

# Internationell fristående expertgranskning av Säkerhetsrapport 97:

Säkerhet efter förslutning av ett djupförvar  
för använt kärnbränsle i Sverige

November 2000

# Internationell fristående expertgranskning av Säkerhetsrapport 97:

Säkerhet efter förslutning av ett djupförvar  
för använt kärnbränsle i Sverige

November 2000

Denna rapport är en översättning av:  
"SR 97: Post-closure Safety of a Deep  
Repository for Spent Nuclear Fuel in  
Sweden. An International Peer Review",  
OECD Nuclear Energy Agency, France.  
ISBN 92-64-18261-6.

Översättningen har gjorts av Tecnit AB,  
Barometergatan 13, 723 50 Västerås  
på uppdrag av Statens kärnkraftinspek-  
tion, SKI.

## FÖRORD

En viktig verksamhet för NEA (Nuclear Energy Agency) inom området för hantering av radioaktivt avfall är att organisera oberoende internationella fristående expertgranskningar av nationella studier och projekt. NEA:s granskningar hjälper de nationella programmen att bedöma sina resultat. Granskningsrapporterna ger samtidigt referensinformation som kan delas med andra, om vad som är önskvärt och vad som är genomförbart.

Föreliggande rapport presenterar de gemensamma åsikter som den internationella granskningsgruppen IRT (International Review Team) har kommit fram till. IRT har etablerats av NEA:s sekretariat på uppdrag av Statens kärnkraftinspektion (SKI), för att genomföra en fristående expertgranskning av säkerhetsanalysen "Säkerheten efter förslutning. Djupförvar för använt kärnbränsle, Säkerhetsrapport 97", som har tagits fram av SKB (Svensk Kärnbränslehantering AB). Granskningen är baserad på huvudrapporterna för projektet och dess stödjande dokument, och på information som erhållits från SKB:s personal, dels genom förmedling via SKI, dels via direkta samtal under en veckolång workshop i Sverige och under ett besök i SKB:s berglaboratorium på Äspö och SKB:s kapsellaboratorium. Granskningen baseras även på interna diskussioner inom IRT.

I enlighet med NEA:s procedurer för oberoende granskningar har varken SKI eller SKB getts tillfälle att gå igenom denna rapport. IRT har gjort sitt bästa för att säkerställa att all information är korrekt och tar ansvar för eventuella faktafel.

## **FÖRFATTARNAS TACK**

Samtliga medlemmar av IRT (International Review Team) skulle vilja tacka personalen vid SKI, SSI och SKB för sin gästvänlighet i samband med våra korta besök i Sverige. Båda besöken var produktiva, till stor del tack vare den noggranna planeringen och de utmärkta förberedelser som utförs av SKI, SSI och SKB. Vi vill även tacka personalen vid SKB för deras ansträngningar att ta fram ytterligare information i samband med granskningen, liksom vid workshopen. Slutligen vill vi tacka för att vi fått tillfälle att besöka bergslaboratoriet på Äspö och kapsellaboratoriet i Oskarshamn.

Även om IRT ansvarar för innehållet i denna rapport vill vi tacka för det värdefulla bidrag som vi har fått av våra kollegor, bland vilka bör nämnas de vid CNWRA (Center for Nuclear Waste Regulatory Analysis) i USA samt CSN (Consejo de Seguridad Nuclear) i Spanien.

## Innehållsförteckning

FÖRORD.....	3
FÖRFATTARNAS TACK.....	4
SAMMANFATTNING AV GRANSKNINGEN.....	7
1. INLEDNING.....	13
1.1 Bakgrund till SR 97.....	13
1.2 Förutsättningar för och genomförande av granskningen .....	14
1.3 Granskningsrapportens struktur .....	18
2. STRATEGIN FÖR ATT UPPNÅ OCH DEMONSTRERA SÄKERHET.....	19
3. METODIKEN OCH DESS TILLÄMPNING.....	23
3.1 Den vetenskapliga grunden för beskrivning av processer och barriärfunktioner .....	24
3.2 Tekniska och naturliga barriärers funktion för relevanta scenarier och tidsperioder .....	28
3.3 Data och modellosäkerheter samt deras inverkan på analysresultaten.....	32
3.4 Risken för enskilda individer och inverkan på den naturliga miljön	35
3.5 Slutförvarets integrerade funktion och konsekvenserna för miljön.....	36
4. TEKNISK GENOMFÖRBARHET .....	39
5. SLUTSATSER .....	41
REFERENSER.....	44
BILAGA – MEDLEMMAR I DEN INTERNATIONELLA FRISTÅENDE GRANSKNINGSGRUPPEN .....	46



## SAMMANFATTNING AV GRANSKNINGEN

SKB (Svensk Kärnbränslehantering AB) har nyligen publicerat Säkerhetsrapport 97 (SR 97), en säkerhetsanalys av KBS-3-metoden för slutförvaring av använt kärnbränsle i Sverige. Föreliggande dokument redovisar en fristående expertgranskning av SR 97 som har organiserats av Nuclear Energy Agency, OECD:s samarbetsorgan inom kärnenergiområdet, och som har genomförts av IRT (International Review Team). Granskningen har begärts av Statens kärnkraftinspektion (SKI), i samråd med Statens strålskyddsinstitut (SSI).

Granskningen genomfördes mellan december 1999 och maj 2000. Under dessa sex månader har IRT granskat huvudrapporten SR 97 och dess tre huvudreferenser samt utbytt information med SKB:s personal, såväl genom förmedling via SKI som i direkta samtal i samband med en workshop i Sverige. Granskningen har styrts av två viktiga förutsättningar:

- SR 97 är i första hand en konceptuell studie av ett slutförvars utveckling, varför varje fråga avseende bedömning av uppfyllande av myndighetskrav ännu ligger några år framåt i tiden.
- SR 97 och dess olika granskningar utgör endast en del av beslutsunderlaget för den fortsatta inriktningen av Sveriges program för hantering av använt kärnbränsle.

### **SKB:s metod för slutförvaring och program**

Slutförvarsmetoden KBS-3 omfattar de grundläggande delarna i en sund princip för slutförvaring av använt kärnbränsle i ett geologiskt förvar. Metoden erbjuder djupförvar i form av en uppsättning passiva barriärer med multipla säkerhetsfunktioner. Metoden bygger på väletablerad vetenskap och har en god teknisk grund. Metoden är väldefinierad och förefaller vara genomförbar.

SR 97 ger en rimlig illustration av KBS-3-metodens potentiella säkerhet när hänsyn tas till förhållandena i svensk berggrund, utgående från data från tre platser. Dokumentationen är generellt sett välskriven och argumenten är väl

presenterade, men det finns utrymme för förbättringar i fullständigheten av motiveringarna, spårbarheten och transparensen.

Med tanke på de framsteg som SKB gjort inom geovetenskapen, det tekniska programmet och de positiva indikationerna från SR 97 är SKB:s önskemål att övergå till platsvalsfasen välgrundat. Detta understryks av konstaterandet att geosfärens barriärfunktion är platsspecifik. Det behövs data från potentiella slutförvarsplatser för att utveckla, fokusera och pröva analysmetodikerna.

Inga frågor har identifierats som behöver besvaras innan man går vidare med undersökningar av potentiella platser. Många observationer och rekommendationer har gjorts, som SKB och säkerhetsmyndigheterna kan vilja beakta i den fortsatta utvecklingen av Sveriges program för slutförvaring av använt kärnbränsle.

## **Observationer och rekommendationer avseende SR 97**

Förutsättningarna för granskningen innefattade ett antal specifika frågor. IRT:s huvudsakliga observationer och rekommendationer utgående från dessa frågor redovisas här.

### ***1. Att bedöma den övergripande strategin för att demonstrera säkerheten***

SKB har utvecklat ett robust flerbarriärkoncept som innefattar en långlivad kapsel placerad i en lågpermeabel bentonitbuffert i en geologisk miljö som är gynnsam för långlivade tekniska barriärer och för isolering av avfallet. För att utvärdera och minska osäkerheterna och för att demonstrera säkerheten genomför SKB rigorösa tekniska och vetenskapliga undersökningar, såväl generiska som platsspecifika. SKB utvecklar även sin förmåga att kvantitativt utvärdera funktionen och den långsiktiga säkerheten för anläggningen. SKB:s strategi är tillräckligt flexibel för att ge utrymme för förbättringar i konceptet som kommer fram genom framsteg inom vetenskap och teknik efterhand som programmet fortgår.

SKB:s strategi att uppnå och demonstrera säkerheten är välgrundad men är inte tillräckligt bra presenterad i SR 97. Ett högnivådokument bör tas fram som beskriver säkerhetsstrategin. Dokumentet bör uppdateras efter hand som strategin utvecklas (*t.ex.* vid nytillkommande information och i samband med regelbundna säkerhetsanalyser). Dokumentet skall identifiera de kritiska frågorna för säkerheten, ge en översikt över hur metoden har utvecklats över tiden, knyta samman huvudkomponenterna i programmet, beskriva den vetenskapliga och tekniska kunskapen som har medfört ändringar i strategin och beskriva hur tilltron för att uppnå en säker slutförvaring har utvecklats.



Generellt ska strategidokumentet verka för en gemensam förståelse för programmets syften och status inom SKB, underlätta dialog mellan SKB och säkerhetsmyndigheter och erbjuda en sammanhängande förklaring av SKB:s strategi för en bredare målgrupp.

SR 97 är SKB:s första fullständiga säkerhetsanalys på över ett decennium. Mer frekventa iterativa säkerhetsanalyser skulle underlätta snabb utvärdering av betydelsen hos ny vetenskaplig och teknisk kunskap och förstärka säkerhetsanalysens roll som en metod för att integrera programmet. Tätare säkerhetsanalyser skulle även utveckla och garantera kontinuiteten för den erfarenhet och kunskap hos personalen som är nödvändig för att utföra sådana analyser.

**2. Att analysera metodiken och fastställa om de föreslagna metoderna och verktygen på ett adekvat sätt kan bedöma:**

- ***Den vetenskapliga basen för beskrivning av processer och barriärfunktioner.***

Den vetenskapliga grunden för det steg i programmet som SKB önskar ta är avancerad. Ingen fråga har identifierats som skulle kunna undergräva de övergripande slutsatserna i säkerhetsrapporten. Å andra sidan kan framtida förbättringar inom vissa identifierade områden förbättra säkerhetsanalysens robusthet. Exempelvis kräver den aktuella KBS-3-metoden återställning till en reducerande grundvattenmiljö som är långsiktigt stabil på förvarsdjup. Det behövs bättre dokumentation för utvärdering av alla processer som skulle kunna påverka detta förhållande. Denna och andra frågor kan undersökas parallellt med annat arbete och behöver inte fördröja utvecklingen av det svenska programmet.

- ***Tekniska och naturliga barriärers funktion för relevanta scenarier och tidsperioder.***

SR 97 har utvärderat en uppsättning scenarier som belyser relevanta aspekter på de tekniska och naturliga barriärernas funktion och som illustrerar den långsiktiga säkerheten. Det saknas dock en formell motivering för valet av scenarier och SR 97 diskuterar inte på ett adekvat sätt syftena med de olika scenarierna och i vilken mån de är representativa. Exempelvis saknas i SR 97 en diskussion om strategin att övergå från en uppsättning valda scenarier till en integrerad prövning av säkerheten där alla relevanta egenskaper, händelser och processer, FEP (Features, Events and Processes) beaktas. "Basfallet" är en lämplig utgångspunkt för att undersöka systemets isolerande egenskaper. På detta kan byggas tilläggs scenarier i syfte att illustrera olika aspekter på systemfunktionen. Den slutliga demonstrationen av att systemet uppfyller myndigheternas krav torde komma att kräva en mera fullständig integrerad

behandling av alla FEP. Detta skulle innefatta en specificering av randvillkor och hantering av de osäkerheter som gäller för varje enskilt scenario.

THMC-diagrammen är ett värdefullt bidrag för att organisera presentationen av FEP men kopplingen mellan THMC-diagrammen och metodiken för scenarioval bör utvecklas ytterligare.

▪ ***Data och modellosäkerheter samt deras inverkan på analysresultaten.***

I SR 97 har SKB gjort ett lämpligt val av modeller och datorbaserade verktyg som kan användas och utvecklas på ett flexibelt sätt. Den grundläggande tanken bakom processrapporten är rimlig och lovvärd. Rapporten utgör en god informationskälla. Emellertid saknas dokumentation av modellerna. Dokumentation är nödvändig för att visa hur processinformationen tagits om hand i analysen. Ett integrerat angreppssätt för osäkerhets- och känslighetsanalys bör utvecklas, som täcker ett bredare område av parameter- och modellosäkerheter och som utvärderar känslighet för multipla parametrar. Detta skulle ge en bättre förståelse för inverkan av olika osäkerheter inom ramen för systemet. Det behövs bättre spårbarhet för valet av parametervärden som definieras som "realistiska" eller "pessimistiska". SKB rekommenderas även att ompröva vilka metoder som ska användas för att konstruera sannolikhetsfördelningar utgående från en begränsad mängd data.

▪ ***Risker för och inverkan på människor och miljön.***

SKB beräknar en uppskattad högsta nivå av risk utgående från sin egen oberoende tolkning av föreskrifter som har utfärdats nyligen (SSI) i Sverige, eller som håller på att utfärdas (SKI). Resultatets betydelse är oklar, såväl statistiskt som sett till uppfyllande av myndighetskrav. SKB skulle vinna på ytterligare vägledning från säkerhetsmyndigheterna avseende definition av risk och på myndigheternas förväntningar. Man skulle även behöva diskutera de praktiska metoder som skulle kunna tillämpas för att beräkna risker samtidigt som den statistiska trovärdigheten bevaras. Vidare krävs diskussioner med SSI avseende dess förväntningar för att bedöma inverkan på den naturliga miljön och hur krav ska kunna uppfyllas. Erfarenheter som samlats inom SR 97 och de illustrationer dokumentet ger är användbara som utgångspunkt för dessa diskussioner.

▪ ***Slutförvarets integrerade funktion och konsekvenserna för miljön.***

SR 97-metodiken tillämpar ett avgränsat angreppssätt på analysen, inriktad på att demonstrera säkerheten snarare än på att undersöka detaljer i systemfunktionen. Metodiken tillåter en tillräckligt god beskrivning av systemfunktionen sett till säkerheten. I framtida säkerhetsanalyser bör tonvikten läggas på mer realistiska beskrivningar av anläggningens systemfunktion. Anpassning av och fullständighet hos de aktuella scenarierna, relativt de förhållanden som råder vid specifika platser, bör också beaktas.

3. ***Att kommentera genomförbarheten för den specifika tekniska tillämpningen, inklusive frågan om SKB på ett tillfredsställande sätt har identifierat de platsspecifika data som är nödvändiga för säkerhetsanalysen.***

Granskningen har inte identifierat några frågor som skulle hindra det tekniska genomförandet av KBS-3-metoden. En relevant fråga i detta skede är avsaknaden av en tydlig koppling såväl inom SR 97 som mellan resultaten från säkerhetsanalysen och utveckling av platsundersöknings- och lokaliseringsfaktorer. SKB arbetar för närvarande med att dokumentera – fristående från SR 97 – vilka platsspecifika data man betraktar som mest signifikanta och som potentiellt kan erhållas i samband med platsundersökningsprogrammet. Infogandet av mer omfattande känslighets- och osäkerhetsanalyser i analysmetodikerna skulle i framtiden kunna bidra till att stödja denna ansats.



## 1. INLEDNING

### 1.1 Bakgrund till SR 97

Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) ansvarar för utvecklingen av ett program för slutförvaring av kärnavfall i Sverige. För använt kärnbränsle har SKB utvecklat en slutförvaringsmetod som benämns KBS-3-metoden. Denna metod har utvecklats och förfinats under 20 år och har genomgått omfattande granskningar. Metoden bygger på att använt kärnbränsle slutförvaras i förseglade kopparkapslar, omgivna av bentonitlera, som placeras i hål borrhåll i golvet i deponeringstunnlar på ett djup av cirka 500 m i svenskt kristallint urberg, där grundvattnet har en sammansättning som är gynnsam för bentonitlerans och kopparkapslarnas långsiktiga stabilitet. Forskning och utveckling kring KBS-3-metoden har dokumenterats i rapporter utgivna av SKB med tre års intervall och dessa har formellt granskats och utvärderats av svenska säkerhetsmyndigheter och andra intressenter. Sveriges båda primära säkerhetsmyndigheter (kallas fortsättningsvis ”myndigheterna”) är Statens kärnkraftinspektion (SKI) och Statens strålskyddsinstitut (SSI).

SKB arbetar för närvarande med förstudier avseende slutförvaring i sex kommuner. Ett kommande planerat steg är val av minst två kommuner för detaljerade platsundersökningar från ytan, innefattande borrhåll av djupa borrhåll. Sverige är följaktligen på väg mot en viktig beslutspunkt i sitt program för omhändertagandet av använt kärnbränsle.

Myndigheterna och Sveriges regering har kommit fram till att en ny och aktuell säkerhetsanalys av KBS-3-metoden ska tas fram och granskas av myndigheter och andra intressenter. De aktuella kommunerna har också uttryckt ett önskemål att myndigheterna och regeringen nu ska ge förnyat stöd för principen att slutförvara använt kärnbränsle. Som en del av beslutsunderlaget för detta steg initierade SKB i december 1996 en analys av den långsiktiga säkerheten för ett djupförvar för använt kärnbränsle, vilken nu har publicerats i form av säkerhetsrapport 97 (SR 97). Rapporten har tagits fram av SKB för att uppfylla regeringens begäran:

*[...] att göra troligt att KBS-3-metoden har goda förutsättningar att uppfylla de säkerhets- och strålskyddskrav som SKI och SSI har preciserat de senaste åren (SKB 1999, s. 13).*

SR 97 beskriver tre hypotetiska genomföranden av slutförvarskonceptet enligt KBS-3-metoden, baserade på geologiska och miljömässiga förhållanden för tre platser i Sverige som givits namnen Aberg, Beberg och Ceberg.

Regeringen har även begärt information om den tillgängliga geologiska databasen, utvärdering av förstudier i de aktuella kommunerna, kriterier för val av platser som ska undersökas ytterligare, platsundersökningsprogrammet samt samråden mellan SKB och de aktuella kommunerna och övriga intressegrupper. SR 97 förväntas bidra till några av dessa redogörelser, dels med resultat och observationer, dels med den erfarenhet som insamlats i samband med framtagandet av säkerhetsrapporten.

## **1.2 Förutsättningar för och genomförande av granskningen**

I enlighet med den svenska regeringens beslut gällande SKB:s senaste FUD-program (1998) har SKI konstaterat att SR 97 bör underställas en internationell fristående expertgranskning. Resultaten av den internationella granskningen torde ge myndigheterna ett bredare perspektiv inför den egna granskningen av SR 97. Följaktligen, efter konsultationer med SSI, kontaktade SKI NEA (Nuclear Energy Agency) inom OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) med en begäran om att genomföra en sådan granskning.

NEA bildade en internationell granskningsgrupp (IRT), bestående av experter med bred erfarenhet av geologiska slutförvarsprojekt. Medlemmarna i IRT har valts från utförande, lagstiftande och oberoende organisationer i ett antal länder, i syfte att ge balanserade synpunkter. Kvalifikationerna hos och en kortfattad presentation av medlemmarna i IRT ges i bilagan.

SKI föreslog utgångspunkter för granskningen av SR 97 och fastställde dessa i samråd med NEA. Tre huvudsyften identifierades.

*Granskningen ska ta hänsyn till möjligheten för SKB:s metodik att skapa en trovärdig säkerhetsredovisning, med tanke på de huvudkrav som anges i gällande svensk lag. Detta innefattar:*

- 1. Bedömning av den övergripande strategin för att demonstrera säkerheten, i form av den relativa vikten av säkerhets-*

*funktionerna för de olika barriärerna vid olika tider efter förslutning.*

2. *Bedömning av analysmetodiken som har utvecklats och dess tillämpning, samt fastställande av om de föreslagna koncepten och verktygen på ett adekvat sätt kan bedöma:*
  - *Den vetenskapliga grunden för beskrivning av processer och barriärfunktioner.*
  - *Tekniska och naturliga barriärers funktion för relevanta scenarier och tidsperioder.*
  - *Data- och modellosäkerheter och deras inverkan på analysresultaten.*
  - *Risk för och inverkan på människors hälsa och miljön.*
  - *Om metodiken tillräckligt väl, i generella termer, kan beskriva funktionen hos slutförvaret och konsekvenserna på miljön från ett hypotetiskt utsläpp som sker vid en godtycklig tidpunkt efter förslutning.*
3. *"[...] Bedöma genomförbarheten för det tekniska genomförandet av slutförvarskonceptet enligt KBS-3-metoden i svensk berggrund [...] att identifiera eventuella större olösta frågor avseende den tekniska förutsättningen för tillverkning av de tekniska barriärerna och för att genomföra framtida platsundersökningar", samt specifikt fastställa "om SKB på ett tillfredställande sätt identifierat vilka platsspecifika data som krävs för säkerhetsanalysen."*

Beslutet att eventuellt godkänna SR 97 ligger hos de svenska myndigheterna och en överenskommelse träffades inom IRT att föreliggande granskning endast ska omfatta bedömningar, slutsatser och åsikter avseende tekniska frågor. Specifikt ska föreliggande granskning inte:

- Bedöma säkerhet, regelverk och lämplighet för vissa platser och inte heller bedöma i vilken grad gällande föreskrifter uppfylls.
- Specifikt kommentera huruvida SR 97 är i enlighet med gällande föreskrifter eller uppfyller myndigheternas kriterier.
- Beakta aspekter på allmänhetens medverkan, andra sociala faktorer eller Sveriges beslutsprocess.

Utgångsdokumentet för granskningen anges i ruta 1 medan genomförandet av granskningen sammanfattas i ruta 2.

### **Ruta 1. Utgånsdokument**

Det primära utgångsmaterialet för granskningen var rapportuppsättningen SR 97, bestående av "Huvudrapportens sammanfattning" och "Huvudrapporten", liksom tre huvudreferenser vilka benämns "Förvarssystemrapporten", "Processrapporten" och "Datarapporten".

1. Djupförvar för använt kärnbränsle: SR 97- Säkerhet efter förslutning. Huvudrapportens sammanfattning och volymerna I och II.  
SKB Teknisk rapport TR-99-06, nov. 1999 (granskningsutgåva).
2. SR-97 – Avfall, förvarsutformning och platser.  
SKB Teknisk rapport TR-99-08, okt. 1999 (granskningsutgåva).
3. R-97 – Processer i förvarets utveckling.  
SKB Teknisk rapport TR-99-07, nov. 1999.
4. R-97 – Data and data uncertainties. (endast på engelska).  
SKB Technical Report TR-99-09, Oct. 1999.

SKB har även försett IRT med FUD-program 1998 samt övriga SKB-rapporter, enligt begäran från enskilda gruppmedlemmar. SKI och SSI har tillhandahållit i rapporter som beskriver existerande föreskrifter, föreslagna föreskrifter och närbesläktat material. Granskningen bygger även på information som samlats genom SKB:s svar på frågor som sammanställts av IRT och på djupgående diskussioner med SKB:s personal (se ruta 2).



## **Ruta 2. Genomförande av granskningen**

IRT sammanträdde första gången i Stockholm den 9 och 10 december 1999. Under dessa två dagar presenterade SKB:s personal en översikt över SR 97 vid ett seminarium där även personal från SKI och SSI och tekniska representanter från en av de aktuella kommunerna var närvarande. Dessutom presenterade personal från SSI och SKI översiktligt den föreskriftstruktur som gäller i Sverige. IRT diskuterade även förutsättningarna för granskningen och uppdelningen av granskningsarbetet.

Under de följande veckorna granskade varje medlem av IRT huvuddokumenterna och de stödjande dokumenten, med fokus på de delar av rapporten som låg närmast hans eller hennes yrkesmässiga kompetens. Uppdelningen av den detaljerade utvärderingen var sådan att varje huvuddel av SR 97 granskades av två eller flera gruppmedlemmar. I slutet av januari år 2000 skickade IRT en sammanställning av mer än 200 frågor till SKB för klargörande. Ytterligare tre uppsättningar frågor översändes i februari. SKB besvarade dessa frågor, skriftligt eller muntligt, under en efterföljande workshop.

IRT sammanträdde en andra gång i samband med en workshop tillsammans med SKB, vilken hölls mellan 29 februari och 2 mars i Stockholm. Här gavs presentationer av SKB-personal som hade medverkat i arbetet med att ta fram SR 97, samt en konsult till SKB. SKB fokuserade presentationerna så att de skulle täcka frågor som krävde klargörande enligt de skriftligt framställda frågorna. Presentationerna täckte en översikt av den programmässiga strukturen av SR 97, den generella analysmetodiken och trovärdighet, närområdesmodellering, platskaraktärisering, lokaliserings- och designkriterier, biosfärmodellering samt redovisning av ett klimat- och jordskalvsscenario. Workshopen:s struktur uppmuntrade till djupgående frågor och diskussion. IRT besökte även berglaboratoriet på Åspö och kapsellaboratoriet i Oskarshamn samt fick möjlighet att ställa frågor till nyckelpersoner vid båda anläggningarna. Observatörer från SKI och SSI var närvarande under hela workshopen och båda laboratoriebesöken.

När workshopen avslutades den 3 mars 2000 presenterade IRT:s ordförande Margaret Federline IRT:s preliminära gemensamma åsikt för personal från SKB, SKI och SSI samt kommunrepresentanterna. Senare skrev varje enskild IRT-medlem redogörelser och kommentarer, vilka sammanställdes till ett rapportutkast. Detta granskades av gruppmedlemmarna, diskuterades iterativt och förfinades till föreliggande rapport som utgör IRT:s gemensamma åsikter.

Vid formulering och dokumentation av sin granskning har IRT haft följande punkter i åtanke:

- SR 97 är i första hand en studie av konceptfasen till utveckling av ett slutförvar, även om den bygger på information från *in situ*-studier av platser (med data som samlats in vid olika tider och med olika detaljeringskrav och kvalitet) samt erfarenheter från tillverkning av prototypkapslar och andra komponenter i de tekniska barriärerna. Varje bedömning av huruvida konceptet uppfyller myndigheternas krav ligger några år framåt i tiden.
- SR 97, den internationella fristående expertgranskning och granskningen av myndigheterna, utgör endast en del av beslutsunderlaget som är nödvändigt för att fastställa om SKB:s program för avfallshantering ska drivas vidare till inledningen av ytbaserade platsundersökningar vid potentiella slutförvarsplatser.

### 1.3 Granskningsrapportens struktur

Detta dokument inleds med en sammanfattning där de huvudsakliga observationerna och rekommendationerna från granskningen redovisas. Vid behov kan denna text användas som ett fristående dokument.

I rapportens huvudtext redovisas merparten av granskningens observationer och rekommendationer. Texten förutsätter att läsaren har god generell kunskap om syftena med och innehållet i SR 97, men inte nödvändigtvis med detaljinhållet i dokumentationen. Textens målgrupp är SKI, SSI och SKB samt övriga intresserade organisationer i Sverige och utomlands.

Bakgrund, förutsättningar och genomförande av granskningen framgår av inledningen av detta avsnitt. Återstoden av huvudtexten är indelad i fyra delar. Avsnitten 2 till 4 behandlar de tre uppgifterna som IRT fått sig förelagda, nämligen att bedöma:

2. Strategin för att uppnå och demonstrera säkerhet.
3. Metodiken och dess tillämpning.
4. Möjligheten till tekniskt genomförande.

Kortfattade slutsatser av granskningen ges i avsnitt 5.

Sammanfattningen och huvudtexten utgör IRT:s gemensamma åsikter.

## 2. STRATEGIN FÖR ATT UPPNÅ OCH DEMONSTRERA SÄKERHET

SKB:s strategi för att uppnå att demonstrera säkerheten består av tre till varandra kopplade delar.

1. **Konstruktion och lokalisering av anläggningen.** SKB har utvecklat en robust flerbarriärdesign som inkluderar en hållbar och långlivad kapsel som omges av ett lager bentonitlera med låg permeabilitet. Förvaret i sig lokaliseras till en geologisk miljö som har goda isolerande egenskaper och som erbjuder en stabil fysisk/kemisk miljö som bidrar till lång livslängd för kapseln och andra tekniska barriärer. Dessa barriärer har multipla säkerhetsfunktioner. Exempelvis ger bentonitbufferten ett mekaniskt skydd samtidigt som den begränsar vattnets kontakt med kapseln. Vidare hindrar bentonitbufferten transport av föroreningar från kapseln om denna skulle brista. Vissa funktioner skyddas av mer än en barriär. Exempelvis kan radionuklidspridningen fördröjas genom sorption såväl i bentonitbufferten som i det omgivande berget.

2. **Underliggande tekniskt och vetenskapligt stöd.** SKB har organiserat och genomfört ett rigoröst program för teknisk och vetenskaplig undersökning, inkluderande generiska och specifika studier. Dessa ger den nödvändiga informationen för att konstruera och utvärdera funktionen hos slutförvarssystemet under förväntade förhållanden och även i händelse av mindre gynnsamma omständigheter. Dessa studier kommer att bidra till en mer allmän tilltro avseende den vetenskapliga förståelse som är nödvändig för att stödja en säkerhetsredovisning. SKB har två specialinriktade forskningsanläggningar, nämligen berglaboratoriet på Äspö som byggdes mellan 1990 och 1995 och kapsellaboratoriet i Oskarshamn som invigdes 1998. Viktiga experiment har genomförts vid båda anläggningarna för att pröva genomförbarheten och fördjupa den förståelse som är nödvändig för att demonstrera säkerheten. SKB har visat öppenhet och ledarskap därigenom att man har öppnat dessa båda anläggningar för internationellt samarbete, liksom i andra internationella samarbetsprojekt som exempelvis STRIPA-projektet (NEA 1993).

3. **Utvärdering av säkerhet.** SKB har utvecklat verktyg för en analytisk utvärdering av funktionen och säkerheten för geologiska förvar. SR 97 är det senaste exemplet på implementering av dessa verktyg i en säkerhetsanalys. Redovisningen beskriver tre hypotetiska tillämpningar av den aktuella KBS-3-metoden och integrerar platsspecifik och generell kunskap om tekniska och naturliga barriärer. SR 97 är även inriktat utifrån de föreskrifter om slutförvaring av kärnavfall, som nyligen har utfärdats i Sverige. Studien behandlar den potentiella säkerheten hos KBS-3-metoden för ett antal olika scenarier och diskuterar hur de olika naturliga och tekniska barriärerna bidrar till säkerheten.

IRT finner denna övergripande strategi tillfredsställande. Den är välgrundad och ger logiska kopplingar mellan principer, förståelse och utvärdering av säkerheten. IRT anser även att strategin är väl implementerad genom att SKB har infört ett disciplinerat angreppssätt i steg för steg som är inriktat på att ge erforderlig information med den nivå på tilltro som är nödvändig för att stödja en stegvis beslutsprocess. Vidare är SKB:s strategi tillräckligt flexibel för att kunna införa förbättringar i konceptet som följer av framsteg inom vetenskap och teknik efterhand som programmet fortskrider.

IRT ger två rekommendationer för att hjälpa SKB att förbättra sin övergripande strategi. Den ena har att göra med framtagning av ett strategidokument och den andra med att utöva och förfina förmågan att genomföra säkerhetsanalyser.

#### ***Säkerhetsstrategidokument***

SKB:s strategi att uppnå och demonstrera säkerheten är väl grundad men är inte tillräckligt väl presenterad i SR 97. Exempelvis uppfattade inte IRT omedelbart betydelsen och konsekvenserna av en förändring i KBS-3-metoden, där blyet ersatts med en gjutjärnsinsats i kopparkapseln. Denna modifiering fördröjer inträngningen av vatten till bränslet, även för en defekt kapsel, och ger följaktligen större säkerhet under längre tid, innan något utsläpp av radionuklider kan ske genom de tekniska barriärerna. Ett sätt att göra sådana förbättringar mera transparenta skulle vara att utveckla ett "strategidokument" på högre nivå. Detta dokument skulle uppdateras efter hand som strategin utvecklas (*t.ex.* kopplat till ökad information och i samband med regelbundna säkerhetsanalyser). Detta strategidokument skulle:

- Identifiera kritiska frågor för säkerheten  
(*t.ex.* återställning av reducerande grundvattenförhållanden).
- Ge en översikt av hur konceptet har utvecklats och förväntningar på analys- och forskningsarbete.
- Knyta samman programmets huvudkomponenter.

- Beskriva den vetenskapliga och tekniska kunskapen som har lett fram till förändringar i strategin.
- Beskriva hur tillkommande kunskap har påverkat tilltron till funktionen hos de olika barriärerna och deras tilldelade säkerhetsmässiga betydelse i de olika delarna i säkerhetsredovisningen.
- Sammanfattningsvis – beskriva hur tilltron har utvecklats för att säker slutförvaring ska uppnås.

Strategidokumentet skulle inte bara diskutera de tekniska barriärerna utan även de naturliga barriärerna och biosfären, samt inverkan av ökande kunskap och hur sådan återspeglas i dokumentet. Exempelvis kunde ett sådant dokument kunna konstatera att man idag vet mycket mer om den svenska geosfären än under de säkerhetsstudier som genomfördes i början av 1980-talet.

Strategidokumentet borde understryka att SR 97 och efterföljande säkerhetsstudier inte utgör fristående analyser utan att de istället representerar en stor och växande volym av ackumulerad vetenskaplig och teknisk kunskap och säkerhetsstudier. Det skulle visa hur säkerhetsanalyser stöds av en vetenskaplig och teknisk information och hur förståelsen för säkerheten har utvecklats över tiden.

Strategidokumentet skulle klargöra SKB:s syn på säkerhetsanalysens roll. Säkerhetsanalysen är inte bara ett verktyg för att undersöka det förväntade uppträdandet hos slutförvarssystemet och demonstrera säkerheten, utan kan även bidra till beslutsprocessen. Exempelvis kan en säkerhetsanalys bidra till att fokusera forskningen och identifiera de geologiska faktorer som är viktigast att beakta i samband med platsvalet.

I det stora hela skulle dokumentet ge underlag för en allmän förståelse för programmets syften och status inom SKB, underlätta dialogen mellan SKB och säkerhetsmyndigheterna och ge en sammanhängande förklaring av SKB:s strategi för en bredare målgrupp.

### **Övning i analysförmåga.**

SKB:s strategi skulle vinna på mer frekventa iterativa säkerhetsanalyser. Framförallt skulle regelbundet genomförda och granskade säkerhetsanalyser stärka SKB:s analysförmåga, på samma sätt som andra komponenter i SKB:s program har gagnats av presentationen i och granskningarna av FUD-programmen vart tredje år.

Utvärderande analyser avseende KBS-3-metoden som utgivits av SKB<sup>1</sup> under senare år innefattar följande dokument: säkerhetsanalysen SKB 91 (SKB 1992), som hade ett begränsat syfte med avseende på geologins bidrag till säkerheten, en mall för säkerhetsredovisningar (SKB 1995) och en övergripande beskrivning av den potentiella faran med använt kärnbränsle (Hedin 1997). Dessa dokument är värdefulla, men inget av dem är tillräckligt omfattande. Det innebär att SR 97 utgör SKB:s mest omfattande säkerhetsanalys av KBS-3-metoden sedan den första utvärderingen (SKBF/KBS 1983) för över ett decennium sedan.

Ett program med mera frekventa iterativa säkerhetsanalyser skulle:

- I god tid underlätta utvärderingen av betydelsen av ny vetenskaplig och teknisk information.
- Förstärka säkerhetsanalysens roll som verktyg för att integrera programmet.
- Utveckla och säkra kontinuiteten avseende erfarenhet och förmåga hos personalen som är nödvändig för att genomföra sådana analyser.

Nya iterationer skulle fokusera på utvalda metodikområden eller systemets funktion. Varje iteration skulle även ge möjlighet att förfina och pröva komponenter i säkerhetsanalysmetodiken, att praktisera integrationsprocessen och identifiera eventuella luckor eller svagheter, samt undersöka och utveckla ytterligare bevisföring, som skulle stödja och stärka säkerhetsredovisningen.

---

<sup>1</sup> Säkerhetsanalyser av KBS-3-metoden har även genomförts av SKI, framför allt för att pröva bedömningsmetodiken och utveckla egen erfarenhet. Dessa har dokumenterats i rapporterna Projekt-90 och SITE-94 (SKI 1991 respektive 1996).

### 3. METODIKEN OCH DESS TILLÄMPNING

Säkerhetsanalysmetodiken som tillämpas i SR 97 är i enlighet med det internationellt accepterade angreppssätt som kan anses bestå av följande generella steg (*se t.ex.* NEA 1991, 1995 och 1999).

- Kontroll och utvärdering av tillgänglig vetenskaplig kunskap, platsspecifika data och andra data som behövs för representation och kvantifiering av de olika komponenterna i slutförvarssystemet och deras funktion.
- Val av fall – scenarier – som beskriver den möjliga framtida utvecklingen av slutförvarssystemet och som kan ligga till grund för att belysa aspekter på funktionen hos de olika slutförvarsbarriärerna och utvärdera den totala funktionen och säkerheten.
- Representation av slutförvarssystemet i matematiska modeller och data samt systematiskt hänsynstagande till de olika osäkerhetsfaktorerna, antingen i form av alternativa modellformuleringar eller genom alternativa val av data.
- Beräkning av konsekvenser som är lämpliga för att illustrera funktionen eller säkerheten hos systemet, inklusive de mått på skyddsformåga som krävs enligt föreskrifter.
- Beaktande av alla faktorer som inte ingår i den kvantitativa analysen och bedömningen av tilltron till de beräknade resultaten med tanke på dels osäkerhetsfaktorer på grund av utelämnningar och förenklingar, dels alternativa och mer kvalitativt inriktade argumentationskedjor som stödjer resultaten. Följaktligen, bedöma om en tillräckligt god beskrivning av systemet och garanti för säkerheten har uppnåtts i rådande läge.

I de följande delavsnitten bedöms SR 97 utifrån var och en av dessa aspekter, vilka även motsvarar de frågor som ställts i förutsättningarna för granskningen (se avsnitt 2).

Säkerhetsanalysen spelar även en roll för att fastställa den tekniska genomförbarheten. Detta diskuteras närmare i avsnitt 4.

### **3.1 Den vetenskapliga grunden för beskrivning av processer och barriärfunktioner**

*Den vetenskapliga grunden för det steg i programmet som SKB önskar ta är långt framskriden. Ingen fråga har identifierats som skulle kunna kullkasta de övergripande slutsatserna i säkerhetsrapporten. Å andra sidan kan framtida förbättringar inom vissa identifierade områden förbättra säkerhetsanalysens robusthet. Exempelvis är ett krav för den aktuella KBS-3-metoden återställning av och långsiktig stabilitet för en reducerande grundvattenmiljö på förvarsdjup. Det behövs bättre dokumentation för att bedöma alla processer som skulle kunna hota detta förhållande. Denna och andra frågor kan undersökas parallellt med annat arbete och behöver inte fördröja utvecklingen av det svenska programmet.*

#### **Tekniska barriärer**

Konstruktionen av det tekniska barriärsystemet (EBS – Engineered Barrier Systems), omfattande den motståndskraftiga kapseln och användande av en buffert av bentonitlera, utgör en välutvecklad och robust konstruktion, liknande de konstruktioner för slutförvaring av kärnavfall i kristallint berg som diskuteras i Kanada, Finland och andra länder. Generellt sett finns en betydande kunskapsbas av internationell information att bygga på då det gäller funktionen hos EBS.

- SKB har i samarbete med andra nationella program studerat frågor kring bränsleinventarium och radionuklidutsläpp från använt kärnbränsle i ett antal experimentella studier i nästan 20 år. Det finns idag en god mekanistisk förståelse för bränslekorrosion, men ytterligare framsteg och mera data förväntas i framtiden.
- Under nästan två decennier har SKB förlitat sig på koppar som referensmaterial för kapseln på grund av koppars utmärkta korrosionsegenskaper i luft och i reducerande grundvatten. Faktum är att användning av kopparkapslar är en fundamental egenskap hos KBS-3-metoden. SKB har utvecklat en sund och övertygande vetenskaplig grund för att beskriva det långsiktiga uppträdandet hos kapselns kopparhölje under förväntade förhållanden och även med hänsyn tagen till störningar som inverkan av sulfider och varierande pH. Dessutom erhålls ytterligare information i laboratorier och studier som görs under jord. Det krävs mer experimentellt arbete för vissa processer (*t.ex.* korrosion i närvaro av syre och villkor för lokal korrosion). Detta kommer att öka djupet och omfattningen av de diskussioner som presenteras i SR 97.
- Bentonitbufferten utgör en diffusionsbarriär mellan avfallet och potentiellt rörligt grundvatten i förvarsberget. Bentonit är även en



viktig komponent för återfyllning av tunnlarna. Användningen av bentonit är vanlig i många program för slutförvaring av högaktivt radioaktivt avfall och dess egenskaper och funktion är väl etablerade under en mängd olika förhållanden över experimentella tidsskalor. Osäkerheten ökar vid extrapolering av dessa data till mycket långsiktiga tidsperspektiv och följaktligen måste kunskap om materialets stabilitet fortsätta att samlas in från naturliga analogier, långsiktiga fälttester och modellstudier. Vissa specifika osäkerhetsfaktorer, som materialets uppträdande i kontakt med grundvatten med hög salthalt, håller på att undersökas av SKB.

Ett viktigt krav för den långsiktiga integriteten för EBS inom KBS-3-metoden är återställande och bevarande av en reducerande grundvattenmiljö kring slutförvarstunnlarna. Därför krävs en tydlig identifiering och utvärdering av *alla* händelser, förhållanden och processer som skulle kunna hota det reducerande tillståndet kring slutförvaret eller dess buffertkapacitet. IRT har identifierat den möjliga närvaron och inverkan av syresatt glacialt smältvatten som penetrerar ner till förvarsdjup, som ett möjligt hot, vilket kräver större uppmärksamhet. Diskussioner visar att SKB litar på att reducerande förhållanden råder på djupet, utgående från en serie argument, men dessa uttrycks inte till fullo i SR 97.

På motsvarande sätt, mot bakgrund av vikten av kapslarnas funktion i säkerhetsredovisningen, krävs en omfattande diskussion om osäkerheterna och representationen av nedbrytningsprocesser som skulle kunna förkorta kapselns livslängd. Två exempel kan nämnas: För det första bättre kvantifiering av den tid som det tar att återställa reducerande förhållanden vid kapselns yta efter deponering. För det andra, undersökning av de kopparkorrosionsprocesser som skulle kunna inträffa innan kapseln deponeras och under den första tiden efter deponering, innan reducerande förhållanden har återställts.

I SR 97 inför SKB en insats av gjutjärn, som ersätter det fyllnadsmaterial av bly som var aktuellt i tidigare studier. SKB har även genomfört analyser som tar hänsyn till den kombinerade effekten av koppar och insatsmaterialet i händelse av att grundvatten tränger in i kapseln genom en liten skada i höljet. Processerna som beskrivs i SR 97 innefattar allmän korrosion av järnet som genererar vätgas och bildar ett magnetitskikt nära skadan. Den stora järnmassan garanterar en långvarig reducerande miljö i kapseln därför att vätgasen förhindrar radiolytiska effekter och upprätthåller en gynnsam miljö för upplösning av urandioxid (UO<sub>2</sub>). Konsekvensen är att de flesta radionuklider inte kan lämna kapseln på flera hundrausen år i det "realistiska" fallet. Denna mekaniska förståelse tillämpas i första hand i "kapseldefektscenariot" och bygger på information som har samlats in under de senaste åren. Det bör noteras

att kunskapsbasen för denna speciella egenskap hos kapseln ännu inte är lika mogen som då det gäller kopparkorrosion. Det återstår frågor som kräver ytterligare studier. Dessa har att göra med den mekaniska stabiliteten som erbjuds av gjutjärnsinsatsen, egenskaperna (framförallt storlek och frekvens) hos de antagna skadorna, korrosionsmekanismen och kinetiken hos gjutjärnsinsatsen och risken för väteförspredning av järninsatsen. Den nya kapselkonstruktionen med en gjutjärnsinsats är lovande och SKB uppmanas att vidareutveckla den tekniska förståelsen för dess användning.

### ***Geologisk barriär***

I SR 97 konstateras att den geologiska barriären isolerar avfallet fysiskt från människor och miljön och bidrar till att upprätthålla en stabil fysisk och kemisk omgivning som understödjer funktionen hos EBS och som kan fördröja spridningen av kritiska radionuklider via grundvattnet. Den mesta kunskapen om det svenska urberget härstammar från ett antal studier som har genomförts under en period som sträcker sig över 20 år. På senare tid har kunskap som erhållits vid berglaboratoriet på Äspö tillåtit SKB att undersöka det geologiska systemet i rumslig skala som är av intresse för säkerhetsanalyser.

Beskrivningen i SR 97 av tidigare, nuvarande och framtida geologiska förhållanden i Sverige är omfattande. SKB har generellt sett byggt upp en god förståelse för geosfärens uppträdande och demonstrerat en förmåga att mäta de nyckeldata som behövs för att förutsäga dess prestanda. Studierna av naturliga analogier som kan ge ytterligare information om den tidsskala som är av intresse för säkerhetsanalyser hade kunnat vara mer omfattande och mer detaljerat beskriven i "Processrapporten" i SR 97.

Det finns inga angelägna frågor som måste besvaras omgående, även om det är några som förtjänar en ansträngning att öka förståelsen för, och som skulle kunna inkluderas i framtida säkerhetsstudier. En sådan är förståelse för ursprung och utveckling av grundvatten (inklusive porvatten i berg) och lösta ämnen. Denna information skulle bidra till att testa flödesmodeller för grundvatten, skilja mellan alternativa modeller och bidra till studier om möjlig geokemisk växelverkan som skulle kunna påverka funktionen hos bentonitbufferten. En annan fråga är mätning och tolkning av parametern "flödesvätt yta". Detta är en av de viktigaste parametrarna i SKB:s modell för radionuklidsspridning i geosfären, men tolkningen av denna parameter utgående från fälldata är problematisk. En djupare förståelse krävs av mätteknikens lämplighet och tillförlitligheten hos insamlade data.

### ***Biosfären***

Även om slutförvarssystemet är välkonstruerat och korrekt hanterat finns potential för små utsläpp av radioaktiva ämnen till den ytnära miljön,

framförallt i en avlägsen framtid. ICRP:s Publication 81, *Radiation Protection Recommendations as Applied to the Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste* (ICRP 2000) visar att vid radiologisk bedömning av ett slutförvarssystem för fast radioaktivt avfall måste möjligheten till exponering av människor beaktas, även på lång sikt. Följaktligen måste de processer beaktas som leder till att radioaktiva ämnen kan nå biosfären och som skulle kunna leda till exponering av människor. Modeller måste utvecklas för att beräkna potentiella doser och/eller radiologiska risker med avseende på hypotetiska individer som kan antas finnas på platsen i framtiden. ICRP 81 anger att en kritisk grupp och en biosfär ska definieras, antingen med ett platsspecifikt angreppssätt som baseras på en för närvarande tillgänglig plats, eller utgående från regional information eller ett generellt angreppssätt som bygger på en allmän bedömning av människors vanor och levnadsförhållanden. Det är viktigt att konstatera att dessa dosuppskattningar är behäftade med växande osäkerheter som funktion av tiden, beroende på ofullständig kunskap om slutförvarssystemet, inklusive förhållanden i biosfären, människors vanor och demografi. Dos och risk, som mått på skador, kan inte förutsägas med någon som helst säkerhet över perioder som sträcker sig bortom några hundra år. Uppskattningar av doser eller risker över längre tidsperioder kan emellertid göras och jämföras med lämpliga kriterier i ett test, för att ge en indikation på om slutförvaret är acceptabelt utgående från nuvarande förståelse för slutförvarssystemet.

SKB har utvecklat ett flexibelt angreppssätt för att modellera biosfären, vilket är överlägset metoderna som tillämpats i de flesta hittills genomförda säkerhetsanalyser. SKB:s metod tar hänsyn till den rumsliga variationen för olika ekosystem över den möjliga yta inom vilken radionuklider kan uppträda och spridas.

Denna mer ”realistiska” framställning av dagens förhållanden på en given plats ger en bättre återgivning av den rumsliga fördelningen av föroreningar. Det har emellertid inte visats om denna representation leder till andra uppskattningar av exponering för människor än vad som visas av de enklare biosfärmodeller som tidigare har använts (*t.ex.* SKB 91). De tillkommande frihetsgrader som modelleringsansatsen erbjuder kan hjälpa SKB att svara på de krav som SSI kan komma att ställa vid bedömning av miljöpåverkan. De kan även bidra till att åskådliggöra biosfären och därmed vara mera övertygande för lokalbefolkningen. Å andra sidan måste man väga in att behovet av platsspecifika och generella vetenskapliga data är stort och att data för närvarande saknas för att exempelvis beräkna dosfaktorer för ekosystem i naturliga och delvis naturliga miljöer, som skogsekosystem. Mer grundläggande, ekosystemförändringar på en godtycklig plats är i stort sett oförutsägbara, framförallt med tanke på människans inverkan på markanvändning och ekosystem. Detta leder till frågan om biosfär-

modelleringens roll för den långsiktiga säkerhetsbedömningen, och som ännu saknar svar (*t.ex.* NEA PAAG 1998).

IRT uppskattar att SKB visar nyskapande beträffande biosfärmodellering och anser att detta är ett värdefullt bidrag till internationell erfarenhet. SKB bör balansera sina förväntningar och krav på biosfärmodellering och dess roll för säkerhetsanalysen inom sin säkerhetsstrategi med svenska myndighetsföreskrifter. Framförallt bör diskuteras och beaktas i vilken utsträckning dagens biosfär kan särskilja platser där ingen ytkontamination förväntas förrän flera tusen år in i framtiden. Vidare skulle det vara värdefullt att jämföra resultaten från den rumsligt fördelade modellen och mer konventionella biosfärmodeller.

### **3.2 Tekniska och naturliga barriärers funktion för relevanta scenarier och tidsperioder**

*SR 97 har utvärderat en uppsättning scenarier som belyser relevanta aspekter på funktionen hos tekniska och naturliga barriärer och som belyser den långsiktiga säkerheten. Det saknas dock en formell motivering för valet av scenarier och SR 97 diskuterar inte på ett adekvat sätt syftena med de olika scenarierna och i vilken mån de är representativa. Exempelvis saknas i SR 97 en diskussion om strategin att övergå från en uppsättning valda scenarier till en integrerad prövning av säkerheten där alla relevanta FEP (Features, Events and Processes) beaktas. "Basfallet" är en lämplig utgångspunkt för att undersöka systemets isolerande egenskaper. På detta kan byggas tilläggs scenarier i syfte att illustrera olika aspekter på systemfunktionen. För att slutligt visa att systemet uppfyller myndigheternas krav torde det komma att krävas en mera fullständig integrerad behandling av alla FEP. Detta skulle innefatta en specificering av randvillkoren och hantering av osäkerheter som gäller för varje enskilt scenario.*

*THMC-diagrammen är ett värdefullt bidrag för att organisera presentationen av FEP, men kopplingen mellan THMC-diagrammen och metodiken för scenarioval bör utvecklas ytterligare.*

#### **Fullständighet och organisation av FEP**

Det första steget i scenarioutvecklingen är sammanställning av en omfattande uppsättning av FEP (Features, Events and Processes) som kan vara relevanta för slutförvarssystemets långsiktiga funktion. Därefter ska fastställda FEP utvärderas, varefter scenarier ska konstrueras med någon metod, så att viktigare FEP inkluderas i logiska kombinationer för att ge relevanta illustrationer av slutförvarets funktion. Det är inte möjligt att bevisa att alla relevanta FEP eller alla relevanta scenarier har identifierats och det finns olika

metoder att sammanställa och ordna informationen. Därför är ett nyckeltest på att en scenarioutveckling är adekvat att den process som valts är systematisk, djupgående och väldokumenterad.

SKB har utvecklat en metod för att säkerställa att alla de processer beaktas som skulle kunna bli aktuella för olika tekniska och geologiska barriärer. Metoden baseras på "THMC-diagram" (termiska, hydrologiska, mekaniska och kemiska diagram)<sup>2</sup>, och SKB organiserar presentationen av informationen om relevanta processer kring nämnda diagram. Diagrammen är intressanta ur presentationssynpunkt, men IRT har funnit det svårt att förstå dem i detalj och spåra kopplingar mellan diagrammen. Diagrammen är förmodligen till hjälp för att organisera information och diskussioner, men de bör betraktas som tämligen approximativa illustrationer av de processer som är relevanta för varje barriär, inklusive många dolda subjektiva bedömningar. Detta är emellertid en kritik som även kan riktas mot likvärdiga metoder (*t.ex.* matris- och influensdiagram) som används i andra säkerhetsanalysprojekt.

### **Gallring och scenarioval**

Många olika strategier har använts världen över för att utveckla eller välja scenarier för säkerhetsanalys av slutförvar. Generellt kan sägas att användningen av scenarier är kopplad till hantering av "framtida" osäkerheter. Detta kräver att en uppsättning scenarier väljs, som tillsammans täcker den möjliga framtida utvecklingen av slutförvarssystemet och tillåter att därav följande inverkan på funktionen och säkerheten undersöks. I detta fall definieras ett "referensscenario" som vanligen beaktar den "förväntade" utvecklingen, medan alternativa scenarier definieras som ska illustrera mindre sannolika förhållanden eller händelser. Ett alternativt angreppssätt är att definiera ett "basscenario" som utgör utgångspunkt för analysen av slutförvarssystemets funktion. Detta kan innefatta en begränsad uppsättning egenskaper och processer och syftet är att vinna förståelse för den första funktionsnivån. Ytterligare FEP kan läggas till, för att bygga på komplexiteten och för att vinna ökad kunskap om funktionen och den specifika betydelsen av ytterligare FEP. Oberoende av vilken strategi som väljs ut måste valet förklaras och ett motiverat urval av scenarier göras.

En viktig kritik av SR 97 är att det inte finns någon formell diskussion och gallring av de olika FEP som ska beaktas som potentiellt scenariogenererande, och inte heller någon motivering av de scenarier som väljs för kvantitativ analys. Dessa väljs "*baserat på systembeskrivningen och*

---

<sup>2</sup> Dessa diagram inkluderar även strålnings- och radionuklidspridningsprocesser och därför vore det kanske på sin plats att överväga en mer allmän beteckning.

*erfarenheter från tidigare säkerhetsanalyser*". Icke desto mindre konstaterar IRT att SR 97 har beaktat ett brett urval av viktiga FEP och därefter undersökt en uppsättning scenarier som rimligen belyser funktionen hos slutförvarssystemet. Denna slutsats kan formuleras delvis därför att IRT känner till SKB:s tidigare arbete inom scenarioanalys. Faktum är att SKB har gett många viktiga bidrag till utvecklingen av detta område, t.ex. genom sitt samarbete med SKI och senare arbete med interaktionsmatriser och THMC-diagram.

### **Strategi och presentation**

I framtida säkerhetsanalyser bör SKB definiera en strategi<sup>3</sup> för scenarioval och tillämpa en mer formell procedur för ändamålet. Strategin och proceduren ska dokumenteras så att funktionen tydliggörs för de valda scenarierna inom analysens ram. Presentationen av analysen för varje scenario kan därefter balanseras på motsvarande sätt.

Till exempel, om kapseldefektscenariot ska diskuteras ur säkerhets-synpunkt, bör större uppmärksamhet fästas vid uppskattning av sannolikheten för och egenskaperna hos kapseldefekter, samt åtgärder som kan vidtas för att förebygga att defekta kapslar tillverkas eller deponeras. Å andra sidan utgör analysen av kapseldefektscenariot i SR 97 en passande och trovärdig test för att utvärdera funktionen hos övriga barriärer inom KBS-3-systemet. Analysen belyser följaktligen multibarriäregenskapen hos KBS-3-metoden och är värdefull av detta skäl.

Ett annat exempel är analysen av jordskalvscenariot. Presentationen i SR 97 fokuserar på beräkning av det möjliga antalet kapselbrott på grund av förskjutningar vid sprickor som beror på markrörelser från slumpmässigt uppträdande jordbävningar. Värdet av analysen ligger emellertid i att den kan användas för att uppskatta begränsningar med avseende på lokaliseringen av ett slutförvar i förhållande till en närliggande och potentiellt aktiv förkastningszon, som skulle kunna ge upphov till framtida jordbävningar. Om slutförvaret lokaliseras på tillräckligt avstånd från varje sådan zon kan sannolikheten för jordbävningsofsakade kapselbrott försummas.

---

<sup>3</sup> Olika strategier för scenarioutveckling kan tänkas. I några program är syftet att sammanställa en uppsättning scenarier som noggrant representerar de möjliga framtida utvecklingarna på en given plats. I andra program är syftet att definiera en uppsättning scenarier som illustrerar och prövar de olika säkerhetsfunktionerna för en serie störningar. I SR 97 undersöker exempelvis basscenariot isoleringsförmågan för EBS och geosfären, medan kapseldefektscenariot undersöker den fördröjande effekten av EBS och geosfären.

## Kommentarer till enskilda scenarier

- Ett alternativt namn för ”basscenariot” skulle kunna vara ”designscenariot”, för att understryka att den följande diskussionen beskriver vad som skulle kunna hända om slutförvaret utvecklar sig enligt den antagna tekniska konstruktionen. Diskussionen om förvarssystemets funktion är övertygande. En mer djupgående beskrivning av de hydrogeologiska och geokemiska aspekterna med avseende på isolering och mer kvantitativa analyser skulle förbättra balansen med den detaljerade analysen av geosfären som presenteras i kapseldefektscenariot. Exempelvis diskuteras de hydrauliska utvecklingsprocesserna i detalj i kapseldefektscenariot, men ägnas betydligt mindre uppmärksamhet i basscenariot. Detta är förvånande eftersom dessa processer, enligt uppgift, har stor inverkan på den långsiktiga utvecklingen av grundvattensammansättningen och reducerande förhållanden som påverkar den kemiska utvecklingen av buffert/återfyllning och korrosionen av kopparkapseln som beskrivs i basscenariot. Ändringarna i den hydrauliska och geokemiska utvecklingen som beror på klimatförändringar förtjänar också detaljerad uppmärksamhet.
- Utvärderingen av systemfunktionen hos en defekt kapsel bedöms vara tillräcklig – det finns en övertygande analys av utvecklingen av processer i händelse av en kapseldefekt. En viktig osäkerhetsfaktor som förtjänar djupare diskussion är sannolikheten för och arten av eventuella signifikanta defekter. Det vore önskvärt med en diskussion kring andra möjliga EBS-”defekter” (*t.ex.* dålig deponering av buffertmaterial) och varför dessa inte analyseras.
- Klimatscenariot ger en övertygande bild och värdefulla förutsägelser om en möjlig sekvens av hydrogeologiska och biosfärrelaterade förhållanden på platser i södra Sveriges kustregion. Analysen täcker inte alla tänkbara förhållanden och begränsar sig till en kvalitativ diskussion av konsekvenser och osäkerheter. Det vore önskvärt med en mer detaljerad genomgång av möjligheten för syresatt glacialt smältvatten att tränga ner till förvarsdjup och de egenskaper och processer som skulle göra en sådan händelse osannolik.
- Den mekaniska modelleringen av jordskalvscenariot är intressant, innovativ och användbar. IRT förvånades emellertid över att detta scenario gavs så stor vikt med tanke på den dokumenterat stabila karaktären hos det svenska urberget. Å andra sidan, om ett jordbävningsscenario ska presenteras bör det innefatta en diskussion kring de hydrogeologiska transienta effekterna och varje potential för mer långsiktiga effekter (*t.ex.* avseende grundvattenkemin).
- Metoden för att beakta kopplingen mellan scenarier samt användning av alternativa modeller måste utvecklas bättre. Exempelvis kommer den potentiella magnituden och frekvensen för jordbävningar att variera under

klimatcykler beroende på effekten av den glaciala belastningen och avlastningen. Platsspecifik inverkan måste också beaktas.

- Analysen av scenariot kring mänskligt intrång är i SR 97 väl genomtänkt och typisk för dagens kunskapsnivå i andra nationella program som har försökt hantera ämnet. En viktig fördel med analysen i SR 97 är att den kan bidra till att fokusera dialogen med SSI och SKI avseende myndighetskraven för detta scenario.

### **3.3 Data och modellosäkerheter samt deras inverkan på analysresultaten**

*SKB har i SR 97 gjort ett lämpligt val av modeller och datorbaserade verktyg som kan användas och utvecklas på ett flexibelt sätt. Principen bakom processrapporten är rimligt och lovvärd. Den är en god informationskälla. Emellertid saknas dokumentation av modellerna, och en sådan är nödvändig för att visa hur processinformationen infogas i analysen. Ett integrerat angreppssätt för osäkerheter och känslighetsanalys bör utvecklas, som täcker ett bredare område av parametrar och modellosäkerheter och som utvärderar multiparameterbaserad känslighet. Detta skulle ge en bättre förståelse för inverkan av olika osäkerheter i systemsammanhang.*

*Det behövs bättre spårbarhet för valet av parametervärden som definieras som "realistiska" eller "pessimistiska". SKB rekommenderas även att revidera metoderna för att konstruera sannolikhetsfördelningar utgående från en begränsad mängd data.*

#### **Osäkerhet i parametervärden**

SR 97 använder probabilistiska fördelningar endast för ett fåtal, om än viktiga, parametrar för vilka det finns betydande statistiskt underlag (*t.ex.* värdbergarters permeabilitet). För de flesta parametrar i modellkedjan för radionuklidtransport väljer SR 97 "bästa uppskattning" och "pessimistiska" värden. Detta bygger på ett metodologiskt argument, som även framhålls i vissa andra länders slutförvarsprogram, vilka hävdar att härledning av parameterfördelning inte är motiverad för parametrar där det endast finns en liten eller ofullständig bas av mätvärden. Å andra sidan argumenterar vissa andra program att användningen av parameterfördelningar är ännu viktigare under sådana förhållanden, och att parameterfördelningar bättre speglar den stora osäkerhet som måste föreligga. SR 97 diskuterar varken strategin för dataurval i tillräckligt hög grad eller dess relation till mängden tillgänglig information eller sambandet med beslutsfattande och myndighetskrav. Diskussionen om och utvärderingen av parameterosäkerheter i SR 97 är



omfattande men inte enhetlig. Det mesta av arbetet fokuseras på de tekniska barriärerna och den hydrauliska utvecklingen av geosfären. Andra aspekter på geosfären och biosfären har fått mindre uppmärksamhet. Dessutom begränsas så gott som all bedömning av osäkerhet till analysen av kapseldefektscenariot. Ett mer enhetligt och balanserat angreppssätt skulle ge samma typ och grad av behandling för alla viktiga osäkerhetsfaktorer, för alla komponenter i slutförvarssystemet och för alla scenarier. De deterministiska och probabilistiska analyserna ger viktig insikt i den förväntade radionuklidtransporten för kapseldefektscenariot. En liknande nivå av kvantitativ analys för basscenariot, jordskalvscenariot och klimatscenariot skulle på liknande sätt belysa viktiga faktorer i dessa scenarier, och besvara frågan om klimat- och jordbävningssinducerade störningar i betydande grad påverkar isolering och radionuklidtransport hos slutförvarssystemet.

Även om tilldelningen av realistiska och pessimistiska värden för de flesta parametrar i viss mån förklaras i SR 97 skulle denna process göras mer transparent och spårbar. Riktlinjer bör formuleras för att uppmuntra till mer enhetlig och systematisk tilldelning av realistiska och pessimistiska värden. För närvarande är de överväganden som stödjer besluten inte transparenta. Exempelvis förefaller värden i datarapporten vara godtyckligt valda då man tillämpar multiplikationsfaktorer på 10 för att uppnå ”pessimistiska” värden för parametrar som flödesvätta ytor och diffusiviteter. Mer formella uttalanden krävs om hur experter inom olika områden har bidragit till processen för dataurval. SKB har tidigare diskuterat metoder som gör det möjligt att bygga upp sannolikhetsfördelningar från begränsade datamängder (*t.ex. Bergström et al., 1990*) och det kan vara dags att ta upp detta ämne på nytt.

### **Probabilistisk analys**

Angreppssättet för att beräkna en överskattning av risk med probabilistisk analys i SR 97 infördes på ett sent stadium, till följd av nya föreskrifter från myndigheterna. SKB måste fortsätta att utvärdera metoden. IRT anser att de begränsningar som orsakas av att endast två datavärden tilldelas de flesta parametrar ger upphov till en ofullständig analys med en okänd grad av snedfördelning. Till följd av detta har resultatet ingen väldefinierad statistisk betydelse och det är inte uppenbart, som SKB framhåller, att analysen leder till en överskattning av medeldosen. Exempelvis har antagits (utan bevis) att det föreligger en monoton respons från värden som ligger mellan ”realistiska” och ”pessimistiska” värden, medan det kan föreligga icke-monotona och komplexa multiparameterberoenden som endast kan täckas genom mer utförlig sampling inom parametrarnas värdeområden. På motsvarande sätt gäller att den probabilistiska osäkerheten och känslighetsanalysen är ofullständig och

snedfördelad i den meningen att de inte undersöker alla tänkbara parametervärden.

Å andra sidan har SKB kapaciteten att genomföra en mer fullständig probabilistisk analys, förutsatt att tillräcklig tid och tillräckliga resurser avsätts för att definiera lämpliga fördelningar av ingångsdata. Modelleringen av placeringen av defekta kapslar samt generering av grundvattenflödesfördelningar är lämpliga tillämpningar för stokastiska modelleringsmetoder.

IRT anser att SKB bör utreda metoder som skulle förbättra deras framtida förmåga att utföra olika analyser, framförallt inom områdena probabilistisk osäkerhets- och känslighetsanalys. Angreppssätt som undersöker en parameter i taget är användbara, men mera generella metoder skulle bidra till argumentens robusthet. Dessa metoder skulle undersöka hela uppsättningen parameterosäkerheter och hantera känsligheten för multipla parametrar. Tillämpning av sådana metoder skulle bidra till beslutsprocessen och öka robustheten i säkerhetsredovisningen för en specifik plats och ett specifikt slutförvar. Exempelvis kan känslighetsanalyser kvantifiera hur mycket en osäker parameter påverkar uppskattningar av dos och risk, och därigenom belysa vilka parametrar som kan vara viktiga vid insamling av platsspecifika data.

### **Modellernas duglighet**

Generellt gäller att modellosäkerhet inte diskuteras och dokumenteras lika grundligt som parametersäkerhet i SR 97. IRT sätter stort värde på de ansträngningar som görs i SR 97 att bygga upp realistiska grundvattenflödesmodeller och att undersöka olika varianter och olika angreppssätt för modellering. Resultaten som uppnåtts inom projektet ”Alternativa modeller” är särskilt intressanta och viktiga. Liknande studier skulle bidra till ökat förtroende (och mindre osäkerhet) för exempelvis närområdesmodellen. De kvantitativa analyserna som genomförts i basscenariot för att bedöma slutförvarets isolerande förmåga skulle också vinna på denna typ av analys.

Rollen och prioriteten i strategin för de olika modellerna som använts i den kvantitativa analysen i avsnitten om den strålningsrelaterade termiska, hydrauliska, mekaniska och kemiska utvecklingen är inte tydligt identifierad. Detta är mer uppenbart för andra scenarier än kapseldefektscenariot, där modellkedjan som används för radionuklidtransport är tydligt definierad. Andra detaljer som är viktiga för bedömningen av användning av dessa modeller, som version och databaser som används för geokemiska modeller, har inte alltid angetts.

I det stora hela, även om SKB förefaller ha en uppsättning modeller som är tillräckligt omfattande och tillförlitliga för SR 97, skulle mer information och

mer transparent och spårbar dokumentation vara av värde. SKB bör överväga att ta fram rapporter för de datormodeller som används i SR 97. Dessa rapporter skulle i detalj ange de matematiska formuleringarna och konsolidera argumenten som stödjer användningen av dessa modeller och de skulle innehålla uppdaterade referenser och stöd för processrapporten. Det första syftet skulle förbättra transparensen och spårbarheten. Det andra syftet skulle på ett bättre sätt visa rollen och användningen av varje enskild modell inom analysen.

### **3.4 Risken för enskilda individer och inverkan på den naturliga miljön**

*SKB beräknar en uppskattat högsta nivå av risk utgående från sin egen oberoende tolkning av föreskrifter som har utfärdats nyligen (SSI) i Sverige, eller som håller på att utfärdas (SKI). Resultatets betydelse är oklart, såväl statistiskt som sett till uppfyllande av myndighetskrav. SKB skulle vinna på ytterligare vägledning från säkerhetsmyndigheterna om definitionen av risk och om myndigheternas förväntningar. Man skulle även behöva diskutera de praktiska metoderna som skulle kunna tillämpas för att beräkna riskerna samtidigt som den statistiska trovärdigheten bevaras. Vidare krävs diskussioner med SSI om förväntningar för att bedöma inverkan på miljön och hur dessa krav skulle kunna uppfyllas. Erfarenheterna som samlats inom SR 97 och de förtydliganden dokumentet ger är till stor nytta som bakgrund för dessa diskussioner.*

En säkerhetsanalys ska innefatta en konsistent diskussion om tolkningen av myndigheternas krav och hur metodiken uppfyller eller skulle kunna byggas ut till att uppfylla kraven. Faktum är att ett syfte med SR 97 är att demonstrera att metodiken för säkerhetsanalyser ger de resultat som krävs av de svenska myndigheterna.

Metodiken i SR 97 kan uppfylla de "Förutsättningar för föreskrifter" som utfärdats av SKI (SKI, 1997), som föreslår ett angreppssätt baserat på "huvudscenario", "mindre sannolika scenarier" och "restscenarier" och deras betydelse över olika tidsperspektiv. De nyligen framtagna riktlinjerna från SSI (SSI, 1999) måste emellertid beaktas särskilt. För fall som utesluter mänskligt intrång kräver SSI:s riktlinjer en uppskattning av den årliga radiologiska risken<sup>4</sup> och ytterligare kommentarer om sammanvägning av konsekvenser och sannolikheter för händelsesekvenser (scenarier) (SSI, 1999, s.14). SR 97 innehåller inte uppskattningar av scenariosannolikheter och beskriver heller inte

---

<sup>4</sup> Risken är integralen av den årliga sannolikheten,  $p(D)$ , av att en individ erhåller en dos inom dosintervallet,  $(D, D+dD)$ , integrerad över möjliga doser, multiplicerad med sannolikheten för skadeverkningar per enhetsdos,  $\gamma$  (0,073 per sievert). (SSI, 1999, s.14)

hur sekvenser av händelser eller olika scenarier kan kombineras för att uppskatta den övergripande risken. Inte heller, så som diskuteras i avsnitt 3.3, är IRT övertygat att den överskattning av medeldosen som illustrerats för kapseldefektscenariot är statistiskt lämplig.

Tillämpliga SSI-föreskrifter (SSI, 1999) innehåller krav på miljöskydd, exempelvis för bedömning av inverkan på andra organismer än människan. Dessa frågor behandlas inte i SR 97, vilken förlitar sig på ett vanligt uttalande, som dock saknar stöd, att strålningsinverkan på miljön och ekosystem är försumbar om stråldosen från slutförvaret understiger bakgrundsstrålningen. Diskussionen vid workshopen visar att SKB har börjat beakta möjligheten att utvärdera miljöpåverkan, exempelvis genom att ta med icke-mänskliga biotoper i biosfärmodeller. Detta arbete kommer att bli ett värdefullt tillägg till den internationella erfarenheten, eftersom detta ämne börjar aktualiseras i andra nationella slutförvarsprogram.

IRT anser att de brister som noterats ovan inte påverkar de generella slutsatserna i SR 97 avseende den övergripande säkerheten för KBS-3-metoden. Ytterligare diskussioner fordras emellertid mellan SKB, SSI och SKI, för att tydliggöra tolkningen av olika myndighetskrav. Detta bör bidra till en fokusering av SKB:s framtida analyser. Den erfarenhet som samlats i och med SR 97, samt de beskrivningar den innehåller, utgör en värdefull bakgrund till dessa diskussioner.

### **3.5 Slutförvarets integrerade funktion och konsekvenserna för miljön**

*SR 97 är en tillämpning av ett angreppssätt som syftar till att överskatta risken. SR 97 är mer inriktad på att demonstrera säkerheten än på att undersöka detaljerna i systemfunktionen. Metodiken tillåter en tillräckligt god beskrivning av systemfunktionens säkerhet. I kommande säkerhetsanalyser bör tonvikten läggas på mer realistiska beskrivningar av anläggningens systemfunktion. Anpassning av och fullständighet hos de aktuella scenarierna, relativt de förhållanden som råder vid specifika platser, bör också beaktas.*

Den övergripande förmåga som demonstreras i SR 97 är tillräcklig för säkerhetsanalyser i detta skede av slutförvarsprogrammet. Detta innefattar identifiering av FEP, organisation och sammanställning av tillgänglig vetenskaplig och teknisk kunskap och tillgängliga data, modeller som representerar de olika barriärerna och nyckelprocesserna samt hantering av osäkerheter. Även om vissa områden inom SKB:s bedömningsmetodik är långt framskridna är andra mindre väl utvecklade, och det finns svagheter avseende integrering av modellerna. Denna ”ojämnhet” kan vara en följd av att SR 97 är

den första integrerade säkerhetsanalysen av KBS-3 sedan mitten av 1980-talet (se avsnitt 2).

SR 97 har undersökt ett lämpligt urval av scenarier och presenterat övertygande kvalitativa beskrivningar av funktionen hos de olika komponenterna i KBS-3-systemet. De kvantitativa uppskattningarna av dos och risk är rimliga indikationer på långsiktig funktion. Metoden för känslighetsanalys och, framför allt, den probabilistiska analysen, kräver mer eftertanke.

Huvuddokumentet och de tre huvudreferenserna är generellt sett välskrivna och väl presenterade. Det har emellertid krävts stor ansträngning för att följa vissa specifika frågor genom dokumenten och det var inte alltid möjligt att följa upp frågorna på ett tillfredsställande sätt. Därför finns det behov av att förbättra spårbarheten och transparensen i dokumentationen. En möjlighet skulle vara användning av ett övergripande index eller motsvarande som pekar på var de olika ämnena diskuteras på olika nivåer i dokumenten. En annan möjlighet, som nämns i avsnitt 3.3, är en uppsättning rapporter som beskriver datormodellerna.

Även om metodiken är adekvat på detta stadium bör ytterligare vägar för analys undersökas och utvecklas. Svagheter som visats i SR 97 och dess olika granskningar bör beaktas. Vid kommande ytterligare arbete kan en mera mångsidig metodik för säkerhetsanalyser utvecklas, vilken kommer att bli bättre balanserad för att bidra till framtida beslut. Framförallt bör SKB ägna mer möda åt att utveckla sin analysmetodik, inte bara som ett verktyg för att illustrera säkerheten utan även för att ge stöd åt beslutsfattande i samband med platsundersökningar och designoptimering.



#### 4. TEKNISK GENOMFÖRBARHET

*Granskningen har inte identifierat några frågor som skulle hindra tekniskt genomförande av KBS-3-metoden. En relevant fråga i detta skede är avsaknaden av en tydlig koppling, inom SR 97, mellan resultatet av säkerhetsanalyser och utveckling av platsundersöknings- och lokaliseringsfaktorer. SKB arbetar för närvarande med att dokumentera – fristående från SR 97 – vilka platsspecifika data man betraktar som mest signifikanta och som potentiellt kan erhållas i samband med platsundersökningar. Införandet av mer omfattande känslighets- och osäkerhetsanalys i framtida studier med avseende på analysmetodiken skulle vara till hjälp och stöd i arbetet.*

Utgående från granskningen av SR 97-dokumentationen har IRT inte identifierat några frågeställningar som skulle lägga hinder i vägen för det tekniska genomförandet av KBS-3-metoden. Arbetet vid kapsellaboratoriet i Oskarshamn ger förtroende för möjligheten att tillverka kopparkapslarna som har en nyckelfunktion i konceptet. Deponeringstesterna som ska genomföras i berglaboratoriet på Äspö är avsedda att bekräfta möjligheten att deponera kapslarna och bentonitbufferten. Det geovetenskapliga programmet på Äspö ger förtroende för att bergmassan kan karakteriseras på en nivå som är nödvändig för att undvika oönskade platsegenskaper och ge nödvändig information för att bedöma den långsiktiga säkerheten. Vidare kan konstateras att det mycket robusta system av tekniska barriärer som ingår i KBS-3-metoden, specifikt utvecklat för förhållanden som råder i svensk berggrund, förbättrar möjligheterna att hitta platser lämpliga för ett slutförvar. Goda isolerings- och retentionsegenskaper i geosfären vid en potentiell plats kommer icke desto mindre att vara en avgörande fråga vid demonstrationen av korrekt realiserande av det multibarriärbaserade slutförvarskonceptet.

När det gäller platsvalet uppfyller inte SR 97 de förväntningar som IRT har utgående från dess ”konkreta syften” 3 och 4, vilka framhåller att SR 97 ska utgöra underlag för att specificera platsvalfaktorer och preliminära funktionskrav (SKB, 1999, s.18-19). IRT har inte kunnat urskilja kopplingen mellan SR 97 och SKB:s formulering av krav för platsundersökningar, fastställande av platsvalskriterier eller framtagning av funktionskrav på de tekniska barriärerna. Exempelvis framgår det inte tydligt av analysen vilka

plats specifika data (eller data om tekniska barriärer) som är viktigast för säkerhetsanalysen.

Så som diskuteras i avsnitt 3.5 är SR 97-metodiken inriktad mot att demonstrera säkerheten snarare än att undersöka detaljer i systemfunktionen. Detta kan begränsa det bidrag SR 97 kan ge till att specificera platsvalsfaktorer eller ge riktlinjer för platskaraktisering. Exempelvis tenderar modellförenklingar och användningen av konservativa antaganden att dölja aspekter som annars skulle kunna framträda annorlunda. Mer specifikt antar analysen i SR 97 en viss grad av homogenitet när geosfär- och biosfärdata definieras för Aberg, Beberg och Ceberg. Följaktligen innefattar inte analysen alla olikheter mellan dessa tre platser. De möjliga olika effekterna av klimatrelaterade förändringar vid var och en av dessa platser kunde ha undersökts mer i detalj. Inverkan av tidsberoende processer på de olika platserna behöver utvärderas ytterligare.

Med beaktande av dessa punkter drar IRT slutsatsen att de kvantitativa resultaten som beskrivs i SR 97 sannolikt inte är en tillräcklig informationskälla för att styra platsundersökningar och designoptimering. Å andra sidan har SKB betydande praktisk erfarenhet från sina geovetenskapliga undersökningar på Äspö. Dessa och andra studier kommer att styra SKB:s nuvarande arbete. Infogande av mer omfattande känslighets- och osäkerhetsanalyser i analysmetodiken skulle bidra till att stödja detta arbete i framtiden.

Under workshopen redovisade SKB att formuleringen av krav för platsundersökning, fastställande av platsvalskriterier och framtagning av funktionskrav för de tekniska barriärerna utgör en del av andra studier som ännu inte har avslutats. SKB presenterade en lägesrapport och vissa preliminära resultat från dessa studier. Detta, tillsammans med IRT:s kunskap om tidigare arbete som utförts av SKB inom området (*t.ex.* Anderson *et al.*, 1998) indikerar att SKB förbereder sig på ett tillräckligt sätt inom aktuellt område, men en bedömning av pågående arbete ligger utanför ramen för denna granskning.

Slutligen bör man ha i åtanke att de föreskrifter som gäller för slutförvaring av använt kärnbränsle i Sverige fortfarande är under utveckling (SKI) eller alldeles nyligen har fastställts (SSI). En del frågor relaterade till föreskrifternas tolkning identifierades under granskningen, vilket kommer att påverka den framtida utvecklingen av SKB:s analysmetodik. Det är viktigt att SKB, SKI och SSI fortsätter dialogen om tolkning av myndigheternas föreskrifter på ett pragmatiskt sätt och med syftet att minimera svårigheterna och framhäva klarheten i den slutliga säkerhetsbedömningen.



## 5. SLUTSATSER

Slutförvarsmetoden KBS-3 har de grundläggande elementen i en sund princip för deponering av använt kärnbränsle i ett geologiskt slutförvar. Metoden erbjuder djupförvar i form av en uppsättning passiva barriärer med multipla säkerhetsfunktioner. Metoden bygger på väletablerad vetenskap och har en god teknisk grund. Metoden är väldefinierad och förefaller genomförbar.

SR 97 ger en utmärkt illustration av KBS-3-metodens potentiella säkerhet och tar hänsyn till förhållandena i svensk berggrund, utgående från data från tre platser. Dokumentationen är generellt sett välskriven och argumenten är väl presenterade, men det finns utrymme för förbättringar sett till fullständigheten i motiveringarna, spårbarheten och transparensen.

Med tanke på de framsteg som SKB gjort inom geovetenskapen, SKB:s tekniska program och de positiva indikationerna från SR 97 är SKB:s önskemål att övergå till platsundersökningsfasen välgrundat. Detta understryks av konstaterandet att geofärens barriärfunktion är platsspecifik. Det behövs data från potentiella slutförvarsplatser för att bättre utveckla, fokusera och pröva analysmetodikerna.

Inga viktiga frågor har identifierats som behöver besvaras innan man går vidare med undersökning av potentiella platser. Många observationer och rekommendationer har gjorts som SKB och säkerhetsmyndigheterna kan vilja beakta i den framtida utvecklingen av Sveriges program för slutförvaring av använt kärnbränsle.

- Ett periodiskt uppdaterat högnivådokument som beskriver SKB:s säkerhetsstrategi bör tas fram. Detta skulle visa utvecklingen av KBS-3-metoden och visa hur olika tekniska studier har bidragit till dess utveckling och till förståelsen för säkerhetskraven.
- Mera frekventa iterativa säkerhetsanalyser skulle i god tid underlätta utvärdering av betydelsen hos ny vetenskaplig och teknisk kunskap och stärka säkerhetsanalysens roll som verktyg för att integrera slutförvarsprogrammet. Mer frekventa analyser skulle även utveckla

och stärka kontinuiteten hos personalens erfarenhet och förmåga, vilket är avgörande för att genomföra analyserna.

- Ett antal tekniska frågor har identifierats, vilka bör lösas för att förbättra robustheten och transparensen av beskrivningarna och argumenten som ger stöd åt säkerhetsredovisningen. Bland de viktigare exemplen kan nämnas:
  - Dokumentation av bevis och argument som leder till förtroende för upprätthållande av reducerande grundvattenförhållanden på försvarsdjup.
  - Förbättrad förståelse av ursprung och utveckling av lösta ämnen i grundvattnet.
  - Tolkning av parametern ”flödesvätt yta”, inklusive metoder som ger nödvändiga fältdata för att stödja dess användning.
  - Definition av förväntningar och krav på biosfärmodellering som är i enlighet med de svenska myndigheternas föreskrifter och de vetenskapliga begränsningarna.
- En bättre definition av SKB:s strategi för scenarioroll skulle klargöra i vilken mån de olika scenarierna är representativa och ändamålsenliga, och hur de byggs ut till en integrerad säkerhetsbedömning. I framtida analyser skulle mer formell scenarioutveckling eller urvalsteknik vara att föredra.
- Det skulle vara fördelaktigt att utveckla en integrerad och mer omfattande syn på osäkerhets- och känslighetsanalys, som täcker ett bredare område av parametrar och modellmässiga osäkerhetsfaktorer, och som utvärderar multiparameterbaserade känsligheter. Ökad transparens är nödvändig vid valet av parametervärden vilka definieras som ”realistiska” eller ”pessimistiska” i SKB:s aktuella metod. Metoder som tillåter framtagning av sannolikhetsfördelningar utgående från begränsande datamängder bör tas upp till ny bedömning.
- En diskussion är nödvändig mellan SKB, SKI och SSI om tolkningen av svenska myndighetskrav avseende risker och sannolikheter, samt myndigheternas förväntningar och praktiska metoder som kan tillämpas för att beräkna konsekvenser, utan att kompromissa med den statistiska trovärdigheten. Vidare krävs en diskussion med SSI om deras förväntningar för att bedöma inverkan på miljön och hur dessa krav ska kunna uppfyllas.
- I kommande säkerhetsanalyser bör beaktas möjligheten att infoga mer realistiska, i motsats till konservativa, beskrivningar av anläggningens systemfunktion. Anpassning och fullständighet avseende aktuella scenarier till förhållandena på specifika platser bör också beaktas.

- Infogande av mer omfattande känslighets- och osäkerhetsanalyser i analysmetodiken skulle bidra till att styra platsundersökningarna och specifikt identifiera vilka platsspecifika data som är viktigast för säkerheten och som potentiellt kan erhållas i samband med platsundersökningar.

## REFERENSER

- Andersson, J., Almén, K-E., Ericsson, L., Fredriksson, A., Karlsson, F., Stanfors, R., and Ström, A. 1998. Parameters of importance to determine during geoscientific site investigations. SKB Technical Report TR-98-02.
- Bergström, U., and Nordlinder, S. 1990. Individual radiation doses from unit releases of long lived radionuclides. SKB Technical Report TR-90-09.
- Hedin, A. 1997. Spent nuclear fuel – how dangerous is it? A report from the project "Description of risk". SKB Technical Report TR-97-13
- ICRP 2000. Radiation protection recommendations as applied to the disposal of long-lived solid radioactive waste. International Commission on Radiological Protection, Publication 81.
- NEA 1991. Disposal of Radioactive Waste: Review of Safety Assessments Methods. OECD Nuclear Energy Agency, Paris.
- NEA 1993, International Stripa Project, Vol. 1-3, OECD Nuclear Energy Agency, Paris.
- NEA 1995, Can long term safety be evaluated? An International Collective Opinion (Annex 1). OECD Nuclear Energy Agency, Paris.
- NEA 1999. Confidence in the Long-term Safety of Deep Geological Repositories. Its Development and Communication. OECD Nuclear Energy, Paris.
- NEA PAAG 1998. Working Group on Biosphere Analysis: The case for benchmark biospheres and de-coupling of biosphere and EBS/geosphere analyses. NEA PAAG document NEA/PAAG/DOC(98)6.
- SKB 1992. SKB 91: Final disposal of spent nuclear fuel. Importance of the bedrock for safety. SKB Technical Report TR 92-20.
- SKB 1995. SR 95: Template for safety reports with descriptive example. SKB Technical Report TR 96-05.
- SKB 1999. SR 97: Post-closure safety. Main report, Volumes I and II; Review Edition, November 1999. SKB Report 99-06.

- SKBF/KBS 1983. Final storage of spent nuclear fuel – KBS-3. Summary, Stockholm, May 1983.
- SKI 1991. SKI Project-90, Vol. 1-2, SKI Technical Report 91:23.
- SKI 1996. SKI SITE-94: Deep repository performance assessment project. SKI Report 96:36.
- SSI 1999. Health, Environment and Nuclear Waste. SSI's Regulations and comments. SSI Report 99:22.

## **BILAGA – MEDLEMMAR I DEN INTERNATIONELLA FRISTÅENDE GRANSKNINGSGRUPPEN**

### **Andrew Campbell (Nuclear Regulatory Commission, USA)**

Dr. Andrew Campbell är ledande vetenskapsman vid Advisory Committee on Nuclear Waste (ACNW) inom US Nuclear Regulatory Commission (NRC). Han har nio års erfarenhet av utredningar kring hantering av kärnavfall och specifik expertis i tillämpning av föreskrifter avseende riskanalys, utveckling och genomförande av säkerhetsanalyser och av radionuklidkemi samt geokemisk modellering av slutförvar för avfall. Dr. Campbell har för närvarande ett uppdrag på sex månader inom NRC's Office of Research, Division of Risk Analysis, som gruppleddare för programmet kring radionuklidtransport och avställning. I hans ansvar ingår att leda en grupp på åtta forskare som studerar sorptionsmodeller, avsedda att användas i säkerhetsanalyser, samt att leda granskningar av säkerhetsanalyser.

Vid ACNW har Dr. Campbell haft ansvar för granskning av programmen för hantering av högaktivt avfall inom DOE och NRC, DOE's Viability Assessment, Total System Performance Assessments, framtagning av expertbedömningar för licensiering av förvaringsanläggningar för kärnavfall, riskinformation, funktionsbaserade föreskrifter vid NRC samt vetenskapliga och tekniska frågor för modellering av utsläpp och transport av radionuklider. Han har även organiserat och genomfört workshops om funktionen hos tekniska barriärer i närområdet vid Yucca Mountain i USA, erforderliga förvaringstider för lågaktivt avfall, radionuklidtransport i mättade och omättade zoner samt tillämpning av probabilistisk riskbedömning för avfallshantering.

Innan Dr. Campbell började vid ACNW var han övergripande projektledare för NRC:s säkerhetsanalysprogram för LLW (långlivat lågaktivt avfall). I den rollen ansvarade han för att utveckla riktlinjer för LLW-säkerhetsanalyser och för att utveckla säkerhetsanalysmodeller för förvaring av LLW. Han har även arbetat med tillämpning av föreskrifter kring geokemiska och hydrogeologiska modeller. Dr. Campbell började arbeta vid NRC 1991, efter en anställning vid MIT (Massachusetts Institute of Technology), där han var forskningsledamot med ansvar för geokemiska studier av hydrotermiska undervattensströmmar och partiklar med undervattensfarkosten ALVIN. Han tog sin doktorsexamen vid Scripps Institution of Oceanography (marin geokemi). Han innehar även en M.S. i kemi och B.A. i kemi och filosofi med engelska som huvudämne, från University of Arizona.

### **Margaret Federline, ordförande för IRT (Nuclear Regulatory Commission, USA)**

Margaret Federline är vVD för Office of Research vid US Nuclear Regulatory Commission (NRC). Office of Research genomför oberoende analyser och experiment, tar fram tekniska underlag för realistiska säkerhetsbeslut och förbereder institutet för framtiden genom att utvärdera säkerhetsfrågor avseende nuvarande teknik och teknik under utveckling. I sin chefsroll har Margaret Federline ansvar för ett omfattande tekniskt program och cirka 200 anställda och en budget överstigande 40 miljoner dollar. Margaret Federline har omfattande erfarenhet inom miljöanalyser, strålsäkerhet och avfallshantering som hon har inhämtat i olika positioner som chef, policyansvarig och forskare inom den privata industrin och federala myndigheter. Som vVD för divisionen för avfallshantering inom NRC ledde hon program för föreskrifter för lågaktivt och högaktivt radioaktivt avfall, uranåtervinning och avveckling, vilket innefattade ett stort forskningsprogram vid ett särskilt utvecklings- och forskningscentrum med federal finansiering. Som chef för avdelningen för säkerhetsanalyser ledde hon utveckling och implementering av säkerhetsanalyismetoder för ansökningar kring avfallshanteringsprojekt. Margaret Federline samarbetar med internationella motsvarigheter inom områdena avfallshantering och avveckling och är för närvarande ledamot av OECDs Nuclear Energy Agency, Radioactive Waste Management Committee. Dessutom har hon nyligen deltagit i en arbetsgrupp inom Internationella strålskyddskommissionen (ICRP), för att utveckla strålskyddsrekommendationer kring slutförvaring av långlivat fast radioaktivt avfall.

### **Bruce Goodwin (GEA Consulting Inc.)**

Dr. Bruce Goodwin är forskare med bred erfarenhet från tillämpad forskning och utveckling. En stor del av hans studier har fokuserats på Kanadas program för hantering av använt kärnbränsle. Dessa studier inleddes 1979 när han anställdes vid AECL (Atomic Energy of Canada Limited) och har fortsatt från 1998 när han övergick till privat konsultverksamhet.

Under sin anställning vid AECL hade Dr. Goodwin haft i uppdrag att framställa och dokumentera långsiktiga miljöanalyser av slutförvaring av Kanadas använda kärnbränsle. Han stod för den tekniska ledningen av en grupp forskare och programmerare som utvecklade SYVAC, ett datorprogram som tillåter systematisk analys av inverkan av parametermässig osäkerhet. Han var huvudförfattare till två rapporter om långsiktig säkerhetsanalys som presenterades och försvarades vid allmänna möten och möten i samband med fristående expertgranskningar som genomfördes av en federalt tillsatt panel. Panelens rapport, som publicerades 1998, konstaterade att säkerheten för konceptet hade demonstrerats på ett adekvat sätt ur teknisk synpunkt. Dr. Goodwin har även varit aktiv på det internationella området, framförallt med arbetsgrupper som etablerats av Nuclear Energy Agency inom OECD. Bland dessa grupper kan nämnas Probabilistic Systems Assessment User Group (vars första ordförande han var), Working Group on the Identification and Selection of Scenarios for Performance Assessment och Working Group to Develop an International Database of FEPs. Han har lagt fram många rapporter vid internationella symposier, inklusive inbjudna rapporter vid en kurs om riskanalys vid JRC i italienska Ispra och

vid en workshop kring slutförvaring av radioaktivt avfall i Taiwan. Dessutom har Dr. Goodwin organiserat och deltagit i en internationell arbetsgrupp som samlade specialister på säkerhetsanalys och kommunikation från Kanada, Sverige, Schweiz, Finland och Japan.

Som konsult har Dr. Goodwin fortsatt sitt arbete med programmet för hantering av använt kärnbränsle i Kanada. Han har aktivt bidragit till programmet för slutförvaring av använt kärnbränsle vid Ontario Power Generation, genom sitt arbete med att utveckla verktyg för användning i säkerhetsanalyser.

### **Jean-Marie Gras** (Électricité de France, Frankrike)

Examinerad från École Nationale Supérieure de Chimie de Paris, Frankrike, 1972 ; Filosofie doktor i korrosion, CNRS, Frankrike, 1974.

Dr. Gras anställdes 1975 vid divisionen för forskning och utveckling inom Électricité de France (EDF). Han var direkt involverad i studierna av korrosionsproblem för nya energisystem och nukleär energiproduktion. Han var chef för korrosionsgruppen mellan 1985 och 1991. Sedan 1992 har han varit engagerad i bedömningen av det franska programmet för hantering av kärnavfall och fungerar, inom EDF, som garant för koordineringen av forskning och utveckling med avseende på högaktivt avfall och långsiktig mellanlagring av använt kärnbränsle.

Bland hans intressen kan specifikt nämnas korrosion av använt kärnbränsle och metalliska inneslutningsmaterial för geologisk slutförvaring av högaktivt avfall, liksom utvärdering av material för långsiktig mellanlagring och torrt avfall. Han har för närvarande ett undervisningsuppdrag avseende behandling av högaktivt avfall vid École Nationale Supérieure de Chimie de Paris.

### **Claudio Pescatore, IRT-sekretariatet** (Nuclear Energy Agency inom OECD)

Dr. Pescatore har en filosofie doktorsexamen i kärnteknik från University of Illinois, Urbana-Champaign (USA). Han har 20 års erfarenhet inom området kärnavfall, inkluderande lågaktivt avfall, högaktivt avfall och använt kärnbränsle samt slutförvaring.

Dr. Pescatore anställdes vid Brookhaven National Laboratory 1982 och var direkt involverad i studierna av högaktivt avfall och slutförvaring av använt kärnbränsle i formationer av basalt, salt och tuff. Vidare har han arbetat med tillförlitlighets- och modelleringsstudier av inneslutningsmaterial för avfall under mellanlagring och slutförvaring, analyser av gas- och vätskeburna vägar för radionuklidtransport, fristående expertgranskningar av miljöpåverkansanalyser och platsbedömningsplaner. Vid Brookhaven var han gruppleddare för programmet för säkerhetsanalyser avseende radioaktivt avfall. Fram till 1995 var han även adjungerad professor för marinmiljövetenskap vid University of New York, Stony Brook.

Dr. Pescatore anställdes vid NEA/OECD 1992, inom divisionen för hanteringen av radioaktivt avfall och strålskydd, där han har fungerat som VD för divisionen. Han har även stått i centrum för flera under senare år genomförda internationella initiativ, som



ASARR- och GEOTRAP-projekten, GEOVAL '94-symposiet, IPAG-studierna etc. Han fungerar som teknisk sekreterare inom flera NEA-kommiteer, till exempel RWMC (Radioactive Waste Management Committee), RWMC's Regulators' Group, Performance Assessment Advisory Group, etc. På uppdrag av NEA har han organiserat ett antal internationella fristående expertgranskningar av nationella studier. Bland dessa kan nämnas SKI:s Projekt-90 (Sverige), AECL's Environmental Impact Statement of the Disposal of Canada's Nuclear Fuel Waste, 1996 års säkerhetsanalys av Waste Isolation Pilot Plant (WIPP) (USA), SKI:s projekt SITE-94 (Sverige), NIREX-metodiken för utveckling av scenarier och konceptuella modeller (Storbritannien) och JNC:s H-12-projekt för att etablera en teknisk bas för slutförvaring av högaktivt avfall (Japan).

**Javier Rodriguez**  
(Consejo de Seguridad Nuclear, Spanien)

Dr. Rodriguez avlade filosofie doktorsexamen i geologi 1989 vid Complutense-universitetet i Madrid, Spanien. Hans avhandling behandlade en modell för ursprung och transport av porvatten och lösta ämnen i en lerliknande semipermeabel bädd i området kring nationalparken Donana i Spanien. Med stipendium från Fulbright Programme för postdoktoral studier har han studerat grundvattenflöde och transportmodellering inom Department of Earth and Planetary Sciences vid John Hopkins University i Baltimore (Maryland, USA) under perioden 1988-89. Han arbetar sedan 1997 som vicedirektör för *Hydrogeology Journal*, det officiella organet för IAH (International Association of Hydrogeologists).

Dr. Rodriguez anställdes vid CSN 1989, inom Branch of Siting och deltog i CSN-granskningen inför tillståndsgivningen för konstruktion och drift av förvaringsanläggningen för lågaktivt radioaktivt avfall i El Cabril, samt utveckling och platsåterställning av den nedlagda urangruvan Andújar. Han har även deltagit i uppdateringen av studierna för bedömning av sju platser för kärnkraftverk. Sedan 1996 har han arbetat inom avdelningen för högaktivt avfall och har varit direkt involverad i CSN:s verksamhet kring säkerhet för geologisk slutförvaring av högaktivt avfall. Han koordinerar många studie- och forskningsprojekt som i huvudsak fokuseras på modelleringsaspekter för säkerhetsanalyser och angreppssätt för uppbyggnad av förtroende i syfte att öka CSN:s tekniska förmåga för granskning av säkerhetsanalyser kring slutförvaring av högaktivt avfall.

Dr. Rodriguez har deltagit i flera internationella aktiviteter inom EU och OECD Nuclear Energy Agency, i egenskap av CSN:s representant i Co-ordinating Group for Site Evaluation and Design of Experiments (SEDE) inom Radioactive Waste Management Committee (RWMC) i OECD/NEA.

**Trevor Sumerling**  
(Safety Assessment Management Ltd., Storbritannien)

Trevor Sumerling erhöll 1st class honours degree i fysik från Lancaster University 1975. Han har arbetat åtta år inom UK National Radiological Protection Board (NRPB), där han skaffade sig erfarenhet inom områdena *in vivo*-övervakning, intern dosimetri och transport av radionuklider i miljön. Han utnämndes till ansvarig för

*in vivo*-mätanläggningarna och olika miljömässiga fältstudier inom NRPB. Under de senaste 15 åren har han arbetat för vetenskapliga och tekniska konsultföretag med aspekter kring säkerhet vid förvaring av radioaktivt avfall och genomförande av säkerhetsanalys. Under denna period har han gett viktiga bidrag till programmen för hantering av kärnavfall i Storbritannien, Schweiz, Sverige, Kanada och Japan. Han är VD för Safety Assessment Management Limited, ett oberoende konsultföretag som specialiserar sig på analyser av slutförvar för radioaktivt avfall.

Bland hans erfarenhet under senare år kan nämnas:

- Koordinering av en oberoende säkerhetsanalys för Sellafield och granskning av den sökandes säkerhetsdokumentation, på uppdrag av brittiska myndigheter, liksom utveckling av analysprocedurer och bidrag till Storbritanniens dokumentation för myndigheters rådgivning.
- Scenariometodikutveckling och -tillämpning avseende såväl Kristallin-I-projektet för högaktivt avfall och Wellenberg-projektet för medel- och lågaktivt avfall, samt tekniskt och redaktionellt arbete kring säkerhetsanalyserapporterna för Kristallin-I och Opalinus Clay, och för det schweiziska nationella kooperativet för slutförvaring av radioaktivt avfall.
- Genomförande av en internationell jämförelse för slutförvarskoncept och analyser av använt kärnbränsle på uppdrag av Atomic Energy of Canada Limited, som underlag till en federal granskningsprocess i Kanada.
- Deltagande i NEA OECDs arbetsgrupper "International FEP Database", "Integrated Performance Assessment" och "Clay FEP", liksom även 1996 års säkerhetsanalys NEA/IAEA-International Review of the WIPP.
- Koordination på uppdrag av brittiska Nirex Ltd. om en utvärdering av återtagbarhet för avfall från ett förvar för medel- och lågaktivt avfall i Storbritannien och utveckling av en strategi för återtagning, inklusive möjliga modifieringar av konstruktion och drift i syfte att underlätta återtagbarhet.

### **Hideki Sakuma** (Japan Nuclear Cycle Development Institute, Japan)

Hideki Sakuma har en M.A. i oceanografi från Tokai University, Japan. Hans yrkesmässiga karriär inleddes 1977 då han blev medlem av japanska Overseas Uranium Exploration Project, vilket gav honom möjlighet att bekanta sig med geologin i många av världens länder, inklusive Kanada, Australien och Kina. Sedan 1987 har han arbetat i det japanska projektet för hantering av högaktivt kärnavfall. Han har varit Japans representant i ett antal internationella och bilaterala projekt och konferenser inom området hantering av högaktivt avfall. Bland annat var han Japans representant vid Joint Technical Committee inom OECD/NEA International Stripa Project. Samtidigt har han arbetat som forskare för Kamaishi och Tono Underground Research Projects. Han var medlem i kärngruppen bakom den första framstegsrapporten (H-3) angående forskning kring högaktivt avfall och utvecklingsprojekt i Japan och han var huvudförfattare till tilläggsvolymen för den andra framstegsrapporten (H-12) för det japanska programmet som genomgick en internationell fristående expertgranskning, organiserad av OECD/NEA tidigare detta år. För närvarande är han vetenskaplig forskningskoordinator inom Japan Nuclear Cycle Development Institute.