärernas långsiktiga utveckling, men att detta förhållande inte har samma dignitet inom ramen för en jämförelse mellan Forsmark och Laxemar som de fördelar som täta bergförhållanden erbjuder. Dessutom skulle frågan kring långa återmättnadstider sannolikt även behöva beaktas för ett slutförvar vid Laxemar.

Beträffande frågan huruvida ett slutförvar vid Laxemar skulle kunna uppfylla kraven på långsiktig säkerhet och strålskydd anger SKB två möjligheter att förstärka skyddsformågan nämligen att införa mycket restriktiva krav på deponeringshålspositioner, alternativt att bygga slutförvaret på ett större djup än 700 m. Strålsäkerhetsmyndigheten anser att enbart förlita sig på metoden med mycket restriktiva krav på deponeringshålspositioner sannolikt är svår genomförbar och mycket kostnadskrävande. Myndigheten vill dock inte utesluta att Laxemarplatsen kan visas uppfylla kraven med hjälp av en kombination av åtgärder t.ex. en djupare placering, förstärkta krav på deponeringshål samt möjligen vissa förändringar av förvarets och de tekniska barriärernas utformning. Enligt Strålsäkerhetsmyndighetens bedömning skulle det krävas omfattande utredningar och undersökningar innan det går att dra väl underbyggda slutsatser kring denna möjlighet.



5. Referenser

INSITE M-09-06. INSITE Core Group. SDM-Site Forsmark – Review of SKB TR-08-05 and supporting documentation. Strålsäkerhetsmyndigheten, 2009.

INSITE M-09-07. INSITE Core Group. SDM-Site Laxemar – Review of SKB TR-09-01 and supporting documentation. Strålsäkerhetsmyndigheten, 2009.

Regeringsbeslut 11, 1995-05-18. Komplettering av program för forskning m.m. angående kärnkraftavfallets behandling och slutförvaring. M93/1228/5, M93/4176/5, M94/3127/5, M94/43450/5.

Regeringsbeslut 25, 1996-12-19. Program för forskning m.m. angående kärnkraftavfallets behandling och slutförvaring. M96/2261/5, M95/2472/5, M95/4251/5, M95/4471/5. M96/579/5.

Regeringsbeslut 1, 2000-01-24. Program för forskning, utveckling och demonstration för kärnavfallets behandling och slutförvaring. FUD-program 98. M1999/2152/Mk, M1999/3940/Mk.

Regeringsbeslut 22, 2001-11-01. Komplettering av program för forskning, utveckling och demonstration för kärnavfallets behandling, FUD-program 98. M2001/2840/Mk, M2001/2757/Mk, M2001/1469/Mk.

SKB FUD-Program 92. Kärnkraftavfallets behandling och slutförvaring – Program för forskning, utveckling, demonstration och övriga åtgärder. Svensk Kärnbränslehantering AB, 1992.

SKB R-98-16. Leijon B. Nord-syd/kust-inland. Generella skillnader i förutsättningar för lokalisering av djupförvar mellan olika delar av Sverige. Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998.

SKB R-98-56. Bergman T, Johansson R, Lindén A H, Lindgren J, Rudmark L, Wahlgren C-H, Isaksson H, Lindroos H. Förstudie Oskarshamn. Jordarter, bergarter och deformationszoner. Svensk Kärnbränslehantering AB, 1998.

SKB R-00-12. Axelsson C-L, Follin S, Årebäck M, Stigsson M, Isgren F, Jacks G. Förstudie Hultsfred. Grundvattnets rörelse, kemi och långsiktiga förändringar. Svensk Kärnbränslehantering AB, 2000.

SKB R-03-01. Grundvattnets regionala flödesmönster och sammansättning – betydelse för lokalisering av djupförvaret. Svensk Kärnbränslehantering AB, 2003.

SKB R-03-23. Follin S, Svensson U. On the role of mesh discretisation and salinity for the occurrence of local flow cells. Results from a regional-scale ground-water flow model of Östra Götaland. Svensk Kärnbränslehantering AB, 2003.

SKB R-03-24. Holmén J G, Stigsson M, Marsic N, Gylling B. Modelling of groundwater flow and flow paths for a large regional domain in north-



east Uppland. A three-dimensional, mathematical modelling of groundwater flows and flow paths on a super-regional scale, for different complexity levels of the flow domain. Svensk Kärnbränslehantering AB, 2003.

SKB R-06-64. Ericsson L O, Holmén J, Rhén I, Blomquist N. Storregional grundvattenmodellering – fördjupad analys av flödesförhållanden i östra Småland. Jämförelse av olika konceptuella beskrivningar. Svensk Kärnbränslehantering AB, 2006.

SKB R-09-20. Joyce S, Simpson T, Hartley L, Applegate D, Hoek J, Jackson P, Swan D, Marsic N, Follin S. Groundwater flow modelling of periods with temperature climate conditions - Forsmark. Svensk Kärnbränslehantering AB, 2010 (uppdaterad augusti 2013).

SKB R-10-42. Platsval – lokalisering av slutförvaret för använt kärnbränsle. Svensk Kärnbränslehantering AB, 2010.

SKB R-10-43. Ericsson L O, Holmén J. Storregional grundvattenmodellering – en känslighetsstudie av några utvalda konceptuella beskrivningar och förenklingar. Svensk Kärnbränslehantering AB, 2010.

SKB TR-92-25. Ahlbom K, Leijon B, Liedholm M, Smellie J. Gabbro as a host rock for a nuclear waste repository. Svensk Kärnbränslehantering AB, 1992.

SKB TR-99-06. Deep repository for spent nuclear fuel. SR 97 - Post-closure safety. Main report - Vol. I, Vol. II and Summary. Svensk Kärnbränslehantering AB, 1999.

SKB TR-08-05. Site description of Forsmark at completion of the site investigation phase, SDM-Site Forsmark. Svensk Kärnbränslehantering AB, 2010 (uppdaterad augusti 2013).

SKB TR-09-01. Site description of Laxemar at completion of the site investigation phase, SDM-Site Laxemar. Svensk Kärnbränslehantering AB, 2009.

SKB TR-10-47. Buffer, backfill and closure process report for the safety assessment SR-Site. Svensk Kärnbränslehantering AB, 2010 (uppdaterad januari 2014).

SKB TR-10-54. Comparative analysis of safety related site characteristics. Svensk Kärnbränslehantering AB, 2010 (uppdaterad februari 2013).

SKB TR-11-01. Long-term safety analysis for the final repository for spent nuclear fuel at Forsmark. Main report of the SR-Site project. Svensk Kärnbränslehantering AB, 2011 (uppdaterad maj 2015).

SKB, 1995. Översiktsstudie 95 - Lokalisering av djupförvar för använt kärnbränsle. Svensk Kärnbränslehantering AB, 1995.

SKB, 2000. Samlad redovisning av metod, platsval och program inför platsundersökningsskedet. Svensk Kärnbränslehantering AB, 2000.



SKBdoc 1417006. Effects of weathering of silicate materials and cation-exchange on the geochemical safety indicators during the hydrogeochemical evolution at Forsmark. Version 1.0, Svensk Kärnbränslehantering AB, 2013.

SKI Rapport 96:48. SKIs utvärdering av SKBs FUD-program 95. Statens kärnkraftinspektion, 1996.

SKI Rapport 01:20. SKI:s yttrande över SKB:s Kompletterande redovisning till FUD-program 98. Statens kärnkraftinspektion, 2001.

SSI, 2001. Yttrande inom ramen för SKB:s kompletterande redovisning till FUD-program 98. SSI dnr 6240/3487/00, Statens strålskyddsinstitut, 2001.

SSI Rapport 2007:11. Dverstorp B. SSI:s granskning av SKB:s storregionala grundvattenmodellering för östra Småland, Statens strålskyddsinstitut, 2007.

SSM Rapport 2010:30. Chapman N, Bath A, Geier J, Stephansson O, Tirén S and Tsang CF. INSITE Summary Report. Strålsäkerhetsmyndigheten, 2010.