REMISSVAR

2016-01-19 UFV 2014-611

UPPSALA
UNIVERSITET

Strålskyddsmyndigheten

Box 256
SE-751 05 Uppsala

Besöksadress:
S:t Olofsgatan 10 B

Handläggare:
Lena Forsell

Telefon:
018-471 18 65

www.uu.se

lena.forsell@uadm.uu.se

Remiss: Strålsäkerhetsmyndighetens granskning av SKB:s slutförvarsansökan (SSM2014-1683)

Uppsala universitet har anmodats yttra sig om rubricerad remiss. Bifogat yttrande har utarbetats av professor Gabriel Michanek, juridiska inst., miljörätt, professor Ane Håkansson och professor Stephan Pomp, bägge vid inst. för fysik och astronomi, tillämpad kärnfysik, professor Mattias Klintenberg, inst. för fysik och astronomi, materialteori, professor Roland Roberts, inst för geovetenskaper, geofysik, docent Fredrik Björefors, inst. för kemi Ångström, strukturkemi samt professor Peter Nygren, inst. för immunologi, genetik och patologi.

Universitetet överlämnar härmed expertgruppens yttrande som sitt svar på rubricerade remiss.

Beslut i detta ärende har fattats av undertecknad prorektor i närvaro av universitetsdirektör Katarina Bjelke, efter föredragning av fakultetshandläggare Lena Forsell. Närvarande därutöver var Uppsala studentkårs ordförande Caisa Lycken.

Anders Malmberg

Lena Forsell

Organisationsnr:
202100-2932

UPPSALA
UNIVERSITET

Remiss: Strålsäkerhetsmyndighetens granskning av SKB:s slutförvarsansökan (SSM2014-1683)

Sammanfattning

Uppsala universitet anser i huvudsak att metoden KBS-3 utifrån dagens kunskap är den mest lämpade metoden för att ta hand om det använda kärnbränslet som avfall, men att lagret bör utformas så att det använda bränslet relativt enkelt kan tas upp för återvinning om framtida generationer så önskar.

Mer specifikt anser Uppsala universitet att:

- en utformning av lagret som innebär att det använda bränslet utan stora kostnader kan återvinnas, är ett alternativ som ska ingå i de rättsliga prövningarna enligt miljöbalken och kärntekniklagen
- en eventuell framtida återvinning både skulle kunna uppfylla miljöbalkens krav på hushållning med resurser och minimerad risk för skadlig påverkan på människor och miljö. Dessutom kan återvinningen eliminera risken för att det lagrade bränslet, i en framtid, används som utgångsmaterial vid framställning av kärnvapen
- oavsett hur framtiden för kärnkraften kan komma att gestalta sig är det nödvändigt att införa ett slutförvar i det svenska kärnkraftsprogrammet, vilket även inkluderar en möjlighet för återfyllning
- om förvaret inte återfylls så bör en demonstration av återfyllning genomföras med en liten del av det använda kärnbränslet
- frågan måste beaktas i vilken utsträckning de olika alternativen - återfyllnad eller ej - uppfyller principen att inga kostnader ska belasta framtida generationer
- korrosion i närvaro av sulfidjoner borde utredas i motsvarande grad som korrosion i närvaro av syre
- kopparkorrosion orsakad av samtidig påverkan av flera typer av korrosion bör undersökas
- mer omfattande försök bör ske under slutförvarsliknande förhållanden, för att bl.a. förbättra extrapoleringen av korrosionsangrepp under mycket långa tidsrymder
- ett vidare spektrum av förutsättningar för modellering och bedömning av jordskalv bör beaktas för att ge en fullständigare bild av riskerna

UPPSALA
UNIVERSITET

- den låga seismiska aktiviteten i Sverige gör det särskilt viktig med långvariga seismiska observationer över ett stort område
- det är för tidigt att minimera riskerna med inducerade skalv
- ett lokalt seismiskt nätverk bör byggas, som har hög känslighet och kan fånga upp även mycket små rörelser i berget.
- det är viktigt att en 3D seismisk undersökning utförs innan förvaret byggs för att få en strukturell bild av berggrunden som kan jämföras med eventuella senare undersökningar

Remissen är omfattande och Uppsala universitet har i sin granskning främst tittat på de delar som berörs i texten nedan. Hänvisningar till de texter som kommenteras i det följande återfinns i respektive avsnitt, förutom i de fall där kommentarerna främst är generella.

Bakgrund

Uppsala universitet lämnade ett remissyttrande till Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) 2012-05-29 (Dnr UFV 2011/994) avseende Svensk Kärnbränslehantering AB:s (SKB) ansökan om slutförvar av kärnbränsle. I yttrandet kritiserades ansökan med MKB för att alltför ensidigt inriktas mot en slutförvaring av kärnbränsle enligt KBS-metoden, med syfte att sluta förvaret för all framtid. Det var en brist, ansåg universitetet, utifrån kretsloppsregeln i 2 kap. 5 § miljöbalken, att ansökan inte tillräckligt redogjorde för möjligheten att utforma lagret så att restprodukten skulle kunna användas som resurs. SSM begärde 2012-10-29 att ansökan skulle kompletteras, bl.a. när det gäller denna fråga (Dnr SSM2011-2426/SSM2011-3656). SKB har svarat på denna begäran 2013-04-02 (i "Svar på SSM:s begäran om komplettering – Miljökonsekvensbeskrivning" (nedan MKB-kompletteringen).

Övergripande synpunkter

I. Universitets uppfattning i huvudsak

Den viktigaste framtida miljöpolitiska utmaningen är att radikalt minska utsläppen av växthusgaser. I arbetet med att minimera det framtida energisystemets klimatpåverkan är det viktigt att alla beslut som tas vilar på en vetenskaplig och rationell grund. Det är idag högst osäkert vilka energislag och andra åtgärder som kommer att spela en roll i framtiden och frågan måste ses i

UPPSALA
UNIVERSITET

ett långsiktigt och internationellt perspektiv. Ett bland flera alternativ som då bör vara tillgängligt är att kunna utnyttja använt kärnbränsle som resurs. Dagens forskning visar att ett sådant utnyttjande sannolikt kan vara tekniskt möjligt inom några decennier (se mer nedan under " *Framtida möjligheter för återvinning"*) genom så kallade snabba reaktorer (fjärde generationens reaktorer). Lagret bör således utformas så att det använda bränslet relativt enkelt kan tas upp för återvinning.

2 kap. 5 § miljöbalken kräver att alla som bedriver en verksamhet (såsom SKB) "skall hushålla med råvaror och energi samt utnyttja möjligheterna till återanvändning och återvinning". Denna hänsynsregel ska ses i belysning av miljöbalkens mål, som inte bara är att skydda människors hälsa och miljön, utan även att använda olika slags resurser effektivt: "Miljöbalken skall tillämpas så att ... återanvändning och återvinning liksom annan hushållning med material, råvaror och energi främjas så att ett kretslopp främjas" (1 kap. 1 §, 2 st. 5 miljöbalken).

En utformning av lagret så att bränslet enkelt kan återvinnas ska ses som en första åtgärd i det kretslopp som eftersträvas i 2 kap. 5 § miljöbalken. Utformningen är även i överensstämmelse med hushållningsprincipen i samma regel eftersom en återvinning av bränslet kan minska behovet av att bryta uran. Samtidigt kan en användning av snabba reaktorer möjliggöra en kraftig reducering av nedbrytningstiden av radiotoxiciteten i restprodukten samt eliminera risken för att det lagrade bränslet, i en framtid, används som utgångsmaterial vid framställning av kärnvapen. En utformning av lagret där tillslutningen inte är definitiv ska därför även ses som ett försiktighetsmått enligt 2 kap. 3 § miljöbalken för att minimera risker för skadlig påverkan på människor och miljö.

Dessa fördelar utifrån såväl kretslopps- och hushållningssynpunkt som miljöskyddssynpunkt är långsiktiga och alternativet är förenligt med miljöbalkens övergripande mål att främja en hållbar utveckling, där "kommande generationer tillförsäkras en hälsosam och god miljö" (1 kap. 1 § MB).

II. Prövningens rättsliga ram

En central fråga i detta ärende är vad som ska ses som verksamhetens ändamål, eftersom ändamålet avgör prövningsramen och vilka regler som aktualiseras. Frågan har betydelse vid den kommande tillåtlighetsprövningen enligt 17 kap. miljöbalken, men även vid prövning enligt lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet eftersom 2 kap. miljöbalken ska tillämpas även då (jfr 5 b § lagen om kärnteknisk verksamhet).

UPPSALA
UNIVERSITET

SKB anser att sökandens ansvar innefattar ”såväl skyldigheten att ta fram ett förslag i en ansökan som rättigheten att få just det förslaget prövat mot gällande miljö- och säkerhetskrav” (MKB-kompletteringen, s. 3). Det är korrekt i sig, men prövningen ska inte begränsas utifrån hur sökanden väljer att utforma ansökan. Tillämpningen av de allmänna hänsynsreglerna i 2 kap. miljöbalken innebär en integrerad prövning av *olika* aspekter med syfte att kunna välja det alternativ som är bäst från miljösynpunkt. En sökande bestämmer förvisso ändamålet med verksamheten i stort, i detta fall att hantera det använda kärnbränslet. Däremot kan inte ansökan göras så snäv att inte andra platser eller hanteringsmetoder än de som omfattas av ansökan kan bedömas. Utredningen av alternativ ska vara rimlig, något som varierar från fall till fall. Här är dock sökandes avsikt att slutligt förvara radioaktivt material med mycket lång nedbrytningstid. Det är då högst rimligt att prövningen omfattar en utformning av lagret så att det använda bränslet kan återvinnas utan stora kostnader.

Det är bra att SKB i MKB-kompletteringen har behandlat frågan om att använda bränslet som resurs (se nedan), något som Universitetet efterfrågat i den tidigare remissomgången. Universitetet vill ändå principiellt invända mot den snäva syn som SKB redovisar när det gäller vad som ska ingå i en MKB eftersom den frågan är kopplad till prövningens omfattning. Det är fel som SKB anför att en bedömning av alternativa utformningar enligt 6 kap. 7 § 1 st. 4 miljöbalken skulle förutsätta att länsstyrelsen ställer ett sådant krav vid samrådet (MKB-kompletteringen, s. 2). 6 kap. 7 § 3 st. miljöbalken anger endast att länsstyrelsen ”får” ställa detta krav, inte att länsstyrelsens krav skulle vara en förutsättning för tillämpning av 6 kap. 7 § 1 st. 4 miljöbalken, ett krav som är adresserat till verksamhetsutövaren. Vidare hänvisar SKB till propositionen 1997/98:45 I, s. 292. Regeringen uttalar där att alternativ ska vara så utredda att de kan prövas jämställt med sökandens huvudförslag. Regeringen tillägger att ”av avgörande betydelse då givetvis är att sökanden är beredd att acceptera ett tillstånd till en alternativ verksamhet eller anläggning”. Av det senare uttalandet drar SKB slutsatsen: ”Det är alltså den sökta verksamheten som styr innehållet i MKB:n” (MKB-kompletteringen, s. 3). Även detta är fel. Förfarandet med samråd och MKB syftar till att *olika* alternativ och deras konsekvenser för bl.a. miljö och resursanvändning på ett tidigt stadium ska diskuteras och redovisas. Alla alternativ ska vara *öppna* (art. 6.4 direktiv 2011/92/EU om bedömning av inverkan på miljön av vissa offentliga och privata projekt). Förfarandet med samråd och MKB ska ligga till grund för den *kommande*

UPPSALA
UNIVERSITET

ansökan. Självklart utformas ansökan av sökanden som väljer det alternativ man vill ha tillstånd till, men detta ska skiljas från vad som måste omfattas av MKB:n och annat beslutsunderlag, liksom vad som kan omfattas av den rättsliga prövningen.

Sammanfattningsvis anser Universitetet att en utformning av lagret som innebär att det använda bränslet utan stora kostnader kan återvinnas, är ett alternativ som ska ingå i de rättsliga prövningarna enligt miljöbalken och kärntekniklagen.

III. Framtida möjligheter för återvinning

Uppsala universitet ser med tillfredsställelse på att SKB har belyst viktiga frågeställningar rörande en framtida återvinning av dagens använda kärnbränsle genom utnyttjandet av fjärde generationens kärnkraftsystem (Gen IV). Därmed har SKB i de flesta avseenden tagit intryck av tidigare yttranden från Uppsala universitet och infogat dessa i ett sammanhållet koncept. Dock vill Uppsala universitet i sitt yttrande fästa uppmärksamhet på vikten av att man i nuläget inte låser sig kring endast ett "realistiskt" scenario för framtiden utan är öppen för alla möjligheter som kan komma att bli aktuella. Av det skälet redogörs nedan och i korthet för Uppsala universitets uppfattning i frågan.

I Sverige utnyttjas den över världen förhärskande reaktorteknologi som innebär att kärnbränslet klyvs med hjälp av termiska neutroner. Detta, tillsammans med den nuvarande strategin i Sverige att använda en öppen bränslecykel, innebär att ungefär en halv procent av natururanets energiinnehåll kan utnyttjas. Det innebär också att ungefär 95 procent av energiinnehållet i kärnbränslet aldrig används utan kärnbränslet betraktas i strategin som avfall. Vidare är sammansättningen av det använda kärnbränslet sådant att dess radiotoxicitet kräver förvaring under tidsrymder om i storleksordningen hundratusen år.

Uppsala universitets mening är att KBS-3 är den metod som bäst uppfyller de satta kraven men pekar samtidigt på möjligheten att återvinna material ur det använda kärnbränslet och utnyttja det som nytt kärnbränsle i ett Gen IV system. Under det senaste decenniet har internationellt forsknings- och utvecklingsarbete visat att detta scenario är en reell möjlighet och att en kommersiell implementering av ett Gen IV system inte bara är möjlig utan kan även komma att bli nödvändig. Möjligheten att åstadkomma ett kärnkraftsystem som:

- utnyttjar dagens använda kärnbränsle som nytt bränsle

UPPSALA
UNIVERSITET

- skapar möjlighet för koldioxidsnål elproduktion under storleksordningen tusen år eller möjliggör destruktion av långlivade restprodukter under en relativt kort tid, vilket man nu önskar
- förkortar den effektiva halveringstiden för avfallet med en faktor 100
- omöjliggör att tillverka kärnvapen av det använda kärnbränslet

borde vara av så stort intresse för framtida generationer att man i nuläget rimligtvis inte kan avfärda denna möjlighet. Uppsala universitet är dock givetvis medvetet om att ett slutförvar av KBS-3 modell kommer att krävas även i detta scenario. Detta dels för att inga återvinningsprocesser är hundra procent effektiva vilket innebär att det kommer att finnas en fraktion av långlivat material men vars volym är jämförelsevis mycket liten och dels för att de kortlivade isotoper som genereras även i ett Gen IV system måste undanhållas biosfären under en betydande tidsperiod.

Nedan följer Uppsala universitets synpunkter på ansökan avseende dess beskrivning av det använda kärnbränslet i betraktelsen av det som antingen avfall eller framtida resurs. Beroende på vilken syn som anläggs här är det Uppsala universitets mening att det finns behov av ytterligare forsknings- och utredningarbete men att detta inte ska störa den nu pågående ansökningsprocessen.

Avfall eller framtida resurs?

I bilagorna K-11 och K-12 analyserar SKB i korthet dels fjärde generationens kärnkraftsystem och dels hur ett Gen IV system skulle kunna påverka det nu planerade omhändertagandet av det använda bränslet. Utgående från de framställda förutsättningarna instämmer Uppsala universitet i allt väsentligt med analysens slutsatser men menar samtidigt att förutsättningarna är alltför snävt satta för att analysen ska skapa en heltäckande bild av hur en implementering av Gen IV i praktiken kan komma att påverka det nu planerade slutförvaret.

Det finns två utgångspunkter beträffande omhändertagandet av använt kärnbränsle:

1) det använda kärnbränslet betraktas som avfall och
2) det använda kärnbränslet betraktas som en resurs för framtiden.

Som Uppsala universitet har påpekat tidigare är utgångspunkt 1) problematisk och det av flera skäl. Ett är hur miljöbalkens krav

UPPSALA
UNIVERSITET

på återvinning och resursutnyttjande ska kunna tillgodoses. Ett annat är att framtida generationers möjlighet att själva avgöra hur man vill ordna sin elförsörjning drastiskt kringskärs. Alltså, en annan sida av den etiska frågeställningen om vad som ska lämnas över till framtiden.

Utgångspunkt 2) skapar däremot en maximal flexibilitet för framtidens samhälle då slutförvaret antingen kan komma att förvaras enligt utgångspunkt 1) eller utnyttjas som bränsleförråd för ett framtida Gen IV system samtidigt som det fungerar som slutförvar för det kortlivade avfall som då kommer att produceras.

Som framgår av tidigare remissyttranden är Uppsala universitet av den meningen att det i nuläget inte går att avfärda utgångspunkt 2), varken av formella, tekniska eller etiska skäl. Därför är det viktigt att använda ett möjligt scenario som inte pekar i endast en riktning när SKB belyser möjligheterna att utnyttja ett framtida Gen IV system. I den av SKB ofta citerade rapporten av Hans Forsström (2013) framförs att en implementering av Gen IV sannolikt sker med breederreaktorer och därmed skulle det genereras mer bränsle än vad som behövs för driften av dessa reaktorer. Konsekvensen blir att det kommer att krävas ett slutförvar för långlivat avfall med minst samma kapacitet, för att inte säga betydligt större, än det nu planerade. I en mer populärt hållen rapport från Uppsala universitet [1] beskrivs ett alternativt scenario som syftar mot att utnyttja den möjlighet till maximal flexibilitet som följer av utgångspunkt 2) ovan. En viktig slutsats i den rapporten är att en kombination av snabba reaktorer som körs som ”breeders” och ”burners” erbjuder möjligheten att hålla tillgången på bränsle i balans och därmed kan kärnkraftanvändningen pågå under mycket lång tid in i framtiden om man så önskar. Skulle teknikutvecklingen i framtiden tillskapa fullgoda alternativ till kärnkraften kan alla reaktorerna ställas om till ”burnermode” för att snabbast möjligt transmutera det långlivade materialet och samtidigt utvinna energi ur det. En annan slutsats i rapporten [1] är att kapaciteten på det nu planerade slutförvaret sannolikt kommer att räcka för kärnkraftdrift under mycket lång tid under förutsättning att den ovan nämnda kombinationen av breeder- och burnerreaktorer implementeras.

Kostnader relaterade till kommande generationer

Oavsett utgångspunkt finns det en kostnadsdimension att ta hänsyn till. I Kärnavfallsrådets kunskapslägesrapport för 2015 [2] beskrivs den uppskattade totala kostnaden att omhänderta det använda kärnbränslet och riva befintliga kärnkraftverk till 100

UPPSALA
UNIVERSITET

miljarder kr, ett belopp som "mycket väl" kan ligga femtio procent högre. Denna kostnad innefattar återförslutning av slutförvaret som därefter inte förväntas generera ytterligare kostnader i någon större omfattning. Därmed anses principen att det är dagens generation människor som drar nytta av kärnkraften som också ska erbjuda och bekosta en lösning för framtiden vara uppfylld. Om återfyllning inte sker för att möjliggöra ett relativt enkelt återtagande skulle, å andra sidan, nya kostnader i form av fysisk skydd, kärnämneskontroll etc. uppträda. Därmed överförs kostnader till framtida generationer och ovanstående princip kan inte till fullo anses uppfylld.

Den utveckling av Gen IV system som nu pågår och som kan förväntas implementeras kommersiellt i världen i mitten av seklet, gör det inte osannolikt att en relativt enkel återtagbarhet är en egenskap hos slutförvaret som kommer att värdesättas i vårt land i slutet av seklet. I det fallet att man då önskar återta bränsle från ett tillslutet förvar kommer det att kräva ansatser som genererar betydande kostnader och olägenheter. Dessa kostnader kan mycket väl överstiga de kostnader som uppkommer för att hålla förvaret oförslutet en tidsrymd under vilken man på rationella grunder kan avgöra om Gen IV systemen realiseras eller ej. Om så blir fallet skulle det innebära att framtidens generation människor tvingas till möjligen betydande merkostnader på grund av beslut som tagits av vår generation. Det är sammanfattningsvis en öppen fråga i nuläget om någon av utgångspunkterna uppfyller principen att inga kostnader ska belasta framtida generationer.

Sammanfattning

Givet utgångspunkten 1) ovan anser Uppsala universitet att KBS-3 utifrån dagens kunskap är den mest lämpade metoden för att ta hand om det använda kärnbränslet som avfall, men att det ändå finns osäkerheter vad gäller korrosion och geologiska parametrar som behöver hanteras (se mer nedan). Betraktas det som en resurs enligt punkt 2) kan det konstateras att KBS-3 i stora delar kommer att kunna utnyttjas även i ett Gen IV kontext, givet att det använda kärnbränslet inte görs oåtkomligt genom massiv återfyllning.

Det finns dock enskildheter i KBS-3 som genom ytterligare forskning behöver belysas. Till exempel hur en annan avfallssammansättning påverkar inkapslingens motståndskraft eller hur olika återvinningsteknikers effektivitet påverkar kapslingsutformning och slutförvarets funktion och kapacitet. Hur strålskydd och kärnämneskontroll skall inrättas är andra områden som också måste beforskas. En rimlig utgångspunkt är

UPPSALA
UNIVERSITET

dock att den nu pågående ansökningsprocessen inte ska påverkas av resultat av sådan forskning som har långa tidshorisonter.

Utgående från dagens kunskapsläge av olika scenariers kostnadsbild samt de osäkerheter som råder beträffande såväl teknik- och samhällsutveckling som möjliga framtida samhälleliga krav som till exempel massiva klimatåtgärder, förefaller en klok strategi vara att utföra en demonstration av återfyllning, men att detta genomförs med en mycket liten del av det använda kärnbränslet. Resterande material placeras i slutförvaret och tillåts stå till förfogande för framtida generationer att avgöra om det ska användas eller ej. En följdfråga som dock då också bör belysas är rimligheten i att belasta framtida generationer med det ökade säkerhets- och övervakningsansvar som ett mer tillgängligt förvar skulle innebära.

[1] Framtidens elförsörjning – en fråga med globala dimensioner, DiVA: diva2:752144

[2] Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2015, SOU 2015:11

[3] Reversibility and Retrievability in Geological Disposal of Radioactive Waste, NEA/RWM/RETREV (2001)2.

Geofysik

Hänvisningar till remisstexterna ges löpande i texten nedan.

Modellering av spänningsutvecklingen under en istid [1]

SKB använder sig av en modell baserad på en isrekonstruktion och en jordmodell. De inducerade spänningarna beror på isens utsträckning, tjocklek och liggtid samt Jordens elasticitet och reologi. Man bör därför undersöka hur mycket referensresultatet varierar med antaganden om större och mindre isar (mindre isar kan ge större skjuvspänningar) samt undersöka dessa med olika modeller av jordskorpan och övre manteln.

Jordskalv i förvarets närhet

- Eftersom Sverige är ett lågseismicitetsområde, och eftersom seismisk aktivitet kan vara episodisk till sin karaktär, är långvariga seismiska observationer över ett stort område viktiga. Deformationsprocesser och den tillhörande seismiska aktiviteten i intraplate områden, såsom Sverige, är annorlunda än vid aktiva områden. Detta, tillsammans med den låga seismiska aktiviteten i intraplate områden, gör det särskilt viktigt att ha tillgång

UPPSALA
UNIVERSITET

till långa dataserier och att observationsnätverken är mycket känsliga för att samla information om så många jordskalv som möjligt **[2]**

- De olika SKB rapporterna har lite olika syn på risken för ett magnitud 5 eller större skalv. Risken för ett M5 skalv under den närmaste framtiden måste tas med i beräkningen, även om det skulle initieras på 20 km djup. Om ett större skalv skulle initieras vid t.ex. 20 km djup, kan brottet eventuellt propagera till förvarsdjup.**[3]**
- SKB skalar antalet magnitud 6 skalv till magnitud 5 med en faktor 10. Detta gäller ett b-värde på 1. Med lägre b-värde, som uppmätts i Sverige och som SKB tillämpar i andra beräkningar, blir faktorn lägre, b=0.8 ger t.ex. en faktor 6.3.**[4]**
- SKB beräknar risken inom en cirkel med 5 km radie. Detta är ett för litet område för M6, eftersom det är högst sannolikt att förkastningen då är längre än 10 km.**[5]**
- SKB skriver "Om ett skalv inträffat blir det mycket låg sannolikhet att få ytterligare ett." Detta är inte nödvändigtvis rätt eftersom sannolikheten att få ett skalv i en försvagad zon är större än att få det i en starkare zon. Dock måste det gå tillräcklig tid för att "ladda upp" spänningarna igen.**[6]**

Skalv inducerade under konstruktion och drift av förvaret

- Skrivningarna om ett lokalt seismiskt nätverk är vaga. Vi rekommenderar starkt att ett lokalt nätverk byggs, som har hög känslighet och därmed kan fånga upp även mycket små rörelser i berget. Instrument på ytan, i borrhål och i tunnlarna nere i berget rekommenderas starkt. Det är viktigt att sådana mätningar görs långsiktigt, och att analysen av data integreras med information från det regional seismiska nätverket.**[7]**
- Dessa skalv kan öka kunskaperna om det lokala spänningsfältet och om aktiva spricksystem/hydraulisk koppling.**[7]**
- Riskerna med inducerade skalv exkluderas, åtminstone delvis, från SKBs beaktan. Detta är lite för tidigt, med referens till Dannemora vet vi att inducerade skalv med magnitud upp till M3 förekommer under berguttag på 300 – 500 m djup. Med referens till Sydafrika påpekar SKB att gruvskalv över M5 ej förekommer. I Sydafrika har dock 2 skalv med magnitud större än 5 förekommit (2005 och 2014), med dödsfall som följd. I USA har oförsiktigt nedpumpande av vatten triggat skalv med magnitud större än 5.**[3,8]**
- För inducerade skalv diskuteras risker bara för de kapslar

UPPSALA
UNIVERSITET

som redan deponerats.

Ytterligare

- Modelleringen av sprickrörelser orsakade av jordskalv görs med en mjukvara och en metod av en grupp. Möjligen är detta inte optimalt. Dessutom modelleras inte sprickpropagering explicit. Skulle ett större skalv stimulera rörelser på många små närliggande förkastningar, kan den allmänna hydraulisk ledningsförmågan i området eventuellt påverkas.**[9]**
- Spänningsfältet i Forsmark; Det har varit heta diskussioner om spänningsfältet och tolkningarna har varierat. Det är viktigt att spänningsmätningarna fortsätter. SKB refererar till regionala jordskalv som ska visa samma spänningsriktningar som de SKB har, det finns dock ett mycket litet underlag för ett sådant uttalande.**[10]**
- SKB diskuterar utveckling av högfrekvent seismikteknik för att leta sprickor från tunnlarna. Fortsatt utveckling av sådan metodik är önskvärd.**[11]**
- Om paleoseismologi: Nya metoder leder ibland till nya rön, som bör beaktas. Fjärranalys bör dock kompletteras med utgrävning av nyidentifierade neotektoniska lineament för att öka tillförlitligheten i analysen**[12]**
- Det är viktigt att en 3D seismisk undersökning utförs innan förvaret byggs för att få en strukturell bild av berggrunden som kan jämföras med eventuella senare undersökningar efter etablering av förvaret. En sådan undersökning skulle också ge information om förkastningarnas utbredning på djupet, vilket kan ha stor betydelse för SKBs beräkningar av jordbävningsrisken för förvaret**[13]**

Hänvisningar till texterna finns för de flesta punkterna. Flera av punkterna återkommer i materialet, och detta är inget försök att vara fulltäckande. Hänvisningarna är till filerna på SKBs hemsida.

[1] 10.4.4. s458. s464. i *01_vol2*
[2] s437 4.1.3 *14_Geosphere process report;* s465-468 i *01_vol2.;* s71 i *07_Comparative analysis.* s86-87, s109 i *14_Geosphere*
[3] s297 i 10.2.2; 4.3.7 i *14 Geosphere process report.*; s469 i 10.4.5 i *01_vol2*
[4] 7.3 i *07_Comparative analysis*
[5] s466 i 10.4.5 *01_vol2*
[6] s469 i *01_vol2.*; s469 i *01_vol3.*
[7] sidor 36, 37, 65, 69, 108, 109 i *10_Ramprogram.*
[8] s239 i *01_vol1.* s781 i 01_vol3. s102 i *14 Geosphere*

UPPSALA
UNIVERSITET

[9] s74 i *07_Comparative.;* s 235 i *01_vol1.*
[10] s123 i *01_vol1.*
[11] s66, s76 i *10_Ramprogram*
[12] s139 i *01_vol1*; sektion 3.3 i *21_Site description of Forsmark*
[13] Sprickmönster är ett återkommande tema i materialet. Exempel av var frågeställningen nämns är s37-38 i *01_Bilaga_SR_Site...* "och sektion 4.4 i *01_vol1.*

Materialkemi

Dokument: Fuel and canister process report for the safety assessment SR-Site (Bilaga SR-Site; Redovisning av säkerhet efter förslutning av slutförvaret).

Dokumenten redovisar ett antal olika alternativ för korrosionsangrepp på kopparkapseln och insatsen, initierade både under hanteringen innan slutförvaret och när kapseln slutligen placeras under marken. Dessa angrepp orsakas direkt och indirekt av t.ex. den kemiska miljön både inuti och utanför kapseln, av radioaktivt sönderfall, och av mekaniska och elektriska faktorer. I förekommande fall görs en bedömning/uppskattning av risken för att kapseln fallerar under relevant tidsrymd. Bedömningarna görs baserat på den vetenskapliga litteraturen, experiment och teoretiska beräkningar.

Störst vikt har lagts vid olika former av korrosion i närvaro av syre. Den slutsats som dock dras är att mängden syre i slutförvaret kommer i sammanhanget relativt snabbt (månader/år) att nå obetydliga nivåer för att innebära ett allvarligt angrepp på kopparkapseln. Betydligt mindre underlag verkar finnas angående koppars korrosion i närvaro av sulfidjoner. Dessa kan, beroende på förhållandena, snabbt reagera med koppar och bilda olika former av kopparsulfider som är termodynamiskt stabila under de förhållanden som råder i slutförvaret. Omfattningen av denna typ av korrosion kommer att avgöras av till- och bortförsel av sulfidjoner till kapseln. Uppsala universitet anser därför att risken för omfattande korrosion i närvaro av sulfidjoner bör utredas i motsvarande grad som för syre, även om den förväntade sulfidkoncentrationen i slutförvaret bedöms som låg.

Noterbart är också att de olika formerna för korrosion i stort hanteras var för sig. Det är sannolikt att dessa kommer att ske samtidigt, och därmed påverka varandra. Uppsala universitet

UPPSALA
UNIVERSITET

anser därför även att studier bör inledas för att undersöka kopparkorrosion orsakad av samtidig påverkan av flera typer av korrosion, och hur detta kan leda till exempelvis lokal eller punktvis korrosion med ökad hastighet.

Vidare bör även mer omfattande försök ske under slutförvarsliknande förhållanden, för att förbättra extrapoleringen av korrosionsangrepp under mycket långa tidsrymder och för ökad förståelse av till- och bortförsel av ämnen via kanaler/sprickor i bentonitleran. Korrosionen av kopparkapseln i slutförvaret kan med relativt enkla tekniska medel både övervakas och styras. Även om detta bryter mot förutsättningen att förvaret inte skall vara beroende av aktivitet från marknivån, så är detta ett sätt att kontrollera korrosionen. De granskade dokumenten avslöjar inte i vilket omfattning dessa alternativ är relevanta eller har övervägts.