



SSI report

# SSI Rapport

## 2008:01

Rapport från Statens strålskyddsinstitut  
tillgänglig i sin helhet via [www.ssi.se](http://www.ssi.se)

## SKI Report 2008:03

### *Myndigheternas granskning av SKB:s preliminära säkerhetsbedömningar för Forsmark och Laxemar*

Maria Nordén, Öivind Toverud,  
Petra Wallberg, Bo Strömberg, Anders Wiebert,  
Björn Dverstorp, Fritz Kautsky, Eva Simic och Shulan Xu



**SKI** STATENS KÄRNKRAFTINSPEKTION  
Swedish Nuclear Power Inspectorate

 *Statens strålskyddsinstitut*  
Swedish Radiation Protection Authority

# SSI:s verksamhetssymboler



## UV, sol och optisk strålning

Ultraviolet (UV) strålning från solen och solarier kan ge både lång- och kortsiktiga skador. Även annan optisk strålning, främst från lasrar, kan vara skadlig. Vi ger råd och information.



## Solarier

Risken med att sola i solarium är sannolikt densamma som att sola i naturlig sol. SSI har därför tagit fram föreskrifter som även innehåller råd för den som solar i solarium.



## Radon

i inomhusluft står för den största andelen av den totala stråldosen till befolkningen i Sverige. Vi arbetar med riskbedömning, mätteknik och rådgivning till andra myndigheter.



## Sjukvård

står för den näst största andelen av den totala stråldosen till befolkningen. Genom föreskrifter och tillsyn strävar SSI efter att minska stråldosema för personal och patienter.



## Strålning inom industri och forskning

Enligt strålskyddslagen krävs tillstånd för verksamhet med joniserande strålning. SSI ger ut föreskrifter och kontrollerar att de efterlevs, gör inspektioner, utredningar och kan stoppa farlig verksamhet.



## Kärnkraft

SSI ställer krav på kärnkraftverken att strålskyddet för allmänhet, personal och miljö ska vara bra och kontrollerar fortlöpande att kraven uppfylls.



## Avfall

SSI arbetar för att allt radioaktivt avfall tas omhand på ett från strålskyddssynpunkt säkert sätt.



## Mobiltelefoni

Mobiltelefoner och basstationer avger elektromagnetiska fält. SSI följer utveckling och forskning för mobiltelefoni och dess eventuella hälsorisker.



## Transporter

SSI verkar nationellt och internationellt för att radioaktiva preparat inom sjukvården, strålkällor inom industrin och utbränt kärnbränsle ska transporteras på ett säkert sätt.



## Miljö

Säker strålmiljö är ett av de 15 miljömål som riksdagen beslutat om för att uppnå en ekologiskt hållbar utveckling i samhället. SSI ansvarar för att detta mål uppnås.



## Biobränsle

från träd som innehåller cesium, till exempel från Tjernobylolyckan, är ett problem som SSI idag forskar kring.



## Kosmisk strålning

Flygpersonal kan i sitt arbete utsättas för höga nivåer av kosmisk strålning. SSI deltar i ett internationellt samarbete för att kartlägga stråldosema till denna yrkesgrupp.



## Elektriska och magnetiska fält

SSI arbetar med risker av elektromagnetiska fält och vidtar åtgärder om risker identifieras.



## Beredskap

SSI har dygnet-runt-beredskap för att skydda människor och miljö från konsekvenser av kärnenergiolyckor och andra strålningsolyckor.



## SSI Utbildning

ska bidra till att tillgodose det utbildningsbehov som finns på strålskyddsområdet. Verksamheten finansieras genom kursavgifter.

**FÖRFATTARE/AUTHOR:** Maria Nordén<sup>1</sup>, Öivind Toverud<sup>2</sup>, Petra Wallberg<sup>1</sup>, Bo Strömberg<sup>2</sup>, Anders Wiebert<sup>1</sup>, Björn Dverstorp<sup>1</sup>, Fritz Kautsky<sup>2</sup>, Eva Simic<sup>2</sup> och Shulan Xu<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>- SSI <sup>2</sup>- SKI

**AVDELNING/ DEPARTMENT:** Avdelningen för kärnteknik och avfall / Department of Nuclear Facilities and Waste Management .

**TITEL/TITLE:** Myndigheternas granskning av SKB:s preliminära säkerhetsbedömningar för Forsmark och Laxemar / Review of SKB's preliminary safety evaluations for Forsmark and Laxemar.

**SAMMANFATTNING:** Detta dokument redovisar SKI:s och SSI:s granskning av SKB:s preliminära säkerhetsbedömningar för Forsmark och Laxemar. Myndigheternas syfte med denna granskning är att bedöma om SKB:s inledande platsundersökningar har tillräcklig omfattning, håller tillräckligt hög kvalitet och omfattar de data som behövs för kommande säkerhetsanalyser. För att tillmötesgå önskemål från platsvalskommunerna har myndigheterna också försökt klargöra om en plats har sådana uppenbara svagheter att den sannolikt inte kommer att klara myndighetskraven. Målgrupper för granskningen är Oskarshamns och Östhammars kommun samt SKB.

**SUMMARY:** This report presents SKI's and SSI's review of SKB's preliminary safety evaluations for Forsmark and Laxemar. The purpose of the review is to assess if the extent of SKB's initial site investigations are sufficient and if they are performed with adequate quality and also if they comprise the data that is needed for future safety analysis. To meet the request from the municipalities where site investigations are performed the authorities have also attempted to elucidate if a site has such obvious weakness that it probably will not comply with authority regulations. The target groups for the review are the municipalities in Oskarshamn and Östhammar, and SKB.

**SSI rapport: 2008:01**

**januari 2008**

**ISSN 0282-4434**



*Statens strålskyddsinstitut*  
Swedish Radiation Protection Authority



STATENS KÄRNKRAFTINSPEKTION  
Swedish Nuclear Power Inspectorate



# Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	3
Bakgrund.....	4
Kommande granskningar .....	5
Myndigheternas roll under platsundersökningsskedet .....	5
Syftet med myndigheternas granskning .....	6
Genomförande.....	6
Omfattningen av myndigheternas granskning.....	6
Myndigheternas bedömning av PSE .....	7
Övergripande bedömning av platsernas lämplighet .....	7
Geologi.....	8
Bergmekanik .....	9
Laxemar .....	9
Forsmark .....	9
Termiska analyser .....	9
Laxemar .....	10
Forsmark .....	11
Hydrogeologi .....	11
Hydrogeokemi.....	13
Radionuklidtransport.....	14
Modellering och säkerhetsanalys .....	15
Förvarsutformning .....	16
SKB:s organisation och kvalitetsarbete .....	17
Biosfär och övergången geosfär - biosfär .....	18
Slutsatser .....	20
Omfattning .....	20
Kvalitet.....	21
Säkerhetsanalys.....	21
Referenser .....	22



## Sammanfattning

Detta dokument redovisar SKI:s och SSI:s granskning av SKB:s preliminära säkerhetsbedömningar för Forsmark och Laxemar. Myndigheternas syfte med denna granskning är att bedöma om SKB:s inledande platsundersökningar har tillräcklig omfattning, håller tillräckligt hög kvalitet och omfattar de data som behövs för kommande säkerhetsanalyser. För att tillmötesgå önskemål från platsvalskommunerna har myndigheterna också försökt klargöra om en plats har sådana uppenbara svagheter att den sannolikt inte kommer att klara myndighetskraven. Målgrupper för granskningen är Oskarshamns och Östhammars kommun samt SKB. Myndigheterna har huvudsakligen granskat de två PSE-rapporterna: (TR-05-16; TR-06-06). Övrigt underlag som beaktats är två rapporter som rör biosfären (R-05-03; R-06-11) och två rapporter som beskriver hur SKB avser genomföra de kompletta platsundersökningarna (R-04-75; R-05-37). SKI har även vid en inspektion våren 2005 granskat SKB:s platsundersökningsarbete. I det dataunderlag som SKB har presenterat har myndigheterna inte identifierat något som medför att platsundersökningarna bör avbrytas. Myndigheterna anser dock att PSE-rapporterna inte behandlar alla de frågor som SKB ursprungligen planerade. Det har därför varit svårt att granska och bedöma vissa frågor av betydelse för långsiktig säkerhet och strålskydd. Den data-mängd som PSE baseras på är begränsad och SKB har ändrat synen på vissa av sina sedan tidigare etablerade krav och önskemål, som anges i rapport R-00-15, under platsundersökningsarbetets gång. Myndigheterna anser att motiven till ändringarna borde ha redovisats separat från PSE och att resultaten från platsundersökningarna inte ger stöd för SKB:s säkra uttalanden i PSE-rapporterna om kravuppfyllelse.

Myndigheterna konstaterar att det i PSE-rapporteringen redovisas en otillfredsställande liten mängd hydrogeokemisk information från förvarsdjup, vilken behövs i kommande säkerhetsanalyser. Inför en säkerhetsanalys måste också bergets termiska egenskaper vara klarlagda, t.ex. inverkan av heterogenitet. En bättre analys av förvarsdjupets påverkan på förvaret behövs för Forsmark där höga bergspänningar konstaterats. Myndigheterna noterar även att det i stort sett saknas data från planerade deponeringsområden på förvarsdjup i Laxemar. I Forsmark har deponeringsområdet bekräftats med endast ett kärnborrhål på förvarsdjup. Myndigheterna saknar även en redovisning av vilken strategi SKB tänker använda för biosfärsmodellering i kommande säkerhetsanalyser. Myndigheterna anser att SKB:s organisation är ändamålsenlig för att utföra platsundersökningarna och att de data som SKB har, i till exempel databasen SICADA, håller hög kvalitet. Dock har vissa brister i dokumentationen av interaktionen mellan delprojekten säkerhetsanalys, platsmodellering och platsundersökning identifierats och avvägningen mellan tidsplan och kvalitet har inte tydligt redovisats.

Myndigheterna ser den förhållandevis pressade tidsplanen som det viktigaste skälet till att SKB:s underlag inför ansökan skulle kunna bli otillräckligt. Inför den kommande ansökan behövs en mer systematisk analys av databehov. SKB behöver stämma av programmet för de kompletta platsundersökningarna mot SR-Can, och därefter överväga om ytterligare fältmätningar behövs efter den planerade avslutningen av platsundersökningarna sommaren 2007. Det är viktigt att SKB är beredda att justera sina tidsplaner, så som gjordes våren 2006, för att säkerställa att ett tillräckligt beslutsunderlag finns framme vid kommande ansökningstillfälle.

## Bakgrund

Regeringen ställde år 2000 krav på att SKB (Svensk Kärnbränslehantering AB) skulle redovisa ett tydligt program för platsundersökningar (Regeringsbeslut angående Fud-program 98, 2000-01-24, nr 1). SKB redovisade ett sådant program i slutet av 2000 (SKB:s komplettering av Fud-program 98). Regeringen yttrade sig över programmet och ansåg att det uppfyllde regeringens krav och hade förutsättningar att ge det dataunderlag som kommer att behövas (Regeringsbeslut angående komplettering av Fud-program 98, 2001-11-01, nr 22).

SKB definierar en platsundersökning som en undersökning där en stor mängd data om berggrunden på en specifik plats insamlas och värderas (SKB:s komplettering av Fud-program 98). Dessa data behövs för att bedöma säkerheten på lång sikt för ett potentiellt förvar för använt kärnbränsle. Data behövs också för att beskriva hur förvarets anläggningar ovan och under jord kan utformas och byggas med hänsyn till berggrund och infrastruktur. Vidare ska en platsundersökning ge det underlag som behövs för att bedöma vilka konsekvenser ett förvar får för miljön under byggande och drift.

SKB framhåller att platsundersökningsfasen är så omfattande i tid, rum och innehåll att en uppdelning är nödvändig för att kunna utföra alla undersökningar och analyser på ett effektivt sätt. Därför inför SKB termerna *inledande* och *kompleta* platsundersökningar (R-00-30, R-01-10). *Inledande* platsundersökningar är de undersökningar som behöver göras för att uppnå en jämförbar kunskapsnivå om kandidatområdena i förundersökningskommunerna. Syftet är dessutom att definiera en plats inom varje kandidatområde för vidare detaljstudier och att skaffa preliminär kunskap om bergförhållanden på förvarsdjup på denna plats. *Kompleta* platsundersökningar påbörjas om resultaten från de inledande platsundersökningarna visar att möjligheterna att anlägga ett slutförvar i ett undersökt område är goda. Syftet med de kompletta platsundersökningarna är att samla det material som krävs för att välja en plats och att ansöka om tillstånd för att konstruera ett förvar på platsen. SKB betonar vikten av att platsundersökningarna görs stegvis med integration mellan olika vetenskapliga discipliner. Därför är de inledande och de kompletta platsundersökningarna uppdelade i mindre steg. SKB framhåller att detta stegvisa undersökningssätt ger bättre möjligheter för platsanpassade undersökningsmetoder och mer effektiv återkoppling från utvärderingar.

I SKB:s planeringsdokument (TR-02-28) anges att preliminära säkerhetsbedömningar ska redovisas efter de inledande platsundersökningarna. SKB redovisar preliminära säkerhetsbedömningar (PSE) för Forsmark respektive Laxemar i rapporterna *Preliminary safety evaluation for the Forsmark area* (TR-05-16) och *Preliminary safety evaluation for the Laxemar area* (TR-06-06). SKB har även redovisat en PSE för Simpevarp men på grund av att SKB beslutat att inte fortsätta bedriva platsundersökningar i Simpevarp ingår inte den i granskningen. Målet med PSE-redovisningarna för Forsmark och Laxemar är enligt SKB:

- att med begränsade insatser värdera om förstudiens bedömning av kandidatområdets lämplighet ur säkerhetssynpunkt kvarstår baserat på nu tillgängliga platsundersökningsdata,
- att ge återkoppling till de fortsatta platsundersökningarna och arbetet med förvarsutformningen samt
- att identifiera platsspecifika scenarier och geovetenskapliga frågeställningar som kan behöva belysas i det fortsatta arbetet.



SKB anger att säkerhetsbedömningarna främst innebär att erhållen kunskap om platsen ska jämföras med de lämplighetsindikatorer som SKB tidigare har presenterat (R-00-15). Lämplighetsindikatorerna är indelade i krav och önskemål. Krav avser platsegenskaper som bedömts vara nödvändiga för säkerhet och projektering. Önskemål avser platsegenskaper som bedömts vara fördelaktiga. Resultatet av jämförelsen värderas och används för att ge återkoppling till de fortsatta platsundersökningarna och projekteringsarbetet. SKB anger vidare att säkerhetsbedömningen inte innefattar att jämföra platser eller någon värdering av om ett förvar på platsen skulle uppfylla ställda myndighetskrav på säkerhet och strålskydd. Inte heller tas miljöeffekter orsakade av konstruktion och drift av förvaret upp. Dessa effekter kommer att tas upp i MKB (miljökonsekvensbeskrivningen) för slutförvaret.

SKB anger att modellarbetet som stöder säkerhetsbedömningen för Forsmark och Laxemar baseras på kvalitetssäkrade geovetenskapliga och ekologiska fältdata som var tillgängliga 31 juli 2004 respektive 1 november 2004 (datafrys 1.2). Data till modellarbetet för Laxemar kommer både från delområde Laxemar och från delområde Simpevarp (i anslutning till Laxemar).

### **Kommande granskningar**

SKB planerade att i PSE-rapporterna använda förenklade analytiska modeller för att beräkna radionuklidutsläpp (TR-02-28). Dessa beräkningar redovisas inte i PSE-rapporterna utan kommer istället att redovisas i SR-Can. SKB planerar att publicera två rapporter om säkerhet i ett långt tidsperspektiv; SR-Can (Säkerhetsredovisning baserad på data från de inledande platsundersökningarna) och SR-Site (Säkerhetsredovisning baserad på data från de kompletta platsundersökningarna). SR-Can granskas av myndigheterna under 2007. Enligt SKB:s planering utgör SR-Site en del av ansökan för ett förvar för använt kärnbränsle och kommer att publiceras i slutet av 2009. Myndigheterna förbereder sig för att granska SR-Site bl.a. genom granskningen av SR-Can.

### **Myndigheternas roll under platsundersökningsskedet**

Lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet och strålskyddslagen (1988:220) ställer inte några direkta krav på hur SKB ska genomföra platsundersökningar. Inte heller ställs några sådana krav i SKI:s och SSI:s föreskrifter. Däremot har regeringen ställt krav om samråd om platsundersökningarnas innehåll (Regeringsbeslutet angående komplettering av Fud-program 98, 2001-11-01, nr 22). Det är inom ramen för detta samråd som denna granskning genomförs. Myndigheterna anser att det är viktigt att kontinuerligt följa platsundersökningarna för att vara väl förberedda inför granskningen av SKB:s ansökan om att få lokalisera ett slutförvar för använt kärnbränsle. Det är också viktigt för myndigheterna att särskilt kunna bistå platsundersökningskommunerna i dessa frågor.

Målgrupper för granskningen är i första hand Oskarshamns och Östhammars kommuner. Myndigheterna har presenterat sina preliminära synpunkter på platsundersökningarna för Oskarshamns och Östhammars kommun samt SKB på ett samrådsmöte för platsundersökningarna den 7 september 2006 (SKB, Mötesprotokoll, Samråd om SKB:s platsundersökningar med SKI och SSI, möte nr 10). Myndigheterna har också vid ett informationsmöte 11 december 2006 presenterat granskningen för kommunerna och miljögrupper.

## **Syftet med myndigheternas granskning**

Myndigheterna har lämnat förslag och efterfrågat synpunkter från kommunerna om myndigheternas granskning av PSE. I enlighet med myndigheternas förslag fokuserar granskningen på omfattning, kvalitet och eventuell avsaknad av viktiga resultat som behövs för att kunna göra en säkerhetsanalys. Med tillräcklig omfattning avses till exempel om mängden data är tillräcklig för att minimera osäkerheter eller utgöra underlag för modelleringar. Med tillräckligt hög kvalitet avses till exempel om mätdata är representativa. Eftersom platsundersökningsarbetets organisation påverkar kvaliteten på det arbete som utförs berör myndigheternas granskning också organisationsfrågor. När det gäller bedömningen av vilka data som kommer att behövas för kommande säkerhetsanalyser har myndigheterna fokuserat på behov av data inom några områden av särskild betydelse. Utöver detta önskade kommunerna även att myndigheterna skulle ge uttryck för om de anser att en plats har sådana uppenbara svagheter att den sannolikt inte kommer att klara myndighetskraven vid en kommande granskning av en ansökan för ett slutförvar för använt kärnbränsle.

## **Genomförande**

För denna granskning har myndigheterna bildat en gemensam granskningsgrupp. Som stöd för sin granskning har SKI och SSI låtit sina respektive rådgivande grupper INSITE och Oversight granska alla rapporter som omfattas av granskningen (se nästa avsnitt). Deras granskningsrapporter utgör underlag för myndigheternas granskning (SKI-INSITE TRD-05-05; TRD-05-10; TRD-05-12; TRD-06-02; TRD-06-03; Klos, 2006; Oversight, 2006a; Oversight, 2006b; Wörman, 2006).

Myndigheterna konstaterar att SKB:s arbetsmetodik är stegvis överlappande och att nästkommande steg påbörjas innan det föregående steget avslutats. En del underlagsrapporter till PSE-rapporterna publicerades också sent. Till exempel utkom rapporten *Preliminary site description, Laxemar subarea – version 1.2* (R-06-10) i april 2006. Myndigheterna anser att SKB genom detta arbetssätt har gett myndigheterna och dess rådgivande grupper vissa svårigheter att genomföra denna granskning.

## **Omfattningen av myndigheternas granskning**

Myndigheterna har huvudsakligen granskat de två PSE-rapporterna (TR-05-16; TR-06-06). Biosfären redovisas i två separata rapporter som också har ingått i granskningen (R-05-03; R-06-11). För att sätta PSE-rapporterna i ett sammanhang har även två rapporter beaktats där SKB beskriver hur de kompletta platsundersökningarna ska genomföras (R-04-75; R-05-37). SKI har dessutom granskat delar av SKB:s platsundersökningsarbete, med avseende på organisation och kvalitet, vid en inspektion som genomfördes under våren 2005 och även den utgör ett underlag till granskningen (SKI 2005/528). Myndigheterna har också tittat på hur väl PSE svarar mot myndigheternas föreskrifter och allmänna råd; SKI FS 1998:1 och SKI FS 2002:1 (krav på säkerhetsanalyser och säkerhetsredovisningar) samt SSI FS 1998:1 och SSI FS 2005:5 (krav på riskanalys).

## Myndigheternas bedömning av PSE

SKB:s metod att i PSE jämföra resultaten från de inledande platsundersökningarna med egna uppsatta krav och önskemål (R-00-15) anser myndigheterna vara rimlig. Det är ett sätt att identifiera brister som skulle kunna diskvalificera en plats från fortsatta platsundersökningar. Det är dock viktigt att påpeka att kraven och önskemålen inte är formulerade av SKI och SSI, och att uppfyllelse av dem inte innebär att en plats är godkänd av myndigheterna. Först efter granskning av en komplett säkerhetsanalys kan myndigheterna uttala sig om ifall ett slutförvar för använt kärnbränsle på en plats uppfyller myndigheternas krav.

Resultaten från SKB:s säkerhetsanalys som presenterades i SR-Can hösten 2006, och från myndigheternas granskning av SR-Can, skulle t.ex. kunna innebära att vissa typer av mätningar behöver göras i större omfattning och/eller med större noggrannhet än vad som gjorts under platsundersökningarna. Myndigheterna noterar dock att SKB:s tidsplan för att färdigställa ansökan för ett förvar ger liten tid för återkoppling. Eftersom SKB planerar att avsluta platsundersökningarna sommaren 2007 har myndigheterna svårt att se hur SKB:s resultat från SR-Can har kunnat påverka platsundersökningsarbetet i någon större utsträckning. Myndigheternas granskning av SR-Can planeras vara klar i slutet av 2007 och resultaten kommer enligt SKB:s nuvarande planering inte alls att kunna användas för eventuell återkoppling till platsundersökningsarbetet.

Myndigheterna ser den förhållandevis pressade tidsplanen som det viktigaste skälet till att SKB:s underlag inför ansökan skulle kunna bli otillräckligt. SKB ändrade våren 2006 sina tidsplaner för att lämna in en ansökan för att få uppföra ett slutförvar för använt kärnbränsle till i slutet av 2009. Det är viktigt att SKB även fortsättningsvis är beredda att justera sina tidsplaner för att säkerställa att ett tillräckligt beslutsunderlag finns framme vid kommande ansökningstillfälle.

### **Övergripande bedömning av platsernas lämplighet**

I det dataunderlag som SKB har presenterat har myndigheterna inte identifierat något som medför att platsundersökningarna bör avbrytas. Men myndigheterna anser att PSE-rapporterna inte behandlar alla de frågor som SKB ursprungligen planerade och att det därför varit svårt att granska och bedöma vissa frågor av betydelse för långsiktig säkerhet och strålskydd. Avstämning i PSE mot SKB:s tidigare etablerade krav och önskemål ger ingen tillräcklig grund för att bedöma om en plats är lämplig för att bygga ett slutförvar. PSE baseras på en begränsad datamängd och i PSE-rapporterna framkommer också att SKB har ändrat synen på vissa krav och önskemål under processens gång (se till exempel avsnitt 3 Termiska analyser). Myndigheterna anser att motiven till förändringarna borde ha redovisats separat. Myndigheterna anser även att gränsen mellan krav och önskemål inte är entydig. I PSE-rapporten för Laxemar är det till exempel ingen uppenbar skillnaden mellan kravet och önskemålet som i båda fallen gäller risk för spjälkningsfenomen (sid 9, sista punkten under krav och sid 11, första punkten under önskemål). Myndigheterna menar att resultaten från platsundersökningarna inte ger stöd för SKB:s säkra uttalanden i PSE-rapporterna om kravuppfyllelse.

Myndigheternas detaljerade granskningskommentarer redovisas i den fortsatta texten ämnesvis. I stort motsvarar rubrikerna de ämnesrubriker som finns i PSE rapporternas kapitel 3. Därutöver redovisas även några särskilda områden som myndigheterna vill kommentera och slutsatser.

## Geologi

Eftersom berget utgör en viktig barriär i KBS-3 konceptet gäller de allra flesta av SKB:s krav och önskemål berget och dess egenskaper (R-00-15). Ett krav som SKB ställer på berget är att bergarterna inom förvarets deponeringsområde inte får utgöras av så värdefulla mineral att det skulle kunna motivera brytning på hundratals meters djup. Ett annat krav är att regionala plastiska skjuvzoner ska undvikas om det inte kan visas att zonens egenskaper är desamma som berget i övrigt. God kännedom om deformationszonerna är viktigt för säkerheten eftersom de kan vara förknippade med nedsatt mekanisk hållfasthet. Ett ytterligare krav som SKB specificerat är att det måste vara möjligt att inplacera förvaret med hänsyn till sprickzonerna. Deponeringstunnlar och deponeringshål för kapslar får inte passera genom eller placeras för nära regionala och lokala större sprickzoner. Deponeringshål får dessutom inte korsa identifierade lokala mindre sprickzoner.

SKB gör bedömningen att malmpotentialen är liten i Forsmark trots områdets läge i malmprovinsen Bergslagen. För Laxemar gör SKB bedömningen att malmpotential saknas med undantag för ornamentsten. Såväl myndigheterna som SKI:s expertgrupp INSITE har i sin granskning kommit till samma slutsats. INSITE påpekar dock vikten av att SKB redovisar resultaten av generisk, geofysisk modellering av ett utbyggt slutförvar där anomalierna från främst gravimetriska, magnetiska och elektriska undersökningar från markytan redovisas. SSI:s rådgivande grupp Oversight har konstaterat att SKB:s undersökningar visar att det finns malmpotential några hundra meter söder om platsundersökningsområdet i Forsmark (R-04-18, Figur 4-1). Gruvdrift i närområdet skulle kunna påverka grundvattencirkulationen och därmed påverka slutförvarets långsiktiga skyddsförmåga.

Myndigheterna konstaterar att SKB har utvecklat ett ambitiöst program för kartläggning av strukturer inom respektive förvarsområde. Myndigheterna anser dock att SKB bör säkerställa att dataunderlaget omfattar alla olika bergarter och variabiliteten inom bergblocken. Dels genom tillräckligt antal hål och dels genom att tillräckligt djupa borrhål (>300-400 m) borrar för lokalisering och karaktärisering av de stora deformationszonerna (Se vidare avsnitt 8 Förvarsutformning). SKI:s expertgrupp INSITE har också påpekat vikten av fortsatt lokalisering och karaktärisering av stora subhorisontella och svagt stupande deformationszoner i Forsmark och Laxemar. Myndigheterna anser att den serie av större deformationszoner med svag sydvästlig stupning som genomkorsar undersökningsområdet i Forsmark på nytt aktualiserar frågan om ett djupt borrhål (>1000 m).

Tidigt i granskningen av SKB:s platsundersökningar diskuterades behovet av redovisning av alternativa tolkningar och modeller av strukturgeologi i det fortlöpande arbetet. Som ett svar på detta har SKB i redovisningen av resultaten från de platsbeskrivande modellerna version 1.2 (R-06-10) presenterat alternativa modeller. Myndigheterna förutsätter att en utvärdering av fler alternativa modeller kommer att redovisas när SKB fortsätter arbetet med integreringen av de olika geovetenskapliga disciplinerna och i samband med resultaten från de kompletta platsundersökningarna. Utvärderingen är av betydelse för säkerhetsanalysarbetet, bland annat vid planeringen av fortsatta mätningar.

## Bergmekanik

Bergets mekaniska egenskaper påverkar både slutförvarets isolerande och fördröjande funktioner och har också stor betydelse för hur förvaret ska utformas och byggas. Bergspänningarna är en viktig faktor vid analys av bergets stabilitet. SKB ställer kravet att bergets hållfasthet, sprickgeometri och initiala bergspänningar inte får vara sådana att det uppstår omfattande stabilitetsproblem kring tunnlar eller deponeringshål inom deponeringsområdet (R-00-15). Preliminära mätdata tyder på att bergspänningar är höga på större djup i Forsmark och lägre i Laxemar men olika i olika bergsvolymer. För bägge platserna gäller att den största horisontella bergspänningen är riktad från nordväst mot sydost. Bergspänningar är en fråga som kommer att följas upp av myndigheterna i kommande säkerhetsgranskningar.

## Laxemar

I Laxemar är bergspänningarna lägre än i Forsmark och mätningarna ger i stort sett tillförlitliga resultat. Bergspänningarna är olika i olika bergsvolymer. SKB har i PSE definierat två olika spänningsdomäner inom området (I och II). I spänningsdomän I är spänningarna högre och bergets hållfasthet något lägre än normalt. Detta innebär en ökande risk för spjälkning i deponeringshål vid förvarsdjup under 450 m. SKB anger att vid 550 m djup uppskattas risken för spjälkning till 20 % och vid 650 m djup till 60 %. I spänningsdomän II finns ingen risk för smällberg eller andra spjälkningsfenomen, oavsett förvarsdjup. Myndigheterna konstaterar att gränsen mellan krav och önskemål i PSE beträffande bergspänningar inte är entydig eftersom det är svårt att utläsa skillnaden mellan de punkter som i båda fallen gäller risk för spjälkningsfenomen (sid 9, sista punkten under krav och sid 11, första punkten under önskemål).

## Forsmark

I Forsmark är bergspänningarna så höga att det är svårt att genomföra tillförlitliga bergspänningsmätningar. SKB konstaterar att de höga bergspänningarna med stor sannolikhet kommer att leda till spjälkbrott i väggarna på tunnlar och deponeringshål. Till viss del kan detta avhjälpas genom att välja en förvarslayout med gynnsam orientering av tunnlar men för deponeringshål, som är vertikalt orienterade, kommer problemet med spjälkbrott och bergutfall inte att kunna undvikas. Därför undersöker SKB möjligheten att förlägga slutförvaret ytligare, på 400 m djup (se även avsnitt 8 Förvarsutformning).

SKB arbetar kontinuerligt med att förbättra metodik och utrustning för bergspänningsmätningar. Myndigheterna anser att det är av största vikt för utsprängningen och driften av slutförvaret samt till vissa delar för den långsiktiga säkerheten att SKB kan redovisa tillförlitliga bergspänningsdata för kandidatplatserna. Myndigheterna anser att SKB under det fortsatta platsundersökningsarbetet bör genomföra en spänningsanalys där resultaten från olika mätningar med olika metoder integreras så att bästa möjliga entydiga resultat fås beträffande magnituder och orientering hos spänningarna och spänningarnas variation med djupet.

## Termiska analyser

Bergets värmeledningsförmåga är bestämmande för avståndet mellan deponeringstunnlarna och deponeringshål i slutförvaret. SKB har angett önskemålet att berget bör ha högre värmeledningsförmåga än 2,5 W/(m, K) (R-00-15). För Forsmark, där berget har en

relativt hög värmeledningsförmåga, föreslår SKB att avståndet mellan deponeringstunnlarna ska vara 40 m och 6 m mellan deponeringshålen. I Laxemar är bergets värmeledningsförmåga sämre. I PSE för Laxemar redovisar SKB att det beräknade avståndet mellan deponeringshålen kommer att variera mellan 7,0 – 8,1 m för det fall slutförvaret placeras på 500 m djup. Behovet av större avstånd i Laxemar illustrerar betydelsen av värmeledningsförmågan för lokaliseringen av deponeringshålen. Sämre värmeledningsförmåga medför längre löpmeter deponeringstunnlar och därmed ökade kostnader för utsprängningen och återfyllnaden av slutförvaret.

SKB använder idag flera olika metoder för bestämning av värmeledningsförmåga och resultaten visar på relativt stor variabilitet både inom och mellan bergartsområden. Myndigheterna delar SKB:s uppfattning att ett större antal laboratoriebestämningar av de termiska egenskaperna (t.ex. inverkan av heterogenitet, korrelationsavstånd och anisotropi) krävs för de olika bergarterna och särskilt för omvandlade bergarter. Myndigheterna anser också att SKB närmare bör studera omgivningstryckets inverkan på de termiska egenskaperna eftersom bergspänningar kan öka ledningsförmågan. SKB bör även tydliggöra hur bergets heterogenitet påverkar behovet av mätdata.

SKB har genomfört temperaturmätningar i borrhålen vid Forsmark och Laxemar. Resultaten visar en stor spridning mellan olika borrhål i respektive område och även som funktion av tidpunkten för mätningen. SKB uppger att nya mätserier kommer att genomföras. Om variabiliteten efter dessa mätningar kvarstår kräver detta en fördjupad analys eftersom bergmassans temperatur vid valt deponeringsdjup är en ingångsparameter i de termiska och termo-elastiska beräkningarna för slutförvaret.

SKB har tidigare fastlagt ett krav att temperaturen på kapslarnas yta inte får överstiga 100°C (Werme, 1998). Styrande för kravet var risken för saltavlagringar på kapselns yta till följd av avkokning, eftersom saltavlagringarna kan leda till en betydligt aggressivare vattenkemi i kapslarnas närhet. Enligt PSE för Forsmark ska temperaturkravet för kapseln nu betraktas som ett önskemål, istället för ett krav. I PSE för Laxemar anger SKB att krav på en högsta kapseltemperatur inte är relevant. Dock kvarstår kravet att temperaturen i bufferten inte får överstiga 100°C (TR-06-06, sid 60). SKB ger ingen utförlig förklaring till varför det inte längre är nödvändigt att begränsa kapseltemperaturen, utan hänvisar till kommande redovisning i SR-Can. Myndigheterna anser att SKB bör tydliggöra vilka överväganden som ligger bakom ställningstagandet att temperaturen på kapselns yta inte längre anses kritisk. Myndigheterna kommer därför att följa upp frågan i SR-Can och Fud-program 2007.

### **Laxemar**

I PSE för Laxemar visar SKB med hjälp av probabilistiska beräkningar hur bergets värmeledningsförmåga påverkar maxtemperaturer i buffert och kapsel. SKB menar att beräkningarna tyder på att kravet på maximal temperatur för bufferten inte kommer att överskridas om rumslig variation av bergets värmeledningsförmåga tas med i beräkningen. SKB visar vidare med hjälp av deterministiska beräkningar hur känslig maximal kapsel- och bufferttemperatur är för avstånd mellan kapslar. Här menar SKB att beräkningsresultaten tyder på att det finns marginal i föreslagna kapselavstånd.

Enligt myndigheterna saknar SKB dock en tydlig strategi för hur man avser klargöra att temperaturkravet uppfylls för samtliga deponeringspositioner och vilken minsta marginal till kravet som kan accepteras. SKB använder till exempel deterministiska beräkningar som ett sätt att ta hänsyn till heterogeniteten i berget och utgår från ett ansatt minsta värde

på bergets värmeledningsförmåga. Myndigheterna anser att dessa beräkningar behöver kompletteras så att de inkluderar övriga osäkerheter i systemet, till exempel storlekar på spalterna, buffertens värmeledningsförmåga och kapslarnas resteffekt. Dessutom behöver SKB klargöra betydelsen av eventuella deponeringspositioner med lägre värmeledningsförmåga än den som används i beräkningarna.

SKB uppmärksammar att bristen på data från förvarsdjup behöver åtgärdas under det avslutande platsundersökningsskedet. I PSE för Laxemar anges att syftet med de fortsatta platsundersökningarna är att kunna effektivisera förvarsutformningen, dvs. minimera avståndet mellan deponeringshålen. Myndigheterna stödjer behovet av att komplettera dataunderlaget, men anser att kompletteringarna även behövs för att bättre kunna uppskatta sannolikheten att enstaka deponeringspositioner inte uppfyller temperaturkravet.

### **Forsmark**

Till skillnad från PSE för Laxemar innehåller PSE för Forsmark även en utvärdering av kapseltemperaturen. SKB redovisar en serie deterministiska och probabilistiska beräkningar av maximal temperatur på buffert och kapsel. Som nämnts tidigare indikerar hittills genomförda mätningar att berget i Forsmark har en högre värmeledningsförmåga än berget i Laxemar. SKB drar dock inte helt entydiga slutsatser av resultaten från beräkningarna. Å ena sidan anger SKB att det från bergmekanisk synvinkel inte är lämpligt att minska avståndet mellan deponeringshålen till mindre än 6 m. Å andra sidan framför SKB att detta är något som kan övervägas för att få en effektivare utformning av förvaret. Myndigheterna anser, på samma sätt som för Laxemar, att SKB behöver klargöra vilken strategi man avser att tillämpa för att visa att temperaturkravet är uppfyllt för samtliga kapselpositioner.

Resultaten från det pågående värmeförsöket på den yttligare delen av berget i Forsmark kommer att visa graden av temperaturutbredning beroende på riktning (termisk anisotropi). Om det visar sig vara av betydelse bör SKB redovisa hur man i de platsbeskrivande modellerna avser modellera den termiska anisotropin för Forsmark. Myndigheterna anser att SKB bör överväga om försök även behöver göras i Laxemar, bl.a. baserat på en bedömning av betydelsen av geologiska skillnader och erfarenheterna från värmeförsöket i Forsmark.

### **Hydrogeologi**

Hydrologiska data är bland annat grundläggande i modelleringar för att kunna göra uppskattningar av hur radionuklider sprids i berg och ytnära ekosystem över tid. SKB har specificerat att det är önskvärt att ha en vattengenomsläpplighet som är mindre än  $10^{-8}$  m/s i en stor del av bergmassan i deponeringsområdet (sid 7, R-00-15), men om önskemålet inte uppfylls anger SKB att platsens lämplighet kan ifrågasättas (sid 9, R-00-15). Myndigheterna anser att det är otydligt om SKB betraktar bergets vattengenomsläpplighet som ett önskemål eller som ett krav. SKB konstaterar att för Laxemar är beskrivningen av bergmassans vattengenomsläpplighet osäker, varierar kraftigt och är ställvis relativt hög, och att det därför är tveksamt om önskemålet om låg vattengenomsläpplighet kan anses vara uppfyllt (PSE Laxemar, sid 11-12). Detta är en viktig fråga för Laxemar och kommer att följas upp vid granskningen av SR-Can. För Forsmark visar modellresultat att uppställda önskemål uppfylls väl men att fler datapunkter behövs för att kunna reducera osäkerheterna.

Det finns fortfarande betydande osäkerheter kring förekomst och utbredning av sprickor och deformationszoner i olika storleksklasser allt ifrån meter- till kilometerskala. Detta har betydelse dels för hur kostnadseffektivt förvaret kan byggas, dels för långsiktig säkerhet och strålskydd då grundvattnets omsättning, geokemi och radionuklidtransport påverkas av strukturer i berget. Sannolikt kommer betydande osäkerheter att kvarstå även efter att ytterligare borrhålsundersökningar genomförts i de fortsatta platsundersökningarna, och också efter en mer detaljerad analys av befintliga data. Myndigheterna bedömer att en nyckelfråga då kommer att vara om SKB har lämpliga strategier för hanteringen av kvarvarande osäkerheter både beträffande säkerhetsanalys och förvarsutformning. I detta sammanhang är det positivt att SKB inom Laxemar området påbörjat nya typer av mätningar för att även förstå betydelsen av de mindre deformationszonerna (på engelska: "minor deformation zones"). Det behövs bl.a. ytterligare hydrologiska data, förståelse för hur sprickor kan relateras till deformationszoner och svar på frågan om anisotropi är en viktig faktor.

I Forsmark har subhorizontella sprickzoner identifierats vilket förmodligen medför att speciella hydrologiska förhållanden föreligger i området. Myndigheterna anser att denna nya kunskap bör medföra justeringar av platsundersökningarna, d v s att särskilda mätningar genomförs och att strategin för hydrogeologisk modellering anpassas till de nya förhållandena. Till exempel kan antaget ytområde i hydrologiska modeller behöva utökas för att beräkningar av radionuklidtransport ska kunna identifiera troliga utflödesområden. Vidare kan storleken på de hydrologiska modellerna behöva ses över för att fånga in de drivkrafter som styr grundvattenströmning på förvarsdjup.

SKB:s metod för utvärdering av hydrogeologi och radionuklidtransport baseras på uppskalning och statistisk analys av sprickor i berget. Då denna metod baseras på olika typer av antaganden har SKI:s rådgivande grupp INSITE påtalat behovet av särskilda tester för att bekräfta att modellerna ger rimliga resultat (bekräftande tester, på engelska: "confirmatory testing"). SKB har nyligen presenterat en strategi för att ta fram "partiellt" validerade modeller, som inkluderar denna typ av tester. Myndigheterna anser att redovisningen av denna strategi innebär ett klarläggande av hur SKB kommer att använda bekräftande tester och är en utveckling av SKB:s program för radionuklidtransport och hydrogeologi.

Myndigheterna anser att det i PSE rapporteringen saknas mycket information om hur hydrologiska faktorer påverkar ett eventuellt utsläpp av radionuklider. Viktiga hydrologiska faktorer för att uppskatta hur radionuklider sprids i ytnära ekosystem är flödes hastighet i ytvatten och transporthastighet för lösta radionuklider. I SKB:s övergripande ekosystemmodeller ingår dessa hydrologiska faktorer. SSI:s rådgivande grupp Oversight anser dock att det är svårt att förstå hur platsbeskrivningarna (R-05-18; R-06-10) kan ge tillförlitliga bedömningar av faktorerna. Till exempel tycks det saknas detaljerad information om vattendragens geometri och friktionsförlustkoefficienter för vattendrag i SKB:s databas. En annan oklarhet som Oversight noterat gäller utvärderingarna av utströmningsdata från åar vid åtta platser i Forsmark som pågår sedan 2002. Oversight anser att urvalet är litet med tanke på antalet åar i området. Det är oklart hur dessa mätningar ska användas och om data räcker för att få tillräcklig kunskap om nuvarande vattenbalans. En annan fråga är om SKB:s hydrologistudier över tid är tillräckligt långa för att i en säkerhetsanalys kunna beskriva årstidsvariation och mellanårsvariation för nederbörd och avrinning. Oversight ifrågasätter också om antalet stationer för mätning av hydrauliska egenskaper är tillräckligt många beträffande sediment i sjöar och åar, vilka är de huvudsakliga utloppen för grundvatten. De tre olika mättekniker som används för att mäta magasin-koefficient och transmissivitet ger heller ingen (eller mycket begränsad) information om vertikal



variabilitet av porositet och permeabilitet i kvartära avlagringar, eftersom dessa mättekniker bygger på antaganden om homogena villkor (Wörman, 2006).

Myndigheterna ser positivt på att SKB genomfört detaljerade modellstudier av grundvattenströmningen i de ytnära delarna av berget och i biosfären. Modelleringsresultaten visar att utsläppspunkter ligger i närheten av vattendrag, i eller runt omkring sjöar samt längs kustlinjer (Lindborg, 2006). Sådana här studier av interaktionen mellan ytvatten och grundvatten i en zon där kvartära avlagringar ligger ovanför kristallint berg kan ge en bättre förståelse för hydrogeologi och fördelning av radionuklider vid eventuellt läckage från slutförvaret.

SKB har presenterat en särskild rapport *Storregional grundvattenmodellering – fördjupad analys av flödesförhållanden i östra Småland* (R-06-64). Myndigheterna genomför en särskild granskning av denna rapport, men vill här betona att SKB bör redovisa hur resultaten från den storregionala modelleringen tagits om hand i planeringen av de hydrogeologiska undersökningarna och platsmodelleringen.

## Hydrogeokemi

SKB framhåller i PSE-rapporterna att hydrogeokemi direkt påverkar ett förvars isoleeringsförmåga. En stabil och lämplig grundvatten sammansättning är en förutsättning för stabilitet hos kopparkapsel och bentonitbuffert i ett långtidsperspektiv. SKB:s krav på berget är att grundvattnet på förvarsnivå inte får innehålla löst syre och att den totala salthalten är <100 g/l (R-00-15). Uppsatta önskemål för grundvattensammansättningen på förvarsnivå är bland annat att pH-värdet ligger i intervallet 6-10 och att koncentrationen av lösta organiska ämnen ([DOC] <20 mg/l) och kolloider (<0,5 mg/l) är låga.

I PSE-rapporterna drar SKB slutsatsen att båda platserna uppfyller alla de krav och önskemål för hydrogeokemi som SKB satt upp (TR-06-06, sid 85 och TR-05-16, sid 74). Myndigheterna anser att denna slutsats grundats på en otillfredsställande liten mängd geokemisk information från i första hand förvarsdjup för båda platserna. Detta innebär att SKB:s slutsats att platserna uppfyller alla hydrogeokemi krav och önskemål till stor del baseras på expertbedömningar och äldre data (för Laxemar) snarare än tillförlitlig data från pågående platsundersökningar. Denna brist avser båda platserna även om skälen till varför det är svårt att erhålla representativa prover är olika. SSI:s rådgivande grupp Oversight menar att antalet provtagningsställen i berggrunden förefaller vara för utspridda för att kunna utgöra ett underlag för utvärdering av de rumsliga trenderna i grundvattenkemin.

Myndigheterna anser också att eftersom lämpliga geokemiska förhållanden är av central betydelse för långsiktig säkerhet och strålskydd, måste avsaknaden av geokemisk information betraktas som en betydande brist. Det är angeläget att SKB under det fortsatta platsundersökningsarbetet i tillräcklig omfattning prioriterar denna fråga. Vid tidpunkten för publiceringen av PSE saknades till exempel ett tillräckligt antal prover av grundvatten (mer än några enstaka prov), som väl bedöms representera förvarsdjup, och som på ett reproducerbart sätt kan visas uppfylla SKB:s sedan tidigare uppsatta krav och önskemål beträffande grundvattensammansättning (bl.a. pH, löst syre och salthalt). Dataunderlaget för att förstå hur kritiska geokemiska parametrar varierar inom ett tänkbart förvarsområde var heller inte tillräckligt.

Myndigheterna vill framhålla att det är viktigt att SKB även beaktar behovet av geovetenskaplig förståelse i sin bedömning av vad som är en tillräcklig mängd geokemisk infor-

mation från de kompletta platsundersökningarna. En nödvändig förutsättning för kommande säkerhetsanalyser och bedömningar om platsernas lämplighet är en tillräcklig geovetenskaplig förståelse om platsernas tidigare utveckling. En brist på geokemisk information påverkar inte bara möjligheten att formellt stämma av uttryckliga geokemiska krav, utan kan även påverka möjligheterna att uppnå geovetenskaplig förståelse. En särskild svårighet är att tidskrävande tolkning och modellering av platsdata kommer att krävas för att identifiera och analysera frågor kopplade till geovetenskaplig förståelse. Behovet av återkoppling från modellering och analys till fortsatt insamling av data kan därför bli en begränsande faktor.

Myndigheterna anser att geokemiska mätningar förutom användningen i geokemisk modellering, även kan ge underlag för oberoende utvärderingar av hydrogeologiska-, paleohydrogeologiska- och radionuklidtransportmodeller. Därför borde SKB innan de kompletta platsundersökningarna avslutas genomföra en förnyad bedömning av användbarhet och behov av geokemisk information för t.ex. frågeställningar kring inverkan av grundvattnets ålder och ursprung, identifiering av in- och utströmningsområden, heterogeniteter i olika skalor, karakterisering av flödesvägar, och diffusivt utbyte med matrisvatten. Med geokemiska mätningar avses här inte bara kemisk- och isotopsammansättning av grundvattenprover, utan även analys av kolloider, lösta gaser och sprickfyllnadsmineral.

Partikulärt material och kolloider är intressanta i dessa sammanhang eftersom de kan fungera som transportörer av radionuklider. Myndigheterna har inte hittat någon redovisning av mätning av partikulärt material i PSE och undrar hur SKB tänker hantera detta i kommande säkerhetsanalyser. Beträffande kolloider delar myndigheterna SKB:s uppfattning att kolloider är en viktig fråga som återstår att besvara (R-04-75, sid 96).

Myndigheterna anser vidare att mikrobiella processer i berggrunden är ett område där SKB innan de kompletta platsundersökningarna avslutas bör göra en bedömning av erhållna data samt vad ytterligare mätningar skulle kunna tillföra. Mikrobiella processer i berggrunden är kopplade till bl.a. kapselkorrosion, redoxbetingelser och radionuklidtransport, och kan därför ha en inverkan på säkerhetsanalysen.

## **Radionuklidtransport**

Bergets transportegenskaper beror bl.a. på grundvattenströmningens storlek och bergmatrisens egenskaper. För att fördröja viktiga radionuklider i geosfären har SKB angett tre önskemål (R-00-15). Det är önskvärt att de flesta kapselpositioner efter förslutning har lägre grundvattenströmning än 0,01 m/år i kapselhålskala. Det är också ett önskemål att en stor del av alla strömningsvägar har ett transportmotstånd (F-tal) som är större än  $10^4$  år/m. När det gäller bergets ytegenskaper är det önskvärt att matrisdiffusivitet och matrisporositet inte är mycket lägre (en faktor 100 eller mer) än de värdeområden som analyserades i säkerhetsanalysen SR 97. Det maximalt tillgängliga diffusionsdjupet bör åtminstone överstiga någon centimeter.

SKB anger inte några specifika krav beträffande bergets flödesberoende transportegenskaper andra än att de ska vara tillräckliga för att övergripande tillgodose säkerheten vilket SKB menar sannolikt kan anses uppfyllt om önskemålen kan tillmötesgå. SKB hävdar att PSE rapporterna redovisar att ett förvar kan uppfylla alla önskemål beträffande transportegenskaper (ett förvar placerat på 400 m djup eller djupare i Forsmark respektive 500 m djup eller djupare i Laxemar). Myndigheterna anser att SKB:s uttalande att alla önskemål beträffande bergets transportegenskaper är uppfyllda inte är tillräckligt väl un-

derbyggt. I modellberäkningar för radionuklidtransport kan t.ex. olika transportmotstånd (F-tal) fås beroende på vilken geometri som antas för bergsprickorna. Med en annan geometri än den som SKB antagit (rörformad istället för plan) skulle ett lägre F-tal fås dvs högre transporthastighet av radionuklider (Dverstorp et al., 1996). Myndigheterna konstaterar också att SKB använder ett enda värde för F-tal i modellberäkningarna. Eftersom F-tal är svårt att mäta i fält och därför ofta tolkas från olika modeller för porgeometri baserade på fältdata menar myndigheterna att ett intervall bättre skulle visa vilka osäkerheter som är förknippade med F-tal. Myndigheterna kommer att följa upp SKB:s arbete inom detta område i granskningen av SR-Can.

Platsspecifika transportparametrar har erhållits genom mätningar på borrhålskärnor och i vissa fall mätningar i borrhål. Utplaceringen av borrhål har tidigare i första hand styrts av andra skäl än mätning av transportparametrar. I slutfasen av de kompletta platsundersökningarna kan det finnas behov av att prioritera datainsamling för säkerhetsanalysen snarare än för byggnation och utformning. Myndigheterna anser att SKB behöver försäkra sig om att databaserna för vardera platsen är tillräckliga för radionuklidtransport beräkningar inom SR-Site. Provernas representativitet och fördelning, samt densitet inom viktiga bergsvolymer för radionuklidtransport behöver diskuteras och utvärderas.

Myndigheterna anser att SKB behöver ta fram en strategi för hur generiska eller annars relevanta databaser (till exempel data för Äspö) för transportparametrar ska utnyttjas för kontroll och kvalitetssäkring av den renodlade platsspecifika analysen. Det är till exempel angeläget att SKB utreder de betydande skillnader som observerats för vissa nuklider, t.ex. sorptionskoefficienter ( $K_d$  värden) för Am (III). Det behövs även en strategi för mätningar av hydrologiska data för deformationszoner, då SKB i PSE bara redovisat mätningar för en liten andel av alla zoner som identifierats.

Myndigheterna ser positivt på att SKB planerar att partiellt validera modeller som behövs för radionuklidtransport beräkningar (se även avsnitt 5 Hydrogeokemi). Det är därför bra att SKB planerar en serie spårämnesförsök under platsundersökningarna (till exempel enhålsspår-försök (SWIW-försök) och storskaliga spårämnesförsök i slutfasen av de kompletta platsundersökningarna). Myndigheterna anser att SKB inför den fortsatta bedömningen av detta arbete bör redovisa hur information från eventuella spårämnesförsök under en konstruktionsfas kan komplettera arbetet som kommer att genomföras under de kompletta platsundersökningarna.

## **Modellering och säkerhetsanalys**

SKB:s definition av en platsbeskrivande modell är att den utgör en beskrivning av en plats och dess regionala omgivning, inkluderande dess nuvarande tillstånd och egenskaper hos geosfär och biosfär, och de pågående naturliga processer som kan förväntas påverka platsens utveckling över längre tid. Version 1.1 av de platsbeskrivande modellerna bedömdes av myndigheterna ha en lämplig struktur men ansågs enbart vara en första illustration över hur platsdata kan sammanställas i en platsmodell (SKI rapport 2005:06; SSI rapport 2005:03). En ny version av de platsbeskrivande modellerna (version 1.2) redovisas i underlagsrapporterna till PSE för Forsmark och Laxemar (R-05-18; R-06-10).

Myndigheterna anser att SKB varken i PSE eller i underlagsrapporterna (R-05-18; R-06-10) tydligt redovisat omfattning och kvalitet på platsundersökningsdata som ska användas i säkerhetsanalysen. SSI:s rådgivande grupp Oversight anser att de platsbeskrivande modellerna ger värdefull information om osäkerheter och systematiska fel i platsundersök-

ningsdata. Men de påpekar att denna information till stor del är beskrivande snarare än kvantitativ. Oversight påpekar också att platsundersökningsdata från ytsystemen som redovisas i PSE rapporteringen är begränsade och att det finns betydande osäkerheter i dessa data som skulle kunna påverka trovärdigheten för kommande säkerhetsanalyser (Oversight, 2006b). Myndigheterna anser att SKB i större utsträckning bör utnyttja statistiska metoder för att beskriva osäkerheter i data. Vad gäller t.ex. kvartära avlagringar, geokemidata och ytvattenhastigheter skulle större rumslig och temporal upplösning bidra till att bättre beskriva de osäkerheter som finns i data.

Myndigheterna anser att SKB:s redovisning i PSE och underlagsrapporterna (R-05-18; R-06-10) är bristfällig beträffande återkoppling mellan modellering för säkerhetsanalys och platsundersökningar. Det framgår inte hur SKB säkerställer behovet av kontinuerlig återkoppling och samordning mellan insamling av data, modellering och verifiering, samt överföring av kunskap till utvecklingen av riskbedömningsmodeller. Myndigheterna anser att SKB inför varje ny omgång mätningar i de fortsatta platsundersökningarna bör göra en översyn av vilka data som behövs utifrån mellanliggande platsmodelleringar och analyser av osäkerheter. Målsättningen bör vara att samla in de data som är av störst betydelse för att kunna bedöma slutförvarets långsiktiga skyddsförmåga. Särskilt viktigt är att dokumentera återkopplingen från större analyser som SR-Can, för att kunna bedöma vilka data som behöver kompletteras inför avslutningen av platsundersökningarna. Myndigheterna har intrycket av att mycket av datainsamlingen baseras på krav från byggnation och förvarsutformning. Myndigheterna ser därför ett behov av att mätningar ses över för till exempel borrhål/borrhålskärnor i förhållande till troliga transportvägar för radionuklider och bergets heterogenitet.

I två särskilda rapporter (R-05-03; R-06-11) beskriver SKB ekosystemmodeller för land, sjö och hav (se även avsnitt 10 Biosfär och övergången geosfär – biosfär). SKB redogör ingående för platsernas biosfärsförhållanden i nutid och pågående naturliga processer som kan förväntas påverka platsernas utveckling över längre tid. Landhöjningen anges som en process som påtagligt kommer att påverka Forsmark och Laxemar. Myndigheterna anser att SKB inte tillräckligt väl har beskrivit platsernas framtida utveckling och att det är svårt att förstå hur de platsbeskrivande modellerna ska användas i en säkerhetsanalys.

## **Förvarsutformning**

SKB har valt att redovisa designarbetet stegvis. En preliminär anläggningsbeskrivning - layout D – har redovisats för Laxemar och Forsmark. En schematisk förvarsutformning redovisas för båda anläggningarna och minst två alternativa placeringar av ovan- och undermarksanläggningarna. Myndigheterna anser att rapporterna är väl skrivna och illustrationerna instruktiva (R-06-32; R-06-33).

I designarbetet för slutförvaret har SKB valt att studera förutsättningarna för att bygga ett slutförvar i ett antal bergblock som begränsas av större deformationszoner. För att minska riskerna för spjälkbrott och bergutfall i Forsmark har förvaret placerats på 400 m djup i ett av alternativen. I övriga alternativ är förvaret placerat på 500 m djup. I samtliga alternativ sammanfaller deponeringstunnlarnas längdutsträckning med riktningen på den största horisontella huvudspänningen. Myndigheterna konstaterar att endast ett kärnborrhål (KFM05A) är beläget inom föreslaget deponeringsområde på 400 m djup. De tre övriga hålen tangerar deponeringsområdet på förvarsdjup. I norra delen av området finns inget kärnborrhål varför föreslagen placering av tunnarna troligen väsentligt kommer att behöva förändras. Men eftersom anläggningsbeskrivningen är preliminär kan placeringen

av deponeringstunnlarna i Forsmark ändå accepteras. Myndigheterna anser dock att om förvaret placeras grundare än 500 m för att undvika problem med bergspänningar måste annan påverkan på förvaret, till exempel av permafrost och utspätt syresatt vatten, utredas. Ett grundare placerat förvar kan också vara negativt ur ett BAT och optimeringsperspektiv eftersom det skulle kunna leda till större sannolikhet för mänskligt intrång. Myndigheterna har krav på bästa möjliga teknik (BAT, Best Available Technique) och optimering (SSI FS 1998:1; SSI FS 2005:5; SKI FS 2002:1).

SKB:s förslag till förvarsutformning i Laxemar har endast delvis bekräftats med två kärnborrhål på förvarsnivå eftersom det kan konstateras att båda hålen (KLX02 och KLX04) tangerar föreslaget deponeringsområde på förvarsdjup medan övriga hål är belägna utanför området. Tunnlarnas placering har i övrigt gjorts enligt samma princip som för Forsmark dock troligen från ett mer begränsat dataunderlag. Eftersom risken för spjälkning enligt SKB är negligerbar har deponeringstunnlarnas riktning och placering optimerats utan hänsynstagande till största horisontella spänningsriktning. Men eftersom anläggningsbeskrivningen är preliminär kan placeringen av deponeringstunnlarna i Laxemar ändå accepteras.

Myndigheterna anser vidare att SKB under de fortsatta platsundersökningarna i såväl Forsmark som Laxemar bör säkerställa att ett tillräckligt antal hål borras för att bekräfta tillgänglig förvarsvolym med anpassning till belagda och potentiella deformationszoner.

SKB har infört konceptet respektavstånd och det används i diskussionerna om kravuppfyllelse i PSE för Forsmark och Laxemar. SKB har, enkelt uttryckt, definierat respektavstånd som det avstånd som ska finnas mellan en deponerad kapsel och en deformationszon för att förhindra att framtida jordskalv skulle kunna skada kapseln. SKB för ingen djupgående diskussion om konceptet i PSE. Det är till exempel oklart för myndigheterna vilka krav konceptet ställer på platsundersökningsmätningar (sprickfrekvens, -storlek och -orientering), hur konceptet testas och hur osäkerheter verifieras. SKB har initierat ett projekt (EXPECT) vars mål är att utveckla en metod att beräkna respektavstånd för kapselplaceringen och vilka kriterier som ska gälla för att utesluta en kapselplacering i en deponeringstunnel i slutförvaret. Med tanke på att respektavstånd är en av huvudfrågorna gällande kapselns integritet bör identifierade osäkerheter och behov av bättre förståelse för underliggande orsakssammanhang omhändertas i de fortsatta platsundersökningarna. Myndigheterna avser att följa upp denna fråga i kommande granskningar.

### **SKB:s organisation och kvalitetsarbete**

Inför tillståndsansökan för uppförande, innehav och drift av en anläggning för slutförvaring av använt kärnbränsle, krävs att de krav som ställs enligt kärntekniklagen (KTL 1984:3) och miljöbalken (SFS 1998:808) för kärntekniska anläggningar uppfylls. SKB bör därför kunna visa att tillräcklig kompetens använts vid framtagningen av tillståndsansökan, samt att verksamheten styrs på ett sätt som gör att underlaget uppfyller ställda krav och har den kvalitet som förväntas. För att bedöma dessa frågor har SKI genomfört inspektioner av SKB:s slutförvarsprojekt bland annat för att granska i vilken utsträckning SKB redan i detta skede arbetar i enlighet med SKI:s föreskrifter (SKIFS 2004:1, 2 kap. och 4 kap.) beträffande genomförandet av slutförvarsprojektet.

Inspektionen av SKB:s organisation för platsundersökningar visar att den gradvis förbättrats och kan anses vara ändamålsenlig (SKI inspektionsrapport 2005/528). SKB ansågs tillämpa lämpliga rutiner för återkoppling, internrevisionsverksamhet, avvikelshantering

samt fördelning av roller och ansvar. Det är positivt att SKB numera driver sitt platsundersökningsarbete i projektform samt att etappmål och milstolpar definieras. Myndigheterna har i olika sammanhang dock framfört vissa farhågor om att SKB inte tillräckligt väl tydliggjort hur återkoppling kommer att ske och hur erfarenheter från tidigare steg beaktas i planering av kommande steg. Under platsundersökningarna är till exempel interaktionen mellan delprojekten säkerhetsanalys, platsmodellering och platsundersökning av stor betydelse. SKB har angivit att återkoppling sker på ett flertal sätt, framförallt i slutet av modellrapporter och preliminära säkerhetsbedömningar, mötesprotokoll och vid behov i särskilda dokument. SKB har även hänvisat till informell återkoppling. Beträffande det sistnämnda, anser myndigheterna dock att informell återkoppling bör ses som ett komplement snarare än en ersättning av en formell och väl dokumenterad återkoppling.

I SKI:s inspektionsrapport påtalas även vikten av att SKB är tydliga med hur man hantearr avvägningen mellan tidsplan/kostnad och kvalitet, eftersom överväganden kring tidsplan/kostnad inte får innebära att kvaliteten blir bristfällig. Det framgick till exempel att det är platsundersökning Forsmark respektive Oskarshamn som fattar beslut om hur rekommendationer från platsmodelleringprojektet bäst tillgodoses med hänsyn till kostnader. SKB har blivit rekommenderade att motivera och dokumentera dessa beslut så att det i ett senare skede framgår på vilken grund beslut har tagits.

SKI:s expertgrupp INSITE har genomfört ett flertal inspektionsliknande granskningar av SKB:s praktiska genomförande av olika tekniska moment inom platsundersökningarna (har benämnts ”field audits” eller ”field technical reviews”). Dessa granskningar har fokuserats på t.ex. hydrologimätningar, karakterisering av strukturgeologi, grundvattenprovtagning, bergspänningsmätningar samt mätningar av bergets termiska egenskaper. Alldeles i början fanns en otillräcklig dokumentation av rutiner och arbetsmetoder men detta har rättats till efterhand. INSITE gruppens medlemmar tar tagit fram många förslag till förbättringsåtgärder som myndigheterna anser att SKB behöver beakta. Överlag är myndigheternas bedömning att SKB:s arbete inom platsundersökningarna bedrivs med hög kvalitet. Det är viktigt att SKB löpande analyserar om arbetet bedrivs med tillräckliga ekonomiska och personella resurser, samt att verksamheten styrs, analyseras och utvecklas så att kraven på säkerhet och strålskydd tillgodoses.

### **Biosfär och övergången geosfär - biosfär**

SKB beskriver biosfären i två särskilda rapporter (R-05-03; R-06-11). Syftet med rapporterna är att beskriva ingående delar (abiotiska och biotiska) i ett ekosystem, utveckla beskrivande modeller för dessa delar och att konstruera ekosystemmodeller för land, sjö och hav. Vidare är syftet att ge exempel på hur man i en säkerhetsanalys kan använda platsbeskrivning för dosmodellering och för beskrivning av hur en plats utvecklas i framtiden. Ytterligare ett syfte är att visa hur platsmodellerna kan användas till stöd för förenklingar och antaganden i övergripande säkerhetsanalyser för förvar på platserna. SKB anser att dessa rapporter ger tillräcklig återkoppling till de fortsatta platsundersökningarna och ser ytterligare analyser i PSE som onödiga (TR-05-16 sid 84; TR-06-06 sid 97).

Myndigheterna menar att SKB:s mål med PSE inte enbart var att ge återkoppling till de fortsatta platsundersökningarna. Ett annat mål var att identifiera plats specifika scenarier som SKB kan behöva belysa i det fortsatta arbetet. SKB redovisar ingen diskussion om detta vare sig i PSE eller i biosfärsrapporterna. Myndigheterna tolkar bristen på redovis-

ning som att SKB ännu inte har tillräckligt med resultat från de platsundersökta områdena för att kunna föra en diskussion om platsspecifika scenarier.

Beskrivningen av biosfären är omfattande. Myndigheterna är också positiva till att SKB har ambitionen att utveckla ekosystemmodeller för att beskriva kolflöden och ackumulering av biotillgängliga radionuklider. Myndigheterna har intrycket av att SKB arbetar med flera biosfärmodeller samtidigt, vilket är värdefullt. Myndigheterna ställer sig dock frågande till hur ekosystemmodellerna kommer att användas i kommande säkerhetsanalyser. Modellerna kan ge parametervärden som t.ex. kolflöde och kolresidenstid till dosmodeller i en säkerhetsanalys men det är oklart vilka radionuklidernas flöden som kan modelleras med hjälp av ekosystemmodellerna. Det saknas också en diskussion om validering av dessa modeller. SKB anger t.ex. att kolbudgeten som redovisas för sjöekosystemmodellen för Laxemar kan antas vara nära den reella kolbudgeten trots att många parametrar i modellen inte har mätts (sid 264, R-06-11). För att kunna beskriva tänkbara processer i en modell behövs en strategi för att bestämma vilka parametrar som behöver mätas.

Ytterligare ett exempel där myndigheterna har identifierat en brist på parametervärden är SKB:s vattendragsmodell. En av de viktigaste transportprocesserna för radionuklider i vattendrag är advektion in och ut ur sediment, till följd av en statisk tryckgradient (Sauger et al., 2005) och en dynamisk tryckgradient (känd som "pumping") över sedimentytan, (Elliott and Brooks, 1997). SKB:s tidigare vattendragsmodell tog enbart hänsyn till utspädningen (Bergström et al., 1999). En mer processororienterad vattendragsmodell har vidareutvecklats av Jonsson och Elert (2005) där en sammansatt parameter för advektivt flöde in och ut ur sediment används, som dock inte tydligt uttrycker de två ovan nämnda tryckgradienterna. Det saknas data från platsundersökningarna som kan användas för att ta fram denna sammansatta parameter.

Myndigheterna menar även att vissa parametrar som behövs i en säkerhetsanalys tycks saknas, t.ex. en sammanhållen kartläggning av mänskliga aktiviteter och möjliga exponeringsvägar till människa. SSI:s rådgivande grupp Oversight anser att beskrivningen av mänskliga aktiviteter utgår från ett socioekonomiskt perspektiv snarare än aktiviteter som kan resultera i exponeringsvägar.

Myndigheterna anser dessutom att dataunderlaget beträffande övergången mellan geosfär och biosfär fortfarande är bristfälligt. SSI:s rådgivande grupp Oversight påpekar till exempel att observationsplatserna som används för att uppskatta djupet av kvartära avlagringar inte är tillräckligt många. Kvartära avlagringars djup är en viktig faktor för att kunna uppskatta hydrologiskt utbyte och dosen till människa. Kunskap om kvartära avlagringars karaktär är viktig för den övergripande förståelsen av flödet av ytnära grundvatten. Inom ett avrinningsområde ligger grundvattnets utsläppspunkter vanligtvis i topografiskt låga områden, där kvartära avlagringar kan vara relativt djupa. Avlagringsdjupet varierar dock från plats till plats. I SKB:s modellering har det kvartära avlagringsdjupet interpolerats fram baserat på glesa datapunkter (TR-05-16; TR-06-06). Det saknas referens till om och i så fall hur noggrannheten av modellerade djupdata har verifierats. De djupdata för Forsmark som SSI:s rådgivande grupp Oversight har haft tillgång till från SKB för att göra en oberoende utvärdering, visar att kvartära avlagringsdjup i stora delar av området har exakt samma värde (1,78 m). Djupdata överensstämmer inte heller med topografidata eftersom värden för de övre jordlagren i vissa fall ligger högre än topografien (Marklund L., 2006). Myndigheterna anser att SKB behöver utreda kvaliteten på data, i likhet med det som gjorts för topografidata (R-05-03, sid 50; R-06-11, sid 40) eftersom även ett tunt lager av kvartära avlagringar kan ha stor betydelse för radionuklidernas uppehållstid.

## Slutsatser

Myndigheternas syfte med denna granskning är att bedöma om SKB:s inledande platsundersökningar har tillräcklig omfattning, håller tillräckligt hög kvalitet och omfattar de data som behövs för kommande säkerhetsanalyser. I den följande texten redovisas slutsatserna från granskningen under rubrikerna *Omfattning*, *Kvalitet* och *Säkerhetsanalys*. En övergripande slutsats från granskningen är att myndigheterna i det dataunderlag som SKB har presenterat inte har identifierat något som medför att platsundersökningarna bör avbrytas. Ytterligare en övergripande slutsats är att myndigheterna ser den förhållandevis pressade tidsplanen som det viktigaste skälet till att SKB:s underlag inför ansökan skulle kunna bli otillräckligt. SKB ändrade våren 2006 sina tidsplaner för att lämna in en ansökan för att få uppföra ett slutförvar för använt kärnbränsle till i slutet av 2009. Det är viktigt att SKB även fortsättningsvis är beredda att justera sina tidsplaner för att säkerställa att ett tillräckligt beslutsunderlag finns framme vid kommande ansökningstillfälle.

### Omfattning

När det gäller omfattning konstaterar myndigheterna att PSE baseras på begränsad data-mängd. SKB har därför i PSE inte övertygande visat att viktiga krav för KBS-3 konceptet (t.ex. syrefritt på förvarsdjup och lägre salthalt än 100 g/l) är uppfyllda. Myndigheterna anser att det för båda platserna finns otillfredsställande lite hydrogeokemisk information från i första hand förvarsdjup. I Laxemar är bergets vattengenomsläpplighet en särskilt viktig fråga att utreda eftersom SKB anger att det är tveksamt om SKB:s önskemål om låg vattengenomsläpplighet kan anses vara uppfyllt. Bergets vattengenomsläpplighet har SKB definierat som ett indirekt diskvalificerande krav (*Vilka krav ställer djupförvaret på berget?* R-00-15, sid 9). Myndigheterna anser även att SKB:s uttalande att alla önskemål vad gäller bergets transportegenskaper är uppfyllt inte är tillräckligt väl underbyggt eftersom andra antaganden skulle kunna leda till mer konservativa uppskattningar, det vill säga högre utsläppshastigheter för radionuklider. Myndigheterna anser också att skillnader mellan generella och platsspecifika transportparametrar för vissa radionuklider bör utredas, t.ex. sorptionskoefficienter för Am(III). Myndigheterna konstaterar även att det i PSE redovisningen saknas data om partikulärt material och kolloider.

Myndigheterna noterar att det i stort sett saknas data från representativa deponeringsområden på förvarsdjup i Laxemar. Förvarsutformningen har inte bekräftats med centralt belägna kärnborrhål på förvarsdjup. I Forsmark är deponeringsområdet bekräftat med ett kärnborrhål. Myndigheterna anser att SKB bör genomföra tillräckligt många borrhåringar för att dataunderlaget ska omfatta de olika bergarter som finns i området och för att kunna beskriva bergartsvariabiliteten inom bergblocken. Det är också viktigt att tillräckligt djupa borrhål (>300-400 m) borraras för lokalisering och karaktärisering av stora deformationszoner. I Forsmark anser myndigheterna att upptäckten av större deformationszoner som genomkorsar undersökningsområdet på nytt aktualiserar frågan om ett djupt borrhål. Om förvaret placeras grundare än 500 m för att undvika problem med bergspänningar måste inverkan av andra faktorer utredas, till exempel påverkan av permafrost och utspätt syresatt vatten. Utgående från myndigheternas krav på bästa möjliga teknik (BAT, Best Available Technique) och optimering (SSI FS 1998:1; SSI FS 2005:5; SKI FS 2002:1) kan också ett grundare placerat förvar vara negativt eftersom det skulle kunna leda till större sannolikhet för mänskligt intrång. Myndigheterna anser att konceptet respektavstånd och vad det innebär för platsundersökningarna bör utvecklas. SKB för ingen djupgående diskussion om konceptet i PSE. SKB bör till exempel tydliggöra vilka krav kon-



ceptet ställer på mätningar under platsundersökningarna (sprickfrekvens, -storlek, och – orientering), hur konceptet testas och hur osäkerheter verifieras.

Inför ansökan behövs en mer systematisk analys av databehov, till exempel vilka data behövs för modelleringar. Det är en svår avvägning att bedöma när tillräckligt mycket data samlats in. Det är därför viktigt att SKB tydliggör vad data ska användas till; säkerhetsanalys, MKB och/eller byggbarhet. Myndigheterna saknar ett sådant tydliggörande i både PSE och rapporterna som beskriver de fortsatta platsundersökningarna. SKB:s rapport *When is there sufficient information from the Site investigations* (R-04-23) ger heller ingen konkret vägledning till hur SKB gör denna bedömning. Myndigheterna menar att det är särskilt viktigt att SKB tydligt redovisar omfattning och kvalitet av data som ska användas i säkerhetsanalysen.

### **Kvalitet**

SKI:s inspektioner av SKB:s organisation för platsundersökningar visar att den gradvis förbättrats och kan anses vara ändamålsenlig. SKB ansågs tillämpa lämpliga rutiner för återkoppling, internrevisionsverksamhet, avvikelshantering samt fördelning av roller och ansvar. Myndigheterna anser att SKB:s organisation är ändamålsenlig för att utföra platsundersökningarna och att de data som SKB har, i till exempel databasen SICADA, håller hög kvalitet. Vissa brister i dokumentation av återkoppling har identifierats och avvägningen mellan kostnad, tid och kvalitet har inte tydligt redovisats. Myndigheterna anser också att förändringar av SKB:s krav och önskemål i vissa fall är otydligt motiverade (ett exempel är temperaturkravet för kapseln). Eftersom PSE dessutom baseras på begränsad datamängd ger rapporterna inte tillräckligt underlag för att bedöma om SKB:s krav och önskemål är uppfyllda. Myndigheterna menar att resultaten från platsundersökningarna inte ger stöd för SKB:s säkra uttalanden i PSE-rapporterna om kravuppfyllelse.

### **Säkerhetsanalys**

För att kunna genomföra kommande säkerhetsanalyser behövs mer data än vad som redovisas i PSE-rapporteringen, bl.a. inom ramen för hydrogeokemi och bergets termiska egenskaper. Från båda platserna anser myndigheterna att det finns otillfredsställande lite hydrogeokemisk information från i första hand förvarsdjup. SKB:s slutsats att platserna uppfyller alla SKB:s krav och önskemål baseras till stor del på expertbedömningar och, för Laxemar, på äldre data snarare än tillförlitlig data från platsundersökningarna. Hydrogeokemisk information behövs också för geovetenskaplig förståelse, t.ex. grundvattnets påverkan på berget beroende på vattnets ålder och ursprung. Detta är nödvändig kunskap för utveckling av platsspecifika scenarier. En annan viktig fråga som måste vara klarlagd i en säkerhetsanalys är bergets termiska egenskaper (t.ex. inverkan av heterogenitet). Myndigheterna konstaterar att denna fråga inte är tillräckligt väl utredd i PSE. Frågan är särskilt viktig för Laxemar eftersom SKB konstaterat en sämre termisk ledningsförmåga i detta område. Vad gäller Forsmark anser myndigheterna att det inte framgår i PSE om platsundersökningarna har anpassats till de speciella hydrologiska förhållanden som finns i området och om några specifika mätningar har gjorts för att undersöka detta system. De speciella hydrologiska förhållandena bör återspeglas i strategin för hydrogeologisk modellering (t.ex. storleken av hydrologiska modeller) eftersom de bland annat kan förändra troliga utflödesområden.

Myndigheterna anser att beskrivningen av biosfären är omfattande och att SKB:s ambition att utveckla ekosystemmodeller är bra. Myndigheterna saknar dock en redovisning av vilken strategi SKB tänker använda för biosfärsmodellering i kommande säkerhetsanalyser. Myndigheterna anser även att SKB inte tillräckligt väl har beskrivit platsernas framtida utveckling och att det är svårt att förstå hur de platsbeskrivande modellerna ska användas i en säkerhetsanalys för övertygande beskrivningar av platserna i framtiden. Vissa parametrar som behövs i en säkerhetsanalys tycks också saknas, t.ex. en sammanhållen kartläggning av mänskliga aktiviteter och möjliga exponeringsvägar till människa. Myndigheterna anser också att dataunderlaget beträffande övergången mellan geosfär och biosfär fortfarande är bristfälligt. Ett exempel på detta är att observationsplatserna som används för att uppskatta djupet av kvartära avlagringar inte är tillräckligt många. Kvartära avlagringars djup är en viktig faktor för att kunna uppskatta hydrologiskt utbyte och dosen till människa.

## Referenser

Andersson, J., Ström, A., Svemar, C., Almén, K-E och Ericsson, L.O., Vilka krav ställer djupförvaret på berget? Geovetenskapliga lämplighetsindikatorer och kriterier för lokalisering och platsutvärdering, SKB R-00-15, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2000

Andersson, J., Munier, R., Ström, A., Söderbäck, B., Almén, K-E och Olsson, L., When is there sufficient information from the Site Investigations? SKB R-04-23, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2004

Bergström U., Nordlinder S. och Aggeryd I., Models for dose assessments. Modules for various biosphere types. SKB TR-99-14, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1999

Dverstorp, B., Geier, J. och Voss, C., SITE-94, Simple Evaluation of Groundwater Flow and Radionuclide Transport at Äspö, SKI Report 96:14, 1996

Elliott A. H. and Brooks N. H., Transfer of nonsorbing solute to a streambed with bed forms: Theory. Water Resour. Res. 33(1), 123-136, 1997

Ericsson, L.O., Holmén, J., Rhén, I. och Blomqvist, N., Storregional grundvattenmodellering – fördjupad analys av flödesförhållanden i östra Småland, SKB R-06-64, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2006

Jonsson K. and Elert M., Model for radionuclide transport in running waters, SKB TR-05-03, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2005

Klös, R., Final report to Oversight: PSE Documentation 2006, SSI P 1529.06, SSI Dnr 2006/1250-05, 2006

Lag (SFS 1984:3) om kärnteknisk verksamhet

Lindborg, T., Description of surface systems, Preliminary site description Forsmark area - version 1.2., SKB R-05-03, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2005

Lindborg, T., Description of surface systems, Preliminary site description Laxemar sub-area - version 1.2., SKB R-06-11, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2006

Lindroos, H., Isaksson, H., Thunehed, H., The potential for ore and industrial minerals in the Forsmark area, SKB R-04-18, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2004

Marklund, L., Personal communications, 2006

Miljöbalken, SFS 1998:808

Oversight, Pre-study, Site Characterisation at Forsmark, SSI P 1506.05, SSI Dnr 2005/182, 2006a

Oversight review of SKB's site investigations, SSI P 1530.06, SSI Dnr 2006/1248-05, 2006b

Regeringsbeslut angående Fud-program 98, 2000-01-24, nr 1

Regeringsbeslut angående komplettering av Fud-program 98, 2001-11-01, nr 22

Saenger N., Kitanidis, P. K., Street R. L., A numerical study of surface-subsurface exchange processes at a riffle-pool pair in the Lahn River, Germany, *Water Resour. Res.*, 41, W12424, doi:10.1029/2004WR003875, 2005.

SKB, Geoscientific programme for investigation and evaluation of sites for the deep repository, TR-00-20, 2000

SKB, Geovetenskapligt inriktat program för undersökning och utvärdering av platser för djupförvaret, SKB R-00-30, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2000

SKB, Mötesprotokoll, Samråd om SKB:s platsundersökningar med SKI och SSI, möte nr 10, 2006-09-07

SKB, Platsundersökning Forsmark, Program för fortsatta undersökningar av geosfär och biosfär, SKB R-04-75, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2005

SKB, Platsundersökning Oskarshamn, Program för fortsatta undersökningar av berggrund, mark, vatten och miljö inom delområde Laxemar, SKB R-05-37, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2005

SKB, Platsundersökningar, Undersökningsmetoder och generellt genomförandeprogram, SKB R-01-10, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2001

SKB, Preliminary safety evaluation, based on initial site investigation data, Planning document, SKB TR-02-28, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2002

SKB, Preliminary safety evaluation for the Forsmark area, SKB TR-05-16, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2005

SKB, Preliminary safety evaluation for the Laxemar subarea, SKB TR-06-06, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2006

SKB, Preliminary site description, Forsmark area – version 1.2, SKB R-05-18, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2005

SKB, Preliminary site description, Laxemar subarea – version 1.2, SKB R-06-10, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2006

SKB, Samlad redovisning av metod, platsval och program inför platsundersökningsskedet, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2000 (SKB:s komplettering av Fud program 1998)

SKB, Slutförvar för använt kärnbränsle. Preliminär anläggningsbeskrivning – layout D. Forsmark, SKB R-06-33, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2006

SKB, Slutförvar för använt kärnbränsle. Preliminär anläggningsbeskrivning – layout D. Oskarshamn, delområde Laxemar, SKB R-06-32, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2006

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

SKIFS 2004:1 Statens kärnkraftinspektions föreskrifter om säkerhet i kärntekniska anläggningar samt allmänna råd om tillämpningen av föreskriften

SKIFS 2002:1 Statens kärnkraftinspektions föreskrifter om säkerhet vid slutförvaring av kärnämne och kärnavfall samt allmänna råd om tillämpningen av föreskriften

SKI-INSITE TRD-05-12, INSITE comments on Preliminary Site Description – Forsmark area Version 1.2, SKB Report R-05-18, 2005

SKI-INSITE TRD-05-05, INSITE comments on: SKB Report R-05-14: Forsmark site investigation: programme for further investigations of geosphere and biosphere, 2005

SKI-INSITE TRD-06-03, INSITE Document Review, LAXEMAR, Preliminary Site Description: Laxemar Subarea – Version 1.2 SKB Report R-06-10, Programme for Further Investigations...Laxemar Subarea SKB Report R-06-29, 2006

SKI-INSITE TRD-05-10, INSITE Document Review, Preliminary Safety Evaluation: Forsmark Area, SKB Report TR-05-16, 2005

SKI-INSITE TRD-06-02, INSITE Document Review, Preliminary Safety Evaluation: Laxemar Area SKB Report TR-06-06, 2006

SKI inspektionsrapport, SKI 2005/528, Inspektion av SKB:s djupförvarsprojekt – handlingar för ansökningar och planeringsunderlag för byggande

SKI rapport 2005:06, SSI rapport 2005:03, Granskning av SKB:s SR-Can interimrapport: SKI:s och SSI:s bedömning av SKB:s uppdaterade metoder för säkerhetsanalys, 2005

SSI FS 2005:5 Statens strålskyddsinstitutets allmänna råd om tillämpning av föreskrifterna (SSI FS 1998:1) om skydd av människors hälsa och miljön vid slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle och kärnavfall

SSI FS 1998:1 Statens strålskyddsinstitutets föreskrifter om skydd av människors hälsa och miljön vid slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle och kärnavfall

Strålskyddslagen (SFS 1988:220)

Werme, L., Design premises for canister for spent nuclear fuel, TR-98-08, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1998

Wörman, A., Report to Oversight: Review of SKB reports on the PSE's and site investigations in Forsmark and Laxemar, SSI Dnr 2006/1393-26, 2006

**2008:01 Myndigheternas granskning av SKB:s preliminära säkerhetsbedömningar för Forsmark och Laxemar**

Avdelningen för kärnteknik och avfall och SKI

Maria Nordén, Öivind Toverud, Petra Wallberg, Bo

Strömberg, Anders Wiebert, Björn Dverstorp, Fritz Kautsky, Eva Simic och Shulan Xu

90 SEK

**S**TATENS STRÅLSKYDDSinSTITUT, SSI, är en central tillsynsmyndighet som verkar för ett gott strålskydd för människan och miljön, nu och i framtiden.

SSI sätter gränser för stråldoser till allmänheten och för dem som arbetar med strålning, utfärdar föreskrifter och kontrollerar att de efterlevs. SSI håller beredskap dygnet runt mot olyckor med strålning. Myndigheten informerar, utbildar och utfärdar råd och rekommendationer samt stöder och utvärderar forskning. SSI bedriver även internationellt utvecklingsarbete.

Myndigheten, som sorterar under Miljödepartementet, har 110 anställda och är belägen i Solna.

**THE SWEDISH RADIATION PROTECTION AUTHORITY (SSI)** is a central regulatory authority charged with promoting effective radiation protection for people and the environment today and in the future.

SSI sets limits on radiation doses to the public and to those that work with radiation. SSI has staff on standby round the clock to respond to radiation accidents. Other roles include information, education, issuing advice and recommendations, and funding and evaluating research.

SSI is also involved in international development cooperation. SSI, with 110 employees located at Solna near Stockholm, reports to the Ministry of Environment.



*Statens strålskyddsinstitut*  
Swedish Radiation Protection Authority

**Address:** Statens strålskyddsinstitut; S-171 16 Stockholm

**Besöksadress:** Solna strandväg 96

**Telefon:** 08-729 71 00, **Fax:** 08-729 71 08

**Address:** Swedish Radiation Protection Authority  
SE-171 16 Stockholm; Sweden

**Visiting address:** Solna strandväg 96

**Telephone:** + 46 8-729 71 00, **Fax:** + 46 8-729 71 08

[www.ssi.se](http://www.ssi.se)