

KASAM

STATENS RÅD FÖR
KÄRNAVALLSFRÅGOR
National Council for Nuclear Waste

KASAM – Statens råd för kärnavfallsfrågor – inrättades år 1985 och är en fristående vetenskaplig kommitté inom Miljödepartementet med uppgift att utreda frågor om kärnavfall och avställning av kärntechniska anläggningar samt att lämna regeringen och vissa myndigheter råd i dessa frågor.

Ledamöterna – som är kvalificerade vetenskapsmän från svenska och nordiska universitet och högskolor – representerar oberoende sakkunskap inom olika områden av betydelse för slutförvaringen av radioaktivt avfall, inte enbart inom teknik och naturvetenskap utan också inom ämnen som etik, psykologi och samhällsvetenskap.

Det åligger KASAM att vart tredje år, i ett särskilt betänkande, redovisa sin självständiga bedömning av kunskapsläget på kärnavfallsområdet.

En annan viktig del av KASAM:s verksamhet är att erbjuda ett forum för oliktänkande och för sakkunniga inom och utom landet att diskutera kärnavfall och därmed anknutna frågor. Ett antal seminarier har hållits genom åren.

I KASAM:s uppdrag ingår också att redovisa sin självständiga bedömning av det program för forsknings- och utvecklingsverksamhet – om bland annat slutförvaring av använt kärnbränsle – som de svenska kärnkraftföretagen upprättar vart tredje år. Föreliggande rapport utgör KASAM:s yttrande till regeringen över Svensk Kärnbränslehantering AB:s FUD-program 2001 – program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall.

KASAM, Miljödepartementet, 103 33 STOCKHOLM

FRITZES
OFFENTLIGA
PUBLIKATIONER

POSTADRESS: 106 47 STOCKHOLM
FAX 08-690 91 91, TELEFON 08-690 91 90
E-POST: fritzes.order@liber.se
INTERNET: www.fritzes.se

Kärnavfall – forskning och teknikutveckling

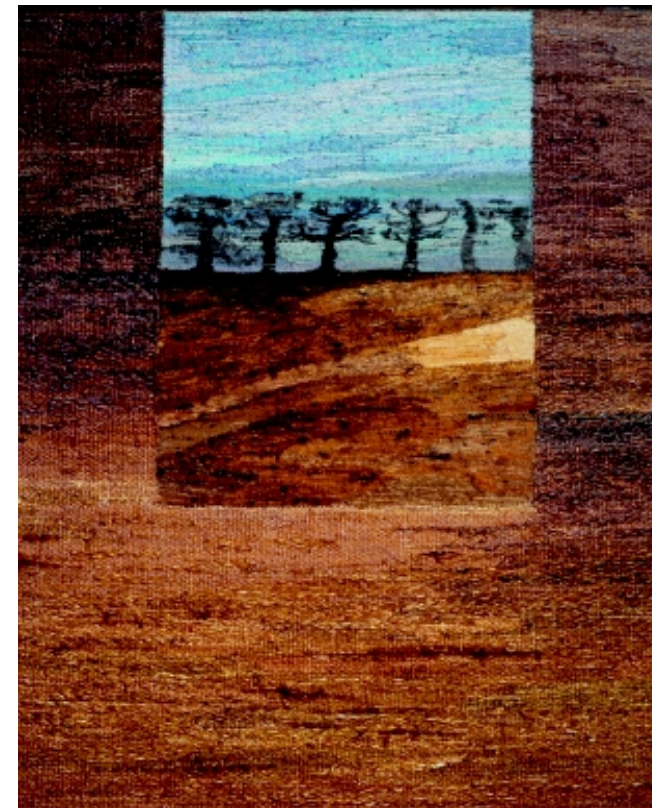
ISBN 91-38-21714-7 • ISSN 0375-250X

SOU 2002:63



STATENS OFFENTLIGA
UTREDNINGAR

SOU 2002:63



Kärnavfall – forskning och teknikutveckling

KASAM:s yttrande över SKB:s FUD-program 2001

KASAM

STATENS RÅD FÖR
KÄRNAVALLSFRÅGOR
National Council for Nuclear Waste

Till Statsrådet och chefen för Miljödepartementet

Yttrande över Svensk Kärnbränslehantering AB:s FUD-program 2001 – program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall

KASAM – Statens råd för kärnavfallsfrågor – har enligt direktiv (1992:72) bland annat som uppgift att för regeringen redovisa sin självständiga bedömning av det program för forsknings- och utvecklingsverksamhet (FUD-program) – om slutförvaring av använt kärnbränsle med flera avfallsfrågor – som de svenska kärnkraftföretagen genom Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) skall avge vart tredje år.

Föreliggande rapport utgör KASAM:s yttrande till regeringen över SKB:s FUD-program 2001.

KASAM:s granskning har i huvudsak skett genom insatser av kommitténs ordförande Camilla Odhnoff, övriga ledamöter Rolf Sandström, Göran Andersson, Carl Reinhold Bräkenhielm, Britt-Marie Drottz Sjöberg, Willis Forsling, Gert Knutsson, Sören Mattsson och Jimmy Stigh, sakkunnige Olof Söderberg, experter Nils Rydell och Sören Norrby samt sekreterare Mats Lindman.

KASAM föreslår regeringen att konstatera att reaktorinnehavarna genom SKB:s FUD-program 2001 har uppfyllt kraven i 12 § lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet (kärntekniklagen).

Stockholm i juni 2002

KASAM – Statens råd för kärnavfallsfrågor

Camilla Odhnoff

Rolf Sandström

Göran Andersson

Carl Reinhold Bräkenhielm

Britt-Marie Drottz Sjöberg

Willis Forsling

Gert Knutsson

Sören Mattsson

Jimmy Stigh

/Mats Lindman

Innehåll

Sammanfattning	9
1 Inledning	23
1.1 Bakgrund	23
1.2 KASAM:s granskning av FUD-program 2001	24
2 Helhetsbedömning	25
2.1 Bakgrund	25
2.2 KASAM:s bedömning	25
3 Säkerhetsanalyser	29
3.1 Bakgrund	29
3.2 KASAM:s bedömning	30
4 Bränsle	35
4.1 Bakgrund	35
4.2 Vatten- och gastransport i bränslekapselns hålrum	36
4.3 Skador på kapslingsrör	37
4.4 Bränsleupplösning	38
4.5 Speciering, kolloidbildning	39
5 Kapsel	41
5.1 Bakgrund	41
5.2 Temperatur och värmetransport	41
5.3 Mekaniska spänningar	42

5.4	Deformation av kopparkapsel	43
5.5	Korrosion av gjutjärnsinsats	44
5.6	Korrosion av kopparkapsel	45
5.7	Initiala defekter	46
6	Inkapsling	49
6.1	Bakgrund	49
6.2	Kapselutformning	49
6.3	Kapseltillverkning	50
6.4	Svetsteknik	50
6.5	Provning	51
7	Buffert	53
7.1	Bakgrund	53
7.2	Svällbarhet	55
7.3	Kemisk stabilitet	57
7.4	Sorptionsförmåga	59
7.5	Den tidiga utvecklingen	59
7.6	Genomsläpplighet för gaser	60
7.7	Erosion	60
8	Återfyllning	63
8.1	Bakgrund	63
8.2	Återfyllningens sammansättning	64
8.3	Vittring	65
8.4	Sorptionsegenskaper	66
9	Geosfär	67
9.1	Bakgrund	67
9.2	Allmänt	67

9.3	Berggrundsgeologi	69
9.4	Översikt av processer	71
9.5	Rörelser i intakt berg	72
9.6	Termisk rörelse	73
9.7	Tidsberoende deformationer	73
9.8	Sprickbildning	74
9.9	Reaktivering – rörelse längs befintliga sprickor	75
9.10	Jordskalv och klimatutveckling	77
9.11	Injektering	78
9.12	Grundvattenströmning	79
9.13	Beslutsstödsmodeller för hantering av komplexa problem, till exempel geologiskt djupförvar av kärnkraftavfall	81
10	Biosfär	85
10.1	Bakgrund	85
10.2	Övergripande mål och internationell samverkan	85
10.3	Ämnestransport med grundvatten	87
10.4	Radionuklider och andra ämnen	89
10.5	Ekosystem	90
10.6	Modellering, övervakning, krav och kriterier	92
11	Alternativa metoder	97
11.1	Bakgrund	97
11.2	Allmänt om redovisning av alternativa metoder	97
11.3	Separation och transmutation	100
11.4	Deponering i djupa borrhål	109

12	Rivning	111
12.1	Bakgrund	111
12.2	Planering och resursbehov	111
13	Annat långlivat avfall	113
13.1	Bakgrund	113
13.2	Förvarsutformning och säkerhetsanalyser	113
14	Behov av ett forskningsprogram kring kärnavfallsfrågorna med inriktning på samhällsvetenskap och humaniora	115
14.1	Bakgrund	115
14.2	Motivering för programmet	115
14.3	Organisatoriskt ansvar för genomförandet av programmet	118
14.4	Kostnader och finansiering	121
14.5	Slutsatser	122

Sammanfattning

Föreliggande rapport utgör KASAM:s yttrande till regeringen över Svensk Kärnbränslehantering AB:s (SKB) FUD-program 2001.

KASAM:s granskning har i huvudsak skett genom insatser av kommitténs ledamöter, sakkunnige, experter och sekreterare.

KASAM anser att reaktorägarna genom FUD-program 2001 har uppfyllt kraven i 12 § kärntekniklagen.

KASAM anser även att SKB har redovisat sitt forsknings- och utvecklingsprogram på ett förtjänstfullt sätt. Det gäller både vad SKB har gjort och vad man avser att göra. Rapporten är välstrukturerad och tydlig.

Av FUD-program 2001 framgår att det fortfarande finns ett stort utvecklingsbehov på ett antal viktiga tekniska områden. Detta gäller till exempel tillverkning och förslutning av kapslar samt kontrollmetoder för dessa verksamheter.

Även inom andra områden, till exempel geologi, kemi, hydrologi, biologi, bergmekanik med mera, finns det ett stort behov av fortsatt forsknings- och utvecklingsarbete, liksom av praktiska demonstrationer av tekniska tillämpningar.

KASAM anser att humanistiska och samhällsvetenskapliga frågor, med betydelse för slutförvaring av kärnavfall, bör få ökad uppmärksamhet. KASAM har i avsnitt 14 lämnat förslag till hur forskning inom dessa områden kan organiseras och finansieras.

KASAM framhåller att kommande redovisningar av FUD-program bör ha en stor vetenskaplig bredd för att kunna motsvara kärntekniklagens krav på allsidighet.

Statens kärnkraftinspektion (SKI) och Statens strålskydds-institut (SSI) har i sina yttranden över FUD-program 2001 föreslagit att det skall krävas att SKB skall redovisa ett så kallat strategidokument, som skall hållas uppdaterat. KASAM anser att en sådan redovisning av aktuella strategiska frågor bör hållas tillgänglig för allmänheten och övriga berörda. KASAM anser även att sådan dokumentation av strategiska frågor bör bli föremål för granskning på det sätt som nu sker av de återkommande FUD-programmen.

SKB:s tidsplan förefaller, enligt KASAM:s bedömning, alltför optimistisk för att garantera god kvalitet på allt det arbete som behöver göras.

För att främja fortsatt forskning om alternativa sätt att ta hand om använt kärnbränsle, till exempel separation och transmutation, föreslår KASAM en översyn av 5a § första stycket och 6 § kärntekniklagen.

Säkerhetsanalyser

SKB:s säkerhetsanalyser har fokuserats på slutförvarets långsiktiga säkerhet. Enligt KASAM:s uppfattning bör säkerhetsanalyser genomföras även för slutförvarets driftfas samt för andra förvarsdelar än slutförvaret, till exempel inkapslingsanläggning och transporter. Vidare bör en säkerhetsanalys göras för eventuellt återtag av kapslar från slutförvaret.

SKB har genomfört en systematisk utveckling av den säkerhetsanalytiska metodiken för slutförvarets långtidsegenskaper. Enligt KASAM behöver dock metodiken utvecklas ytterligare. KASAM vill särskilt peka på det initiala kapseldefektscenariot och de frågor som relaterar till det inkapslade bränslet samt gjutjärnsinsatsen. Även för övriga barriärer såsom bentonitbuffert och återfyllnad behöver defektscenarier analyseras.

KASAM anser vidare att flera frågor om probabilistiska riskberäkningar behöver utredas ytterligare. KASAM påpekar också

att det är svårt att beräkna sannolikheten för vissa förlopp, till exempel mänskligt intrång.

KASAM pekar även på säkerhetsanalysens funktion, som ett verktyg för att identifiera och öka förståelsen för processer som har betydelse för säkerheten, samt framhålla att säkerhetsanalysen bör kunna vara ett verktyg för styrning av platsundersökningar och för utveckling av tekniska barriärer.

Bränsle

SKB nöjer sig med att bevaka forskningsområdet om skador på kapslingsrör. Enligt KASAM förefaller det att vara en alltför låg ambitionsnivå.

Enligt KASAM:s bedömning behöver forskningsprogrammet om bränsleupplösning, som från början hade en allmänt orienterande karaktär, fokuseras på de förhållanden som enligt gjorda analyser kommer att förekomma inne i kapseln. Upplösningsstudierna i oxiderande (luft), reducerande (vätgas) och syrefria (anoxiska, argon) förhållanden är av den arten, men programmet behöver anknytas till analyserna av kapselskador och motiven och målen för de olika programinslagen redovisas. KASAM anser att programmet är tillräckligt viktigt för att motivera en egen forskningsplan.

KASAM anser att SKB bör ägna större omsorg både teoretiskt och praktiskt åt plutoniumkemin i samband med speciering och kolloidbildning för att rätt kunna bedöma transportprocesserna från bränslet.

Kapsel

När det gäller fosfors inverkan på krypduktiliteten är den styrande mekanismen en öppen fråga. Ingående studier av de styrande mekanismerna är därför angelägna. För säker extrapolation av krypdata till långa tider måste mekanismerna vara kända.

När krypdata finns tillgängliga för svetsförband bör detaljerade beräkningar av plastisk deformation och krypning i kapseln genomföras med finita element metoden som komplettering till de beräkningar som gjorts för enbart grundmaterial.

SKB har på sitt program att göra empiriska studier av korrosionsförlopp i kontaktområdet *koppar-gjutjärn-vatten* och *gjutjärn-vatten* under realistiska betingelser och att med data från dessa göra nya beräkningar av utvecklingen i en skadad kapsel. KASAM noterar detta med tillfredsställelse.

Speciellt för spänningsinducerad korrosion och mikrobiellt inducerad korrosion på kopparkapseln erfordras fortsatta grundläggande studier. Det är dessutom synnerligen angeläget att verifiera de hittillsvarande resultaten med långtidsförsök under så realistiska betingelser som möjligt. Detta bör kunna utföras vid Äspölaboratoriet och är delvis också redan planerat.

Kravet på begränsning av initiala defekter i kopparkapslarna är enligt KASAM:s uppfattning alltför vagt formulerat. Acceptanskriteriet för initiala defekter bör utgå från kravet att bästa tillgängliga teknik tillsammans med krav utifrån en dos-/riskbegränsning skall användas för de tillverkade barriärerna i slutförvaret, såväl för tillverkningen som för kvalitetskontrollen.

Inkapsling

Kapselkonstruktionen har på ett bra sätt specificerats i en tidigare SKB-rapport. Principerna för utformningen har en god bas. En fortsatt flexibilitet är dock angelägen med hänsyn till resul-

taten från det fortlöpande arbetet med kapseltillverkning och fogning.

För att uppnå ett tillfredsställande resultat vid gjutningen av gjutjärnsinsatsen bör simuleringsprogram för förloppet köras, så att man kan prova olika utformningar av insatsen. Vid förnyade tillverkningsförsök skall det visas att kraven i funktions-specifikationen är väl uppfyllda.

För fogningen av kopparkapseln återstår stora insatser. Fortsatta undersökningar bör genomföras med de båda metoderna friktionssvetsning och elektronstrålesvetsning tills en av metoderna har visat sig ge helt tillfredsställande resultat. En ingående förståelse av de mekanismer som ger upphov till defekter måste byggas upp.

Buffert

KASAM ser positivt på SKB:s planer att genomföra studier av alternativa buffertmineral för att få en referens till bentonit med hög halt av montmorillonit.

KASAM anser att det finns anledning att inte bara fastställa allmänna gränsvärden för föroreningar utan att också undersöka hur kombinationer av föroreningar kan påverka den långsiktiga stabiliteten i bufferten, både positivt och negativt.

Enligt KASAM:s bedömning vore det mycket värdefullt om SKB i samband med sina studier av andra sammansättningar av buffertmaterialet också undersökte hur en begränsad illitisering respektive cementering påverkar för bufferten viktiga parametrar. KASAM understryker behovet av fortsatta studier kring frigörelse, transport och utfällning av löst kisel och andra ämnen i bufferten.

Med hjälp av den kunskap som finns om huvudmineralens specifika yta, katjonbyteskapacitet, typ och koncentration av tillgängliga ytplatser, temperatur- och jonstyrkevariationer anser KASAM att det bör vara möjligt att åstadkomma en mer sofistikerad sorptionsmodell, som inkluderar jonbyte, adsorp-

tion och ytutfällning av de viktigaste radionukliderna som funktion av ämnens koncentration och porvattnets pH-värde.

Kombinationen av bevätning och temperaturdifferenser i bufferten med påföljande värmetransporter som funktion av tid och vattenkvalitet är ett utmanande forskningsområde. KASAM konstaterar med tillfredsställelse att SKB genomför en studie av dessa frågor.

Det finns kvarvarande osäkerheter i fråga om förståelsen av gastransport i buffertmaterialet och sambandet mellan gasflöde och svälltryck. KASAM anser därför att det är bra att SKB prioriterar detta område och att det krävs både experiment och modellutveckling för att reda ut processen.

KASAM ser positivt på den ytterligare forskning om bentoniterosion som beskrivs i FUD-program 2001.

Återfyllning

KASAM anser att om de olika kraven på återfyllningen visar sig svåra att förena bör dess funktion att begränsa utsvällningen av bufferten prioriteras.

SKB bör enligt KASAM:s uppfattning göra funktionsanalyser av systemet *buffert-återfyllning-geosfär* för att belysa fördelar och nackdelar med olika typer av återfyllning, inklusive enbart naturliga leror, blandningar av bergkross och lera samt enbart bergkross med en sådan storleksfördelning som ger maximal motståndskraft mot sammanpressning på grund av bentonitbuffertens expansion.

Analysen skall naturligtvis omfatta, så långt detta är möjligt, utvecklingen på lång sikt av de tre typerna av återfyllning i grundvattenmiljöer med olika salthalter.

De utrymmen som skall återfyllas – deponeringstunnlar, transporttunnlar samt schakt och ramper till markytan – kan behöva fyllas med material med olika egenskaper.

SKB bör sätta en begränsning för hur mycket kalium bergkrossen får innehålla för att få användas i återfyllningen.

Geosfär

KASAM bedömer att den huvudsakliga inriktningen på fortsatta undersökningar av geosfären enligt FUD-program 2001 är ändamålsenlig.

KASAM anser att bergets egenskaper, enligt resultat från platsundersökningarna, bör redovisas mot bakgrund av egenskaperna hos andra bergarter. Utvecklandet av de av SKB angivna "beskrivande bergmekaniska modeller för potentiella förvarsplatser" bör enligt KASAM kompletteras med möjligheter att göra jämförande bedömningar av bergarter med olika egenskaper (såväl berggrundskemiska som hydrogeologiska).

KASAM har ingen invändning mot den översiktliga beskrivning av processer i geosfären som görs men förordar att SKB utvecklar programbeskrivningen med hänsyn till de effekter som kan uppkomma på grund av bergspänningsomlagring vid uppförande av ett djupförvar.

Med hänsyn till kvarvarande osäkerheter om bergets elasticitet och om förståelsen av termisk rörelse anser KASAM att SKB:s programförslag är väl motiverat.

Enligt KASAM:s bedömning är SKB:s antaganden och projekt rimliga för att öka kunskaperna i fråga om tidsberoende deformationer och för att ge ökad förståelse för sprickbildningsprocesser.

KASAM anser att beskrivningen av behovet av respektavstånd mellan ett förvar och sprickor av olika utsträckning bör förtydligas samt att argumenten för dessa avstånd bör vara väl underbyggda av publicerade forskningsresultat och empirisk erfarenhet.

KASAM bedömer att SKB:s planer för fortsatt forskning om jordskalv och klimatutveckling är motiverade och viktiga eftersom det fortfarande återstår osäkerheter i dessa frågor.

KASAM anser att SKB bör studera olika metoder för injektering i sprickor med syfte att åstadkomma en bestående begränsning av vattengenomsläppligheten i det berg som kommer

att omge djupförvaret utan att den kemiska miljön i förvaret påverkas negativt.

KASAM förordar att SKB anger ett program för att utveckla metodik för klassning av bergets heterogenitet vid de kommande platsundersökningarna. KASAM anser att förhållandet mellan landhöjningens intensitet i olika områden samt sprickornas öppenhet och därmed vattenförande förmåga bör utredas. KASAM anser även att grundvattenbildningens storlek på olika djup bör utredas samt att grundvattenströmningen i ett regionalt perspektiv bör modelleras med hänsyn till de faktiska förhållandena. SKB bör vidare redovisa betydelsen av grundvattnets transporttid i jämförelse med andra hydrogeologiska och hydrokemiska förhållanden och i jämförelse med recipientens egenskaper.

Enligt KASAM:s bedömning är det i hög grad angeläget att SKB tar vara på existerande kunskap inom beslutsstödsområdet, såväl nationellt som internationellt, samt utvecklar och prövar beslutsstödsmodeller inför platsvalet.

Biosfär

KASAM stödjer biosfärsprogrammets övergripande mål att med en modern kunskapsbas beskriva de från radiologisk synpunkt viktigaste processerna i biosfären samt att ge ett tillräckligt vetenskapligt stöd för att bedöma miljökonsekvenser av konstruktion och drift av ett slutförvar. KASAM noterar speciellt den i FUD-programmet uttalade ambitionen att befästa och fördjupa kunskaperna i pågående projekt med bland annat utökad publicering i internationella tidskrifter. KASAM delar SKB:s uppfattning om att det är viktigt att förmedla bolagets kunskaper internationellt för att erhålla synpunkter och för att få nödvändig vetenskaplig granskning.

KASAM anser att en djupare förståelse för de hydrologiska sambanden mellan ett djupförvar för använt kärnbränsle och olika ekosystem är i högsta grad önskvärd. Dessa kunskaper

behövs för att man skall kunna göra en tillförlitlig bedömning av transportvägar och överföringshastigheter till biosfären i beräkningsmodellerna. I en sådan redovisning bör det finnas en bedömning i fråga om till vilka områden som yt- eller grundvatten från förvaret kan transporteras. Redovisningen bör också innehålla en analys av radionuklidtransporten från berg till jord (från geosfär till biosfär).

KASAM konstaterar att biosfärsmodellerna bör tillämpas på omsättningen av såväl radionuklider som andra ämnen, som exempelvis genom sin kemiska toxicitet kan påverka miljön. KASAM konstaterar även att redovisningen av resultaten från biosfärsstudierna bör utformas med hänsyn till allmänhetens intresse av att förstå riskerna med ett djupförvar och att kunna jämföra dessa med andra risker i samhället.

KASAM bedömer att de i FUD-program 2001 för studier föreslagna ekosystemen är viktiga från strålskyddssynpunkt. KASAM anser att kunskaperna om jordbruksmarken (inklusive mark för produktion av energigröda) som ekosystem bör fördjupas med särskild hänsyn till framtida uppodling av tidigare ackumulationsbottnar i vattendrag, sjöar och hav samt användande av myrmark som kan innehålla förhöjda halter av radionuklider. I den fortsatta redovisningen är det angeläget att relevanta huvudtyper av ekosystem tas med för att skapa största möjliga underlag för val av ekosystem för den vidare granskningen.

KASAM förutsätter att det fastställs ett miljöövervakningsprogram för kontroll av förvarets omgivning och att denna kontroll inleds före anläggningsstart för erhållande av jämförbara data om ursprungsstillståndet i miljön. KASAM anser att det är angeläget att det fortsatta forsknings- och utvecklingsarbetet belyser förutsättningarna för val av mätbara parametrar och organismer/arter som kan utgöra lämpliga indikatorer för påverkan i biosfären vid modellberäkning och monitorering. Det bör tydligt framgå av redovisningen hur man kommit fram till eventuella riktvärden för de olika parametrarna. KASAM konstaterar i detta sammanhang att det finns vissa osäkerheter

om hur SSI:s *Föreskrifter om skydd av människors hälsa och miljön vid slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle och kärnavfall* (SSI FS 1998:1) skall tillämpas men att det pågående FASSET-projektet och de av SSI till år 2003 aviserade allmänna råden bör kunna ge vägledning.

Alternativa metoder

Regeringen har förutsatt att frågor om *vilka alternativ som skall redovisas* i en kommande miljökonsekvensbeskrivning enligt 6 kap. 7 § 4. miljöbalken blir föremål för ingående överväganden i samband med det föreskrivna samrådet. KASAM finner anledning att erinra om sin bedömning av alternativfrågan i tidigare yttranden såväl över SKB:s FUD-program 98 som över bolagets komplettering av detta. Slutsatsen av KASAM:s resonemang var att alternativ till KBS-3-metoden, som skall redovisas enligt miljöbalken, bör sökas inom kategorin byggda förvar inom den översta kilometern av berggrunden. KASAM har inte funnit anledning att ändra uppfattning i denna fråga. Enligt KASAM:s bedömning är till exempel deponering i djupa borrhål inte en sådan realistisk metod som krävs i redovisningen i miljökonsekvensbeskrivningen enligt miljöbalken. Möjligheter till exempelvis återtag av det använda kärnbränslet torde vara närmast obefintlig, och därmed skulle det även bli betydande svårigheter att genomföra en meningsfull demonstrationsetapp för ett sådant förvar.

Mot denna bakgrund delar KASAM SKB:s uppfattning att det saknas tillräckliga skäl att genomföra det tidigare skisserade FUD-programmet för *djupa borrhål*. Liksom SKB anser KASAM att bolaget även i fortsättningen bör följa utvecklingen på området.

KASAM har ingen invändning mot SKB:s framställning av nyvunnen kunskap på *transmutationsområdet*. Det finns enligt KASAM:s uppfattning starka skäl för den nuvarande inriktningen av det svenska kärnavfallsprogrammet, det vill säga fort-

satt utvecklingsarbete med inriktning på direktdeponering enligt KBS-3-metoden.

Det är betydelsefullt att SKB aktivt bevakar utvecklingen inom området separation och transmutation. KASAM föreslår att regeringen begär att SKB i FUD-program 2004 presenterar ett mer utförligt underlag för bedömningar om lämplig ekonomisk nivå för denna bevakning.

KASAM delar SKB:s uppfattning att det inte är rimligt att bolaget för närvarande tar initiativ till större utvecklingsprojekt inom området separation och transmutation. Enligt KASAM:s uppfattning bör dock SKB hålla öppet för att sådana ökade insatser inom ramen för EU-finansierad forskning på transmutationsområdet som diskuteras för närvarande kan leda till behov av ökade svenska insatser.

Kärntekniklagen (1984:3) innehåller två bestämmelser som enligt KASAM:s mening många forskare uppfattar som en signal från riksdag och regering att de inte bör satsa på det kärntekniska området. Samhället kan på så sätt gå miste om forskare som under andra förhållanden hade kunnat lämna viktiga bidrag till lösningen av kärnavfallsfrågorna.

KASAM syftar på dels förbudet i 6 § mot förberedande åtgärder i syfte att inom landet uppföra en kärnkraftsreaktor dels det mer avgörande stadgandet i 5a § som förbjuder regeringen att meddela tillstånd att uppföra en ny kärnkraftsreaktor.

Förbudet i 5a § är sannolikt tillämpligt beträffande en sådan anläggning som skulle kunna behövas för att genomföra separation och transmutation. Kärntekniklagens 6 § tillåter visserligen forskning på det kärntekniska området, men har en lydelse som knappast kan förstås utan ingående studier av lagens förarbeten.

KASAM föreslår att 6 § upphävs dels därför att dess innebörd lätt kan missförstås, dels därför att de motiv som kan ha funnits när bestämmelsen infördes numera saknar aktualitet. Vidare bör regeringen låta utreda hur förbudet i 5a § mot att meddela tillstånd för en ny kärnkraftsreaktor kan modifieras. Enligt KASAM:s mening bör lagreglerna vara utformade på ett sådant

sätt att regeringen inte är formellt förhindrad att i Sverige ge tillstånd för en anläggning för separation och transmutation om det fortsatta utvecklingsarbetet tyder på att en sådan anläggning är önskvärd.

KASAM understryker att ett avskaffande av 6 § och en modifiering av 5a § ingalunda innebär att det skulle vara fritt fram för att uppföra och driva nya kärnkraftverk, eftersom sådan verksamhet under alla förhållanden kräver särskilt tillstånd av regeringen. De politiskt ansvariga organen förfogar redan över de verktyg som behövs för att genomföra den energipolitik som beslutas i demokratisk ordning.

Rivning

KASAM understryker vikten av att rivningsfrågorna uppmärksammas samt ser positivt på den översyn av finansieringslagen som regeringen har aviserat och där dessa frågor till del kan komma att behandlas.

Annat långlivat avfall

Enligt KASAM:s bedömning är det viktigt att annat långlivat avfall (än använt kärnbränsle) karaktäriseras och dokumenteras samt att långtidsegenskaperna för den betong som skall användas som konstruktionsmaterial i slutförvaret för sådant avfall utreds. Vidare behöver den säkerhetsanalytiska metodiken utvecklas för den speciella typ av avfall som det aktuella, långlivade avfallet utgör.

Behov av ett forskningsprogram kring kärnavfallsfrågorna med inriktning på samhällsvetenskap och humaniora

KASAM konstaterar att SKB:s lokala arbete kan komma att få betydelse för såväl lokala som regionala samhällsförhållanden. Det är därför viktigt att detta arbete sker i nära kontakt med utvecklingen på de socioekonomiska, juridiska och demokratiska arenorna. KASAM pekar på behovet av att nu komma igång med ett forskningsprogram kring kärnavfallsfrågorna med inriktning på samhällsvetenskap och humaniora. En möjlighet är att regeringen inledningsvis uppdrar åt KASAM att definiera forskningsbehoven och att ansvara för genomförandet av ett sådant forskningsprogram. Arbetet bör bedrivas i två etapper.

Under en inledande etapp ger regeringen KASAM i uppdrag att definiera angelägna forskningsuppgifter inom humaniora och samhällsvetenskap med relevans för slutförvaringen av kärnavfall.

I en andra etapp identifierar KASAM – efter samråd med lämpliga organ inom forskarvärlden – väl meriterade forskare som tillfrågas om sitt intresse att engagera sig för de forskningsuppgifter som identifierats under den inledande etappen. KASAM uppdrar därefter åt forskare att genomföra projekt som KASAM betraktar som särskilt angelägna, tillhandahåller finansiering samt kommer överens om hur resultaten skall redovisas.

KASAM anser att en rimlig ekonomisk nivå på detta samhällsvetenskapligt inriktade forskningsprogram kring kärnavfallsfrågorna är storleksordningen 10 miljoner kronor per år. Denna nivå bör uppnås efter en successiv uppbyggnad under 2–3 år och behållas under platsundersökningsskedet, det vill säga fram till den tidpunkt när SKB erhåller tillstånd enligt miljöbalken och kärntekniklagen att påbörja arbetet med en slutförvarsanläggning. Vid denna tidpunkt finns det anledning att överväga om programmet bör fortsättas med samma eller med ändrad inriktning eller om det bör avslutas.

Finansieringen bör ske genom att regeringen ställer medel från Kärnavfallsfonden till KASAM:s förfogande.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Enligt 12 § lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet ("kärntekniklagen") skall reaktorägarna upprätta eller låta upprätta ett program för den allsidiga forsknings- och utvecklingsverksamhet samt de övriga åtgärder som behövs för att på ett säkert sätt hantera och slutförvara i verksamheten uppkommet kärnavfall och att på ett säkert sätt avveckla och riva anläggningar som inte längre behövs. Programmet skall upprättas vart tredje år och skall omfatta en tid av sex år och ges in till Statens kärnkraftinspektion, SKI.

Reaktorägarna har uppdragit åt det gemensamt ägda bolaget Svensk Kärnbränslehantering AB, SKB, att upprätta detta program. FUD-program 2001 – *Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall* – redovisades av SKB i september 2001.

KASAM – Statens råd för kärnavfallsfrågor – är en fristående vetenskaplig kommitté inom Miljödepartementet med uppgift att utreda frågor om kärnavfall och avställning av kärntekniska anläggningar samt att lämna regeringen och vissa myndigheter råd i dessa frågor. I KASAM:s uppdrag ingår bland annat att för regeringen redovisa sin självständiga bedömning av kärnkraftföretagens forsknings- och utvecklingsprogram. Föreliggande rapport utgör KASAM:s yttrande till regeringen över SKB:s FUD-program 2001.

SKI har tidigare yttrat sig till regeringen över FUD-program 2001 (se SKI Rapport 02:9). SKI har i samband med sin gransk-

ning av programmet inhämtat yttranden från Statens strålskyddsinstitut, SSI, (se SSI Rapport 2002:3) och cirka 40 andra remissinstanser.

1.2 KASAM:s granskning av FUD-program 2001

KASAM:s granskning har i huvudsak skett genom insatser av kommitténs ledamöter, sakkunnige, experter och sekreterare.

Bland utgångspunkterna för KASAM:s granskning kan nämnas KASAM:s tidigare granskningsyttranden över FUD-program 98 (september 1998) och den så kallade FUD-K-rapporten (*Samlad redovisning av metod, platsval och program inför platsundersökningsskedet*, december 2000), som utgör SKB:s komplettering av FUD-program 98, samt regeringens beslut (den 24 januari 2000 respektive 1 november 2001) över dessa båda redovisningar av FUD-programmet. KASAM har även tagit del av yttranden från SKI samt SSI och övriga remissinstanser med avseende på det aktuella FUD-programmet.

I det följande redovisas först KASAM:s helhetsbedömning av FUD-program 2001. Därefter följer kommentarer till de avsnitt i FUD-program 2001 som KASAM har granskat närmare. Slutligen redovisar KASAM sin syn på behovet av ett forskningsprogram kring kärnavfallsfrågorna med inriktning på samhällsvetenskap och humaniora.

2 Helhetsbedömning

2.1 Bakgrund

SKB:s FUD-program 2001 har en teknisk/naturvetenskaplig inriktning med tonvikt på forskning och teknikutveckling. I programmet behandlas inte humanistiska och samhällsvetenskapliga frågor som har betydelse för slutförvaring av kärnavfall. Av förordet till FUD-program 2001 framgår att frågor som rör lokalisering av SKB:s anläggningar kommer att redovisas i samband med ansökningar till myndigheterna och i därtill hörande miljökonsekvensbeskrivningar.

2.2 KASAM:s bedömning

KASAM anser att reaktorägarna genom FUD-program 2001 har uppfyllt kraven i 12 § kärntekniklagen.

KASAM anser även att SKB har redovisat sitt forsknings- och utvecklingsprogram på ett förtjänstfullt sätt. Det gäller både vad SKB har gjort och vad man avser att göra. Rapporten är välstrukturerad och tydlig. Den innehåller bland annat en systematisk genomgång av framför allt myndigheternas tidigare synpunkter och hur dessa synpunkter har tagits om hand eller avses tas om hand.

Av FUD-program 2001 framgår att det fortfarande finns ett stort utvecklingsbehov på ett antal viktiga tekniska områden. Detta gäller till exempel tillverkning och förslutning av kapslar samt kontrollmetoder för dessa verksamheter. SKB:s kapsel-

laboratorium i Oskarshamn är en viktig resurs i detta sammanhang.

Även inom andra områden, till exempel geologi, kemi, hydrologi, biologi och bergmekanik, finns det ett stort behov av fortsatt forsknings- och utvecklingsarbete, liksom av praktiska demonstrationer av tekniska tillämpningar. Berglaboratoriet vid Äspö är därför viktigt både för vetenskaplig förståelse av olika processer och för praktisk hantering i samband med deponering och återtagande av kapslar etc.

Ingående kunskaper om barriärerna (kapsel-buffert-återfyllning-geosfär) samt en djupare förståelse för biosfärens sammansättning och de biologiska processerna utgör grundläggande förutsättningar för ett säkert slutförvar samt för möjligheterna att göra tillförlitliga miljökonsekvensbeskrivningar och säkerhetsanalyser i ett långtidsperspektiv. Härigenom underlättas förståelsen av riskerna med ett djupförvar jämfört med andra risker i samhället. – Säkerhetsanalysen är det verktyg med vilket olika frågor och parametervärden kan kopplas ihop för att ge en sammanfattande bild av säkerheten i slutförvarssystemet. Även säkerhetsanalysen behöver utvecklas.

SKB:s tidsplan förefaller, enligt KASAM:s bedömning, alltför optimistisk för att garantera god kvalitet på allt det arbete som behöver göras. Utveckling av teknik och kontrollmetoder, bland annat för tillverkning och förslutning av kapslar, samt utveckling och genomförande av platsundersökningar, säkerhetsanalyser, miljökonsekvensbeskrivningar och tillståndsansökningar, med tillhörande tekniska underlagshandlingar, utgör exempel på tidskrävande moment inför anläggandet av ett djupförvar. Vissa av de vetenskapliga experimenten är dessutom av långsiktig karaktär och behöver därför drivas parallellt med det övriga utvecklingsarbetet.

KASAM anser att humanistiska och samhällsvetenskapliga frågor, med betydelse för slutförvaring av kärnavfall, bör få ökad uppmärksamhet. KASAM har i avsnitt 14 lämnat förslag till hur forskning inom dessa områden kan organiseras och finansieras.

KASAM framhåller att kommande redovisningar av FUD-program bör ha en stor vetenskaplig bredd för att kunna motsvara kärntekniklagens krav på allsidighet.

SKI och SSI har i sina yttranden över FUD-program 2001 föreslagit att det skall krävas att SKB skall redovisa ett så kallat strategidokument, som skall hållas uppdaterat. KASAM anser att sådan redovisning av aktuella strategiska frågor bör hållas tillgänglig för allmänheten och övriga berörda. KASAM anser även att sådan dokumentation av strategiska frågor bör bli föremål för granskning på det sätt som nu sker av de återkommande FUD-programmen, med krav på allsidig redovisning av SKB:s forsknings- och utredningsverksamhet med mera.

Miljöbalken ställer krav på bästa möjliga teknik. Detta förutsätter att alternativa möjligheter utreds och värderas med hänsyn till säkerhet och miljökonsekvenser. För att befrämja fortsatt forskning om alternativa sätt att ta hand om använt kärnbränsle, till exempel separation och transmutation, föreslår KASAM en översyn av 5a § första stycket och 6 § kärntekniklagen.

3 Säkerhetsanalyser

3.1 Bakgrund

SKB framhåller säkerhetsanalysens betydelse och det ständiga samspel som finns mellan säkerhetsanalys, forskning och förvarsutformning, där kunskapen om de långsiktiga förändringarna i förvarsmiljön är central. SKB:s säkerhetsanalyserapport SR 97 innebär en tillämpning av metodik för säkerhetsanalyserbete. Denna rapport har varit föremål för granskning av bland andra SKI, SSI och KASAM. Rapporten har också, på Kärnkraftinspektionens initiativ, granskats av internationella experter. SKB har delvis även tagit hänsyn till de synpunkter som framfördes vid granskningen av SKB:s så kallade FUD-K-rapport (*Samlad redovisning av metod, platsval och program inför platsundersökningskedet*), som regeringen krävde som en komplettering av FUD-program 98.

SSI och SKI har utfärdat föreskrifter för slutförvaring med vilka säkerhetsanalysens resultat skall jämföras. I dessa föreskrifter finns också vissa anvisningar om hur säkerhetsanalysen skall genomföras.

KASAM har i tidigare granskningar av SKB:s FUD-program givit stöd åt SKB:s arbete inom detta område. Det gäller bland annat användningen av de så kallade THMC-diagrammen där utgångspunkterna för säkerhetsanalysen redovisas. KASAM har vidare framhållit betydelsen av olika scenarior. KASAM har även påpekat att känslighetsanalysen för de komplicerade systemen behöver utvecklas. KASAM har vidare betonat att även andra initialtillstånd än ett förslutet förvar borde analyseras.

3.2 KASAM:s bedömning

Säkerhetsanalyskapitlet (kapitel 3) i FUD-program 2001 har karaktären av ett inledningskapitel till en rad olika analyser som behandlas i de följande kapitlen. Kapitlet beskriver SKB:s program med syfte att vidareutveckla metodiken för analyser av långsiktig säkerhet för djupförvaret. Man bör lägga märke till att säkerhetsanalysens inriktning och omfattning är beroende av den initiala tidpunkt som väljs för beskrivningen av förvarets säkerhet. På sidan 28 framhåller SKB att frågor om initialtillståndet tas upp i kapitel 3–10. I inledningen till kapitel 3 framhåller man att "tidpunkten för initialtillståndet kan vara olika för olika förvarsdelar". Av FUD-program 2001 följer att valet av tidpunkt för olika initialtillstånd, som har betydelse för säkerhetsanalysen, har gjorts på ett sådant sätt att vissa säkerhetsfrågor faller utanför säkerhetsanalysen för slutförvaret även om dessa kan ha betydelse för slutförvaringen. Detta gäller exempelvis följande.

- Säkerhetsanalyser av inkapsling av bränsle
- Säkerhetsanalyser av transport av material från CLAB till inkapslingsanläggningen samt av transport av inkapslat bränsle till slutförvar
- Säkerhetsanalys för driftfasen av slutförvaret

Av nästa FUD-program bör det framgå när och var sådana säkerhetsanalyser kommer att genomföras.

Vidare saknar FUD-programmet en närmare beskrivning av säkerhetsproblem i samband med ett eventuellt återtag av kapslar. I avsnitt 12.3.4 finns en kortfattad beskrivning av projekt *Återtag*, men det framgår inte av denna beskrivning vilken form av säkerhetsanalys som kommer att genomföras. Även detta bör framgå av nästa FUD-program.

Programmet för systembeskrivning redovisas i avsnitt 2.2, programmet för val av scenarier redovisas i avsnitt 2.3 och programmet för analys av valda scenarier redovisas i avsnitt 2.4.

På sidan 30 framhåller SKB att en fullständig beskrivning av alla termiska, hydrauliska, mekaniska och kemiska aspekter på slutförvarssystemet i tid och rum "torde ligga helt utanför det möjligas gräns". Många delar kan dock modelleras i detalj och detta utgör ett väsentligt inslag i säkerhetsanalysen. I avsnitt 2.3 om *scenarioval* klargör de modelleringar som man har valt. De scenarier som behandlats utgår från att förhållanden i omgivningen ändras, med undantag för kapseldefektscenariot som är ett "internt" scenario. Här framhålls till exempel att konsekvenser av jordskalv för förvarets säkerhet kommer att bedömas. Det framhålls också att "arbetet med scenarier baserat på mänskliga handlingar" kommer att fortsätta. Det borde emellertid framgå vilka slags scenarier det är fråga om och om dessa scenarier omfattar till exempel avsiktligt eller oavsiktligt mänskligt intrång.

Det interna scenariot, kapseldefektscenariot, måste ingå i scenariolistan, eftersom det är en förutsättning för analyser av de övriga barriärernas förmåga att kvarhålla eller fördröja radionuklider som frigörs från en kapsel. Men även för de övriga tillverkade barriärerna, bufferten och återfyllningen, behöver defektscenarier analyseras, bland annat för att ge underlag för acceptanskriterier.

KASAM anser att det är väsentligt att säkerhetsanalysens utgångspunkter och metodik beskrivs och motiveras på ett tydligt sätt. Säkerhetsanalysen är ju det verktyg som används för att visa att säkerhet för slutförvaringen (eller andra delar av slutförvarssystemet) kan uppnås och att de av myndigheterna angivna kraven kan uppfyllas. KASAM anser att det därför är angeläget att utvalda scenarier ger en bild av den säkerhet i olika tidsperspektiv som med sannolikhet kan uppnås (från 100 till 100 000-tals år). En utgångspunkt för säkerhetsanalysen bör vara att säkerheten skall analyseras för den tid som det använda kärnbränslet representerar en farlighet. Osäkerheten i bedömningar och beräkningar kan öka med tiden och detta skall naturligtvis beaktas. Att avstå från långtidsbedömningar på grund av svårigheter kan dock aldrig vara en rimlig ambitionsnivå.

Genomförandet av säkerhetsanalysen för ett slutförvar för använt kärnbränsle är en stor och komplex teknisk/naturvetenskaplig uppgift, men också en fråga om filosofi och etik.

I avsnitt 2.4 presenteras och sammanfattas säkerhetsanalysen i SR 97. Den omfattar bland annat en metod för riskberäkningar. SKB framhåller att flera frågor kring riskberäkningar behöver utredas ytterligare. Det bör understrykas att vissa riskberäkningar inte kan göras på ett enkelt sätt. Det kan till exempel gälla risken för att förvaret utsätts för avsiktligt eller oavsiktligt mänskligt intrång. Det bör övervägas om inte FUD-programmet bör omfatta en beskrivning av sådana "icke-kvantifierbara" risker.

KASAM vill också peka på säkerhetsanalysens funktion och betydelse som ett verktyg för att identifiera och öka förståelsen för fenomen och processer i samband med forskning och utveckling av systemet för slutförvaring. Detta innebär bland annat att säkerhetsanalysen bör kunna vara ett (av flera) verktyg för styrning av platsundersökningar liksom för utveckling av tekniska barriärer.

KASAM:s tidigare synpunkter på SR 97 har till stor del beaktats i FUD-program 2001. Även i den utlovade nya metodrapporten, som delvis kommer att bygga på resultat från platsundersökningar, bör SKB beakta KASAM:s tidigare framförda synpunkter på SR 97 liksom de synpunkter som KASAM nu framför.

Slutsatser

SKB:s säkerhetsanalyser har fokuserats på slutförvarets långsiktiga säkerhet. Enligt KASAM:s uppfattning bör säkerhetsanalyser genomföras även för slutförvarets driftfas samt för andra förvarsdelar än slutförvaret, till exempel inkapslingsanläggning och transporter. Vidare bör en säkerhetsanalys göras för eventuellt återtag av kapslar från slutförvaret.

SKB har genomfört en systematisk utveckling av den säkerhetsanalytiska metodiken för slutförvarets långtidsegenskaper. Enligt KASAM behöver dock metodiken utvecklas ytterligare. KASAM vill särskilt peka på det initiala kapseldefekts scenariot och de frågor som relaterar till det inkapslade bränslet samt gjutjärnsinsatsen. Även för övriga barriärer såsom bentonitbuffert och återfyllnad behöver defektscenarier analyseras.

KASAM anser vidare att flera frågor om probabilistiska riskberäkningar behöver utredas ytterligare. KASAM påpekar också att det är svårt att beräkna sannolikheten för vissa förlopp, till exempel mänskligt intrång.

KASAM pekar även på säkerhetsanalysens funktion, som ett verktyg för att identifiera och öka förståelsen för processer som har betydelse för säkerheten, samt framhålla att säkerhetsanalysen bör kunna vara ett verktyg för styrning av platsundersökningar och för utveckling av tekniska barriärer.

4 Bränsle

4.1 Bakgrund

Den terminologi som används i beskrivningar av slutförvaret kan skapa missförstånd när forskningsprogrammet för bränslet redovisas. Bränslematerialet, urandioxidkutsarna, är inneslutet i *kapslingsrör (bränslekapsling)* av zirkalloy, som är en legering av metallerna zirkonium och tenn. Den behållare av koppar (med gjutjärnsinsats) som innesluter bränslet kallas *bränslekapsel* eller kortare *kapsel*. Denna terminologi används genomgående i detta kapitel.

Principen för ett slutförvar av KBS 3-typ är att bränslet isoleras från det rörliga grundvattnet genom att inneslutas i en vattentät kapsel. Slutförvaret är säkert så länge kapseln förblir tät men man kan i en säkerhetsanalys inte utgå från att alla kapslar förblir täta i all framtid. Därför ingår i säkerhetsanalysen ett så kallat kapseldefektscenario, där en eller flera bränslekapslar vid någon tidpunkt fylls med vatten. Efter denna tidpunkt kommer radionuklider att kunna lakas ut ur bränslematerialet. Många faktorer har betydelse för denna urlakning.

- Kapslingsrören begränsar eller hindrar helt tillförseln av vatten till bränslekutsarnas yta. Detta minskar urlakningen.
- Bränslekutsarna kommer att vara mer eller mindre uppluckrade till följd av bestrålningen i reaktorn. Detta ökar kontaktytan mellan vattnet och bränslet och därmed urlakningen.

- Det inträngande grundvattnets kemiska sammansättning har betydelse för lakbarheten hos de radioaktiva ämnen som finns i bränslet.
- Strålningen från bränslet sönderdelar (radiolys) vattenmolekyler så att syreatomer frigörs. Urlakningen ökar i närvaro av syre (oxiderande miljö).
- Vattnet i bränslekapseln kommer att reagera med järnet i kapselns gjutjärnsinsats så att fri vätgas bildas. Vätgasen kan reagera med syreatomer så att vattenmolekyler återbildas och syret förbrukas (reducerande miljö). Detta minskar urlakningen.

För att kunna göra beräkningar av frigörelsen av radionuklider från bränslet behövs data om dessa faktorer. Dessa data måste i många fall bestämmas genom mätningar i laboratorium. Mätningarna bör göras under förhållanden som så nära som möjligt liknar de förhållanden som råder inuti kapseln på sin plats i slutförvaret. Sådana mätningar under alltmer förvarsliknande förhållanden har pågått i Studsvik på uppdrag av SKB och i några andra laboratorier fristående från SKB. SKB redovisar i FUD-program 2001 resultat från sådana mätningar, de slutsatser man ansett sig kunna dra av dessa resultat samt program för fortsatta mätningar under den närmaste sexårsperioden.

4.2 Vatten- och gastransport i bränslekapselns hålrum

SKB hänvisar till kapselkapitlet (kapitel 4) i FUD-program 2001 och de integrerade studier som görs av en skadad bränslekapsels utveckling. Detta är motiverat vad gäller själva inläckaget av vatten och hur detta påverkas av vätgasutvecklingen när gjutjärnsinsatsen korroderar, rostar. Men den viktigaste korrosionsprocessen är urlakningen av radionuklider ur bränslet. Denna urlakningsprocess studeras inom programdelen bränsleupplösning men i programbeskrivningen saknas hänvisningar till de be-

tingelser för korrosionen, som ges av transportförloppen inne i bränslekapselns hålrum och in till bränslekutsarna.

Dessa betingelser har analyserats i referens 5–24 till FUD-program 2001. Där visas att hålrummet kommer att fyllas med vatten och en blandning av gaser – vätgas, vattenånga och den gas som ursprungligen fanns i hålrummet. Om hålet i kapseln finns i den översta delen, exempelvis i svetsen mellan kopparcylindern och locket kommer det huvudsakliga läckaget att bestå av vätgas och vattenånga. I första hand kommer sådana radionuklider att läcka ut som kan transporteras som gas. Om hålet finns i den nedre delen av kapseln kommer vätgasen att pressa ut vatten genom hålet. I det fallet kommer huvudsakligen vattenlösliga radionuklider att läcka ut ur kapseln. Vattennivån i kapselns hålrum kommer att bero av vätgastrycket och av hur högt över kapselns botten som hålet genom kapseln finns.

4.3 Skador på kapslingsrör

Hittills har de allra flesta bränsleelement varit hela när de tagits ut ur sina reaktorer, det vill säga det har inte funnits några hål i kapslingsrören av zirkalloy. På lång sikt i slutförvaret kommer det att gå hål på kapslingsrören eftersom varje sönderfall av en radionuklid som sänder ut en alfapartikel ger upphov till en heliumatom. Trycket innanför kapslingsröret kommer därför att stiga tills kapslingsröret brister så att gasen slipper ut.

Det är svårt att göra direkta mätningar på bestrålade bränslestavar, men det bör vara möjligt för SKB att göra rimliga bedömningar av hur lång tid det tar innan kapslingsrören börjar läcka på grund av korrosionsangrepp eller inre övertryck. Eftersom inga radionuklider läcker ut från oskadade bränslestavar kan den förväntade tiden till mer omfattande kapslingsrörsskador vara betydelsefull i analyser av konsekvenserna av tidigt uppkomna skador på kopparkapseln.

Skador på kapslingsrör på grund av inre övertryck kan ha olika form och lägen. Om hålet är litet kommer korrosionsmiljön

innanför kapslingsröret att skilja sig från miljön vid ytor som är direkt exponerade för vattnet i kapseln. Vattnet innanför kapslingsröret kan få annorlunda korrosionsegenskaper. Figur 4–7 i FUD-program 2001 illustrerar att skillnader i korrosionspotential kan få stora konsekvenser för upplösningsförloppet.

Slutsatser

SKB nöjer sig med att bevaka detta forskningsområde om skador på kapslingsrör. Enligt KASAM förefaller det att vara en alltför låg ambitionsnivå.

4.4 Bränsleupplösning

Upplösningsstudierna är den mest centrala delen av bränsleprogrammet. På riktigt lång sikt kan de tillverkade barriärernas skyddsförmåga ifrågasättas. Skyddet av biosfären kan då i huvudsak komma att bestå av begränsningar i frigörelsen av radionuklider från bränslet och i berggrundens förmåga att kvarhålla och späda ut radionukliderna på deras väg mot biosfären. SKB lägger också stor vikt vid upplösningsstudier.

Hittills gjorda mätningar och de preliminära slutsatser som SKB dragit presenteras utförligt och informativt. KASAM konstaterade i sitt yttrande över FUD-program 98 att mätmetodernas känslighet är mycket viktig eftersom halterna av aktinider och klyvningsprodukter normalt är mycket låga. KASAM påpekade i detta sammanhang att den masspektrometer som använts i Studsvik är ett lågupplösande instrument och att nyare instrument med sektormagnet ger minst hundra gånger högre känslighet och minst 10 gånger lägre detektionsgränser. Det är bra att SKB nu planerar att köpa in ett sådant instrument.

Programmet för den fortsatta forskningen handlar nästan enbart om förbättrad apparatur och mätteknik. Det finns ingen

egentlig programredovisning, med målsättningar, uppgifter om delmål som nu har uppnåtts och strategin för att klara resterande målsättningar. Som berörts tidigare i avsnitten 4.2 och 4.3 har SKB gjort och kommer att fortsätta analyser av förloppen inne i en kapsel sedan en genomgående skada utvecklats i kapselväggen. Den korrosiva miljön omkring bränslestavarna kommer att förändras under olika skeden av vattenfyllnad och bränslestavarna kan förväntas vara i olika gott skick.

Slutsatser

Enligt KASAM:s bedömning behöver forskningsprogrammet om bränsleupplösning, som från början hade en allmänt orienterande karaktär, fokuseras på de förhållanden som enligt gjorda analyser kommer att förekomma inne i kapseln. Upplösningsstudierna i oxiderande (luft), reducerande (vätgas) och syrefria (anoxiska, argon) förhållanden är av den arten, men programmet behöver anknytas till analyserna av kapselskador och motiven och målen för de olika programinslagen redovisas. KASAM anser att programmet är tillräckligt viktigt för att motivera en egen forskningsplan.

4.5 Speciering, kolloidbildning

Speciering (bildning av kemiska föreningar) och kolloidbildning av bränslets nedbrytningsprodukter är ett viktigt område eftersom det bland annat påverkar radionuklidernas rörlighet i förvaret och i den biologiska miljön. Plutoniumkemin är viktig i detta sammanhang och samtidigt komplicerad och till stora delar okänd som funktion av de komponentrika miljöerna i förvar och geologi.

Slutsatser

KASAM anser att SKB bör ägna större omsorg både teoretiskt och praktiskt åt plutoniumkemin i samband med speciering och kolloidbildning för att rätt kunna bedöma transportprocesserna från bränslet.

5 Kapsel

5.1 Bakgrund

Bränslekapseln kan ses som den viktigaste barriären i slutförvaret, eftersom den skall hindra det rörliga grundvattnet från att nå in till de radioaktiva ämnena i bränslet. Kapseln består av två delar – ett hölje av koppar och en insats av gjutjärn. Båda bidrar till att stänga ute vattnet.

Kapseln skall utan tillsyn fungera som barriär under mycket längre tid än vad som hittills har krävts av någon industriellt tillverkad produkt. Det är därför viktigt att SKB kan visa, att den metod man väljer för tillverkningen av kapslarna resulterar i en mycket hög andel felfria kapslar. SKB måste också visa att tillverkningsmetoden inte medför några sådana förändringar i framför allt koppars egenskaper som kan allvarligt begränsa kapselns livslängd som barriär.

5.2 Temperatur och värmetransport

Den matematiska modelleringen av värmetransport har varit etablerad under mycket lång tid. När modelleringen görs med beräkningsprogram, som arbetar med den så kallade *finita element metoden* (se faktaruta), kan i princip resultat med hög precision uppnås. Likafullt är misslyckade värmetransportberäkningar legio, beroende på att man till exempel gjort ett olämpligt antagande om något gränsvillkor. De planerade försöken i Äspö-

laboratoriet för att verifiera den beräknade maxtemperaturen hos kapseln är därför angelägna.

Finite element metoden (tillämpningsexempel)

Värmeflödet och därmed temperaturfördelningen i en stor bergvolym som omsluter en eller flera lokala värmekällor kan beräknas med hjälp av kända ekvationssamband mellan värmemängden som avges av värmekällan, bergets värmekapacitet och värmeledningsförmåga och en känd eller förutsatt temperatur, ett så kallat gräns- eller randvillkor, längs volymens yttre begränsningsyta. Datorernas förmåga att hantera stora mängder beräkningsdata har medfört att beräkningen kan genomföras på så sätt att volymen delas upp i en stor mängd små volymelement, så kallade finita element, och temperaturen beräknas i punkt efter punkt i hela volymen. Denna metod ger en mer detaljerad och noggrann bestämning av temperaturfördelningen i bergvolymen än om beräkningen skulle göras för hela volymen i *ett* beräkningssteg.

5.3 Mekaniska spänningar

Efter rullformning alternativt extrusion (pressning genom munstycke), liksom efter svetsning uppstår restspänningar i materialet. Eftersom höga restspänningar ökar risken för sprickbildning och spänningskorrosion, speciellt i svetsförband, bör storleken på spänningarna mätas upp. Storleken får avgöra om avspänningsglödning behöver tillgripas. Den exakta maximala nivån på de restspänningar, som kan tillåtas är inte känd och bör därför kartläggas. De bör dock definitivt vara mindre än hälften av sträckgränsen.

5.4 Deformation av kopparkapsel

Fortsatta studier av svetsförbandens förmåga att deformeras, krypa, utan att spricka erfordras för att ett tillräckligt dataunderlag skall finnas, så att man kan visa att krypegenskaperna är tillfredsställande. Detta gäller både när elektronstrålesvetsning och friktionssvetsning använts. Krypduktiliteten (se faktaruta) bör inte understiga 10 procent även efter lång tids provning.

Krypduktilitet (nägra kommentarer)

Vid de temperaturer på 75–90°C som inledningsvis förväntas kring kapslarna sker en långsam deformation, krypning, i det kopparmaterial som planeras att användas. Kopparn kan ta upp en högsta töjning innan sprickbildning sker. Denna maximala deformation kallas *krypduktiliteten* och den får inte överskridas.

Den troliga förklaringen till den goda inverkan av fosfor på kryphållfastheten hos renkoppar är att fosforatomerna växelverkar på ett gynnsamt sätt med felställen (dislokationer) i materialet även om ingen ännu har lyckats visa det direkt. Det har visats experimentellt att svavel kan anrikas i korngränserna (se faktaruta). Att förhöjd svavelhalt och stor kornstorlek ökar risken för låg krypduktilitet är välkänt för många typer av material. Det leder till en försvagning av korngränserna och en ökad påkänning över dessa.

Korngräns

Metalliska material är uppbyggda av små kristaller eller korn, där atomerna uppträder i regelbundna mönster. Kornen gränssar mot varandra i korngränser. Kornens storlek (kornstorleken) spelar stor roll för bland annat materialets mekaniska egenskaper.

Slutsatser

När det gäller fosfors inverkan på krypduktiliteten är den styrande mekanismen en öppen fråga. Ingående studier av de styrande mekanismerna är därför angelägna. För säker extrapolation av krypdata till långa tider måste mekanismerna vara kända.

När krypdata finns tillgängliga för svetsförband bör detaljerade beräkningar av plastisk deformation och krypning i kapseln genomföras med finita element metoden som komplettering till de beräkningar som gjorts för enbart grundmaterial.

5.5 Korrosion av gjutjärnsinsats

SKB skriver på sidan 86 i FUD-program 2001:

Om det finns en genomgående skada i kopparhöljet kan vatten rinna in i gapet mellan kapselinsats och kopparhölje och vidare in i insatsen för att där leda till anaerob korrosion med vätgas och magnetit som korrosionsprodukter.

KASAM konstaterar att detta bara är ett av flera möjliga korrosionsförlopp. Kopparhöljet kommer under de första ett- eller tvåhundra åren att deformeras, pressas ihop, av svälltrycket i bentonitbufferten, tills det får stöd av gjutjärnsinsatsen.

Korrosionen får ett annat förlopp när spalten krympt. Utvecklingen kommer då att bestämmas av korrosionsförloppen i kontaktområdet *koppar-gjutjärn-vatten* och *gjutjärn-vatten*. För-

loppen med tillväxt av ett korrosionsskikt på gjutjärnsinsatsens yta, töjning av kopparn och sprickbildning behöver beskrivas.

Slutsatser

SKB har på sitt program att göra empiriska studier av korrosionsförlopp i kontaktområdet *koppar-gjutjärn-vatten* och *gjutjärn-vatten* under realistiska betingelser och att med data från dessa göra nya beräkningar av utvecklingen i en skadad kapsel. KASAM noterar detta med tillfredsställelse.

5.6 Korrosion av kopparkapsel

Omfattande laboratoriedata finns för både allmän och lokal korrosion. Dessutom har ett intensivt modellarbete bedrivits. Ett stort antal mekanismer kan tänkas vara aktiva och modellerna är uppbyggda kring en serie antaganden. I vissa fall, till exempel för spänningskorrosion, har det inte alltid varit möjligt att i detalj styrka dessa antaganden.

Hittills har mycket begränsade studier gjorts för svetsförband. Eftersom deras mikrostruktur skiljer sig från den för grundmaterialet måste försök genomföras för svetsförband. Dessa försök bör innefatta svetsar av produktionstyp.

Slutsatser

Speciellt för spänningsinducerad korrosion och mikrobiellt inducerad korrosion på kopparkapseln erfordras fortsatta grundläggande studier. Det är dessutom synnerligen angeläget att verifiera de hittillsvarande resultaten med långtidsförsök under så realistiska betingelser som möjligt. Detta bör kunna utföras vid Äspölaboratoriet och är delvis också redan planerat.

5.7 Initiala defekter

SKB hänvisar till FUD-program 98 vad gäller konstruktionsförutsättningarna för kapslarna. Där anges bland annat följande krav:

- Livslängd. Kapseln skall motstå alla kända korrosionsprocesser så att den bedöms kunna förbli intakt i djupförvaret under minst 100 000 år.
- Initiala defekter. Metoderna för tillverkning, förslutning och kontroll skall garantera att bara några få kapslar kan innehålla fel, som skulle kunna leda till att vatten tränger in tidigare än beräknat.

Kravet på begränsning av initiala defekter i kopparkapslarna är enligt KASAM:s uppfattning alltför vagt formulerat. Det är viktigt att fördröja inläckage av vatten, men tidpunkten är inte det enda avgörande för konsekvenserna.

SKB har av goda skäl inte utrett vilken storlek och form initiala defekter kan tillåtas ha utan att angivna dos- eller utsläppsgränser överskrids. Detta går inte att fastställa eftersom det i ett flerbarriärsystem inte finns någon entydig relation mellan initiala defekter i kapslarna och stråldoser till en kritisk grupp. Detta framgår bland annat av figurerna 2–3, 2–4 och 2–5 på sidorna 37 till 39 i FUD-program 2001. Dessa visar resultatet av beräkningar, som gjorts med förutsättningen att det redan från början finns ett hål eller en springa genom kopparn med 1 mm² tvärsnittsarea. Den maximala årsdosen varierar med flera tiopotenser när upprepade beräkningar görs med olika data om bland annat grundvattenflödet, de kemiska processerna i berget och biosfärsförhållanden. Den skiljer sig därmed också avsevärt mellan de tre typområdena Aberg, Beberg och Ceberg.

Acceptanskriteriet för initiala defekter bör utgå från kravet att bästa tillgängliga teknik tillsammans med krav utifrån en dos-/riskbegränsning skall användas för de tillverkade barriärerna i slutförvaret, såväl för tillverkningen som för kvalitetskontrollen.

Kapslar som tillverkats inom det nu pågående utvecklingsprogrammet undersöks med tillgängliga metoder för oförstörande provning. Metodernas känslighet kontrolleras genom att partier av kapslarna, där defekter observerats eller misstänks kunna förekomma, friläggs för visuell inspektion (undersökning med mikroskop).

Det kommer att finnas samband mellan en defekts form, storlek och detekterbarhet. Defekter över en viss storleksgräns upptäcks med god tillförlitlighet, medan mindre defekter riskerar att förbises. Denna gränstorlek kan användas som acceptanskriterium för initiala defekter, förutsatt att beräknade utsläpp från kapslar med initiala defekter av högst den storleken med betryggande marginal ligger inom föreskrivna gränser.

Slutsatser

Kravet på begränsning av initiala defekter i kopparkapslarna är enligt KASAM:s uppfattning alltför vagt formulerat. Acceptanskriteriet för initiala defekter bör utgå från kravet att bästa tillgängliga teknik tillsammans med krav utifrån en dos-/riskbegränsning skall användas för de tillverkade barriärerna i slutförvaret, såväl för tillverkningen som för kvalitetskontrollen.

6 Inkapsling

6.1 Bakgrund

FUD-program 2001 omfattar bland annat frågor om utformning, tillverkning, förslutning och kvalitetssäkring av de kapslar som ska innesluta det använda kärnbränslet i djupförvaret. Frågor om inkapsling knyter an till frågorna om kapselns beständighet i föregående kapitel.

6.2 Kapselutformning

I yttrandet över FUD-program 98 konstaterade KASAM att ur tillverknings- och hanteringssynpunkt är en kopparkapsel med 30 mm godstjocklek klart att föredra framför en kapsel med 50 mm godstjocklek. Detta gäller under förutsättning att inga nya resultat beträffande punktfrätning omöjliggör detta.

30 mm godstjocklek underlättar möjligheten att uppnå den erforderliga fina kornstorleken, minskar risken för sprickor i svetsningen och ökar precisionen i den oförstörande provningen. Den mekaniska integriteten vid kapseltransporter måste givetvis verifieras.

Slutsatser

Kapselkonstruktionen har på ett bra sätt specificerats i en tidigare SKB-rapport. Principerna för utformningen har en god bas. En fortsatt flexibilitet är dock angelägen med hänsyn till

resultaten från det fortlöpande arbetet med kapseltillverkning och fogning.

6.3 Kapseltillverkning

KASAM instämmer i att extrusion alternativt dornpressning är att föredra framför valsning och rullformning, vilken dessutom kräver långsgående svetsar. De förra processerna kan förväntas ge mindre kornstorlek och mindre restspänningar. Fortsatt arbete med att dokumentera finheten och långtidsstabiliteten hos mikrostrukturen för den valda tillverkningsmetoden är centralt.

Eftersom tillfredsställande mekaniska egenskaper hos gjutjärnsinsatsen ännu inte uppnåtts måste val av segjärn och gjutprocess noggrant analyseras. Som SKB påpekar måste hållfasthetsegenskaperna hos gjutjärnsinsatsen förbättras genom en bättre kontrollerad gjutprocess eller användning av ett annat segjärn. Närvaron av defekter bör också karaktäriseras.

Slutsatser

För att uppnå ett tillfredsställande resultat vid gjutningen av gjutjärnsinsatsen bör simuleringsprogram för förloppet köras, så att man kan prova olika utformningar av insatsen. Vid förnyade tillverkningsförsök skall det visas att kraven i funktionsspecifikationen är väl uppfyllda.

6.4 Svetsteknik

För fogningen av kopparkapseln återstår stora insatser. Eftersom kopparkapseln är kanske den allra viktigaste barriären i KBS-3-systemet är det helt avgörande att makrodefekter inte bildas vid svetsningen. Speciellt viktigt är det att undvika ytdefekter, som kan öka risken för till exempel spänningskorrosion.

Av de två svetsmetoder som nu studeras verkar friktionssvetsning mer lovande än elektronstrålesvetsning. Fortsatta undersökningar bör genomföras med båda metoderna tills åtminstone en av dessa har visat sig ge helt tillfredsställande resultat. En ingående förståelse av de mekanismer som ger upphov till defekter måste byggas upp.

En kvalitetssäkringsmetodik måste tas fram som på ett övertygande sätt kan leda fram till att antalet makrodefekter blir ytterst litet.

Slutsatser

För fogningen av kopparkapseln återstår stora insatser. Fortsatta undersökningar bör genomföras med de båda metoderna friktionssvetsning och elektronstrålesvetsning tills en av metoderna har visat sig ge helt tillfredsställande resultat. En ingående förståelse av de mekanismer som ger upphov till defekter måste byggas upp.

6.5 Provning

Ett batteri av provningstekniker – röntgen, ultraljud, virvelström, täthetskontroll etc. – erfordras för att verifiera att den färdiga kapseln är fri från makrodefekter och speciellt dem som är genomgående genom kapselväggen. Fortsatta omfattande studier inom detta område är centrala för att få ett detaljerat underlag beträffande fördelar och begränsningar för enskilda metoder.

7 Buffert

7.1 Bakgrund

Bufferten kring kapslarna är en komponent med flera funktioner i flerbarriärsystemet. Den skall

- hålla kapseln på plats och leda bort restvärmen från bränslet,
- begränsa transporten av korroderande ämnen till kopparkapseln från omgivningen och utläckande ämnen från kapseln, däribland kolloidala partiklar, samt
- kunna släppa ut gas som kan bildas i kapseln om vatten läcker in.

För detta krävs att bufferten sväller så att den fyller det tillgängliga utrymmet när den mättas med grundvatten och att den sedan behåller sin täthet i fortsättningen.

SKB har valt en lera med egenskapen att svälla när den mättas med vatten, natriumbentonit, MX-80 (se faktaruta), som referensmaterial för bufferten. En viktig aspekt är vattenmättnaden som funktion av tid, temperatur och salthalt i grundvattnet. En annan är de kemiska förändringar av bentoniten som orsakas av att grundvattnet i förvaret har en annan kemisk sammansättning än grundvattnet på den plats där bentoniten bryts.

Bentonit

Termen bentonit användes första gången av Knight (1898) för en särskilt högkolloidal plastisk lera som hittades i ett område i Wyoming. Den har den unika egenskapen att svälla till många gånger sin ursprungliga volym när den placeras i vatten och att bilda tixotropa geler med vatten även vid ganska små substansmängder. Det har senare visats av Hewitt (1917) att leran har formats "in situ" genom omvandling av vulkanisk aska. Ross och Shannon (1926) har därefter bekräftat detta och fastställt att sådana leror huvudsakligen består av montmorillonit och att de är allmänt högkolloidala och plastiska. – Termen bentonit används numera av många mineraloger och geologer och har inget samband med lerans fysikaliska egenskaper.

(Närmare uppgifter om bentonitens roll som teknisk barriär vid slutförvar av använt kärnbränsle framgår av kapitel 5 i KASAM:s rapport *Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2001*, SOU 2001:35.)

Leror innehåller lermineral, som består av så kallade skiktssilikater med egenskaper som hög adsorptionsförmåga, hög utbyteskapacitet av katjoner (joner med positiv laddning), högt motstånd mot diffusion, låg genomsläpplighet, stor specifik yta och goda svällningsegenskaper. Dessa egenskaper är viktiga för miljön i allmänhet och i materialtekniska sammanhang och de är direkt avgörande vid användning av leror som teknisk barriär.

Lerornas specifika egenskaper är starkt beroende av deras mineralogiska sammansättning. Den mängd och typ av mineral som de innehåller är väsentliga för att avgöra deras användbarhet som teknisk barriär.

Viktiga och mätbara parametrar är kapacitet för utbyte av katjoner (CEC), specifik yta, diffusionskoefficienter för olika typer av joner och hydraulisk konduktivitet. Dessa och andra krav på buffertmaterialet diskuteras i såväl FUD-program 98

som i FUD-program 2001. Bland de ytterligare kravparametrar som diskuteras är gasgenomsläpplighet, svälltryck, deformerbarhet, värmeledningsegenskaper och kemisk stabilitet.

7.2 Svällbarhet

De lermineral som används mest i tekniska sammanhang är kaolinit, smektit, montmorillonit (av smektit-typ), vermikulit, illit och klorit (se faktaruta).

Exempel på lermineral

Termen kaolinit står för en rad olika lermineral som innehåller 1:1 skikt det vill säga ett tetraedriskt silikatskikt och ett oktaedriskt aluminiumoxidskikt. Dessa lermineral har mycket stor industriell användning som komponent i färger, papper, plaster, gummi etc.

Montmorilloniter består av enheter som innehåller två tetraedriska silikatskikt och ett oktaedriskt aluminiumskikt det vill säga mineral av typ 2:1. En del kisel i de tetraedriska skikten är utbytta mot aluminium vilket ger hela strukturen en negativ nettoladdning, som kompenseras av katjoner mellan skikten. Om dessa joner utgörs av Na^+ eller Ca^{2+} är de möjliga att laka ut och vattenmolekyler kan tränga in mellan lerskikten och orsaka svällning. Kaliumjoner som finns mellan skikten är däremot mycket svåra att laka ut och ger då lera icke-svällande egenskaper som till exempel i *illit*.

Kloriter påminner också om montmorilloniter det vill säga är 2:1 mineral, men har en något annorlunda strukturell uppbyggnad.

Om katjonerna mellan skikten utgörs av Mg^{2+} (magnesiumjoner) kan dessa lakas ut och ger en svällande lera, som kallas *vermikulit*.

Den kanske mest uppenbara egenskapen hos leror är deras volymförändring vid tillsats av vatten eller andra polära lösningsmedel. Av de ovan nämnda lermineralen räknas smektit och vermikulit som svällande och de övriga som icke-svällande. Svällbarheten är starkt kopplad till katjonbyteskapaciteten (CEC) samt täthet och fördelning av ytladdningar. En annan viktig faktor är typen av katjoner som finns mellan skikten.

När det gäller de svällande lermineralen finns både en yttre och en inre yta beroende på att ytorna mellan skikten kan tas i anspråk. Detta blir tydligt vid en jämförelse mellan exempelvis montmorillonit (av smektit-typ) och de icke svällande lermineralen. Den specifika ytan mätt i m² per gram är till exempel 600–800 för montmorillonit av smektit-typ men mindre än 100 för illit. Utbyteskapaciteten för katjoner mätt i milliekvivalenter per 100 gram står i relation till den specifika ytan. Den är 80–150 för montmorillonit och 10–40 för illit. Det är därför av många skäl viktigt att använda svällande lermineral i bufferten.

På sidan 96 i FUD-program 2001 antyds att SKB planerar studier av alternativa buffertmineral.

Även om det inte är realistiskt att studera alternativa material i samma omfattning som MX-80 är det mycket värdefullt att bättre beskriva betydelsen av olika parametrar och därigenom åstadkomma en grundläggande kravspecifikation för buffertmaterialet.

Slutsatser

KASAM ser positivt på SKB:s planer att genomföra studier av alternativa buffertmineral för att få en referens till bentonit med hög halt av montmorillonit.

7.3 Kemisk stabilitet

Den kemiska stabiliteten under de förhållanden som förväntas i förvaret är en mycket viktig faktor när det gäller att bedöma den långsiktiga utvecklingen.

På sidan 100 i FUD-program 2001 finns ett kort avsnitt om föroreningshalter. Osäkerheterna i föroreningshalter förväntas vara små och utan betydelse för buffertens funktion.

I KASAM:s rapport *Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2001* finns en redogörelse för hur typiska föroreningar i bentonit kan förväntas reagera i förvaret (kapitel 5). En kombination av små mängder av pyrit (FeS_2) och kalcit (CaCO_3), som är vanligt förekommande, kan ha en i stort sett gynnsam inverkan genom att reducera syrgas och buffra pH-värdet i bentoniten.

Det finns därigenom anledning att inte bara fastställa allmänna gränsvärden för föroreningar utan att också undersöka hur kombinationer av föroreningar kan påverka den långsiktiga stabiliteten både positivt och negativt.

Omvandlingen från natriumbentonit till kalciumbentonit får närmast betraktas som oundviklig i kontakt med grundvattnet och det är därigenom angeläget att kalciumbentonitens egenskaper med avseende på viktiga kvalitetsparametrar också är väl kända och förutsägbara.

Omvandlingen av montmorillonit till illit (se faktaruta i avsnitt 7.2), den så kallade illitiseringsen är ytterligare ett hot mot den långsiktiga stabiliteten. De reaktioner som påverkar illitiseringsen har studerats ingående. De huvudfaktorer som kontrollerar processen är temperaturen och tillgången på kaliumjoner. Andra viktiga faktorer är tid, vatteninnehåll, flöde och tryck.

Illitisering kan ske vid temperaturer över 80°C och mekanismer som innebär omvandling av skikt efter skikt i fast fas och/eller upplösning/återutfällning av kisel-aluminiumföreningar har diskuterats. Den senare mekanismen kan också orsaka så kallad cementering i buffertmaterialet. Omfattningen av denna process liksom sammansättningen av de återutfällda kisel-aluminiumföreningarna kommer att vara mycket beroende

av om det föreligger sura eller basiska förhållanden i bentoniten. Dessutom kommer, åtminstone under de första hundra åren, en avsevärd termisk gradient att existera i bufferten vilket påverkar dessa reaktioner.

Det vore därför mycket värdefullt om SKB i samband med sina studier av andra sammansättningar av buffertmaterialet också undersökte hur en begränsad illitisering respektive cementering påverkar för bufferten viktiga parametrar.

Aluminium liksom järn fälls ut som mycket svårslösliga oxider eller oxidhydroxider vid neutrala pH-värden medan andra katjoner och kiselsyra, Si(OH)_4 , är ganska lösliga. Dessa kan sedan transporteras ganska långt från vittringszonen. Kiselsyra, som har lägre löslighet vid högre temperaturer, kan dessutom fällas ut i den varmaste delen av bufferten, det vill säga nära kapselytan. Kvoten Si/Al kan därför sjunka från 2:1 som i montmorillonit till närmare 1:1 som i kaolinit.

Det föreligger en osäkerhet kring frigörelse, transport och utfällning av löst kisel och andra ämnen i bufferten, vilket pekar på behov av fortsatta studier inom området.

Slutsatser

KASAM anser att det finns anledning att inte bara fastställa allmänna gränsvärden för föroreningar utan att också undersöka hur kombinationer av föroreningar kan påverka den långsiktiga stabiliteten i bufferten, både positivt och negativt.

Enligt KASAM:s bedömning vore det mycket värdefullt om SKB i samband med sina studier av andra sammansättningar av buffertmaterialet också undersökte hur en begränsad illitisering respektive cementering påverkar för bufferten viktiga parametrar. KASAM understryker behovet av fortsatta studier kring frigörelse, transport och utfällning av löst kisel och andra ämnen i bufferten.

7.4 Sorptionsförmåga

Som konstateras på sidan 123 har KASAM vid granskningen av SR 97 ansett att kunskaperna om bentonitens adsorptionsegenskaper inte har utnyttjats maximalt och att de sorptionsmodeller för radionuklider som används är relativt primitiva.

Slutsatser

Med hjälp av den kunskap som finns om huvudmineralens specifika yta, katjonbyteskapacitet, typ och koncentration av tillgängliga ytplatser, temperatur- och jonstyrkevariationer anser KASAM att det bör vara möjligt att åstadkomma en mer sofistikerad sorptionsmodell, som inkluderar jonbyte, adsorption och yttutfällning av de viktigaste radionukliderna som funktion av ämnens koncentration och porvattnets pH-värde.

7.5 Den tidiga utvecklingen

Den initiala vattenmättnaden av bentoniten i förvaret kommer antagligen inte att bli jämnt fördelad genom hela buffertens volym. Enligt diskussionen på sidan 103 har beräkningar visat att kapselns mekaniska integritet inte påverkas av ojämn bevätning. Denna slutsats bygger dock på ett antal förutsättningar om förhöjd vattenkvot vid tillverkningen av bentonitblocken och att den yttre spalten fyllts med vatten. Till detta kommer det faktum att det uppstår en temperaturgradient i bufferten på grund av strålningsvärmens från bränslet.

Slutsatser

Kombinationen av bevätning och temperaturdifferenser i bufferten med påföljande värmetransporter som funktion av tid och vattenkvalitet är ett utmanande forskningsområde. KASAM

konstaterar med tillfredsställelse att SKB genomför en studie av dessa frågor.

7.6 Genomsläpplighet för gaser

På sidan 94 hänvisar SKB till försök, som indikerar att MX-80 bentonit har en förmåga att, som det uttrycks, "öppna sig" och släppa ut stora mängder gas, som kan ha bildats vid korrosion av järninsatsen i en defekt kapsel. Därefter förutsätts att alla skador, som uppkommit genom denna process, åter skall läka och att buffertmaterialet skall återta sina ursprungliga kvaliteter. Hela detta förlopp är mycket förenklat beskrivet och det finns en rad parametrar, som har stor inverkan på förloppet som till exempel vattenmättnadsgrad och svälltryck. Gasers löslighet i porvatten är dessutom beroende av gasens partialtryck och varierar även med temperatur och jonstyrka.

Slutsatser

Det finns kvarvarande osäkerheter, i fråga om förståelsen av gastransport i buffertmaterialet och sambandet mellan gasflöde och svälltryck. KASAM anser därför att det är bra att SKB prioriterar detta område och att det krävs både experiment och modellutveckling för att reda ut processen.

7.7 Erosion

Det finns ett antal kortsiktiga reaktioner som i sin tur påverkar de långsiktiga förloppen. Dit hör vattenmättnaden vid olika jonstyrkor och sammansättning på grundvattnet.

I allmänhet gäller att en hög koncentration av katjoner med hög laddning leder till flockning av lermineralpartiklar, vilket påverkar svällningen negativt och ökar den hydrauliska konduk-

tiviteten. Sura förhållanden tenderar att orsaka flockning medan basiska förhållanden i allmänhet leder till dispergering.

Slutsatser

KASAM ser positivt på den ytterligare forskning om bentonit-erosion som beskrivs i FUD-program 2001.

8 Återfyllning

8.1 Bakgrund

Deponeringstunnlar, transporttunnlar, schakt och ramper från markytan samt borrhål måste återfyllas, allra senast när en eventuell övervakningsperiod efter deponeringen avslutats. SKB redovisar sina krav på återfyllningen av tunnlar på försvarsnivå. Kraven gäller i tillämpliga delar även för öppningarna mot markytan.

Kraven på återfyllningen är att

- den skall ha en täthet som minimerar buffertens expansion uppåt,
- den skall ha en hydraulisk konduktivitet som är jämförbar med det omgivande bergets,
- den skall uppnå ett svälltryck mot taket, som kan motstå blockutfall, och skall bibehålla en svällförmåga, som kan täta eventuella effekter av kanalbildning och kryprörelser, samt
- den inte får ha negativ påverkan på barriärerna i förvaret.

KASAM har sedan länge uppmärksammat återfyllningen av deponeringstunnlar som ett problem för slutförvaringen. I yttrandet över FUD-program 95 pekade KASAM på svårigheterna att återfylla tunnlar med en blandning av bentonit och ballast (bergkross). KASAM återkom till frågan i yttrandet över FUD-program 98, där KASAM pekade på återfyllningens stora betydelse för förvarets funktion och svårigheten att kontrollera kvaliteten på återfyllningen i efterhand, om den består av en blandning av krossat berg och bentonit.

8.2 Återfyllningens sammansättning

För att tillgodose de uppställda kraven avser SKB att återfylla med en blandning av bergkross och bentonit. Blandningsförhållandet bestäms av grundvattnets salthalt och förutses ligga mellan 85/15 % och 70/30 %.

Bufferten är enligt KASAM:s bedömning en för säkerheten viktigare barriär än återfyllningen. Buffertens barriärfunktion är avhängig dess täthet. Så länge den initiala tätheten består utgör bufferten ett mycket värdefullt skydd för kopparkapseln mot föroreningar och mikrober i grundvattnet och ett betydande hinder mot transport av radionuklider från kapseln till det omgivande berget. En förutsättning för detta är att buffertens utsvällning begränsas i tillräcklig grad.

Kravet på att den hydrauliska konduktiviteten skall vara jämförbar med bergets motiveras med att deponeringstunnlarna annars kan utgöra konduktiva vägar som påverkar vattenomsättningen i förvaret. Vattenomsättningen på femhundra meters djup bestäms främst av den tryckskillnad, gradient, som driver grundvattnet och av vattengenomsläppligheten (transmissiviteten) i de sprickor som mynnar i tunnelsystemet. En återfyllning som är porösare än bergets spricksystem omfördelar grundvattenflödet, men det behöver inte vara någon nackdel ur säkerhetssynpunkt om radionuklider, som frigörs från bufferten, till största delen transporteras in i återfyllningen. Där fördelas de i en större vattenvolym och exponeras för en större sorptionsyta än om de transporteras i en bergspricka. En porös återfyllning kan också ha fördelar vad gäller mättandet av bufferten med grundvatten under initialskedet efter förslutningen.

SKB döljer inte de svårigheter som en inblandning med bentonit i bergkrossen för med sig. SKB kommer sålunda att undersöka om bentoniten kan bilda kolloidala partiklar i förvarsmiljön.

SKB har på sitt program även studier av möjligheten att använda andra naturliga leror som återfyllningsmaterial och kom-

mer att fortsätta sin inventering av alternativa återfyllningsmaterial.

Slutsatser

KASAM anser att om de olika kraven på återfyllningen visar sig svåra att förena bör dess funktion att begränsa utsvällningen av bufferten prioriteras.

SKB bör enligt KASAM:s uppfattning göra funktionsanalyser av systemet *buffert-återfyllning-geosfär* för att belysa fördelar och nackdelar med olika typer av återfyllning, inklusive enbart naturliga leror, blandningar av bergkross och lera samt enbart bergkross med en sådan storleksfördelning som ger maximal motståndskraft mot sammanpressning på grund av bentonitbuffertens expansion.

Analysen skall naturligtvis omfatta, så långt detta är möjligt, utvecklingen på lång sikt av de tre typerna av återfyllning i grundvattenmiljöer med olika salthalter.

De utrymmen som skall återfyllas – deponeringstunnlar, transporttunnlar samt schakt och ramper till markytan – kan behöva fyllas med material med olika egenskaper.

8.3 Vittring

Det framgår inte av FUD-program 2001 om SKB kommer att uppmärksamma frågor om vittring av bergkross i återfyllningsmaterialet. Enligt KASAM:s bedömning bör detta ske.

Det framgår inte heller av programmet om det finns några krav på storleksfördelningen hos partiklarna i bergkrossen. Hur bra det går att blanda och packa bergkrosspartiklar och bentonit beror på hur stora bergkrosspartiklarna är. Bentonitpartiklar är mycket små, mindre än 0,002 mm, i varje fall efter dispergering, medan bergkrosspartiklarna torde vara av varierande storlek i skalan mm till dm.

Upplösningshastigheterna (vittringen) för olika material som ingår i bergkross är väldigt varierande och dessutom beroende av partikelstorleken. Det blir förmodligen nödvändigt att sikta bort de största och minsta partiklarna i bergkrosset för att dels åstadkomma en tillräckligt tät blandning men också för att undvika en alltför snabb upplösning.

Kaliumfältspater, som kan generera kaliumjoner vid vittring, bör undvikas eftersom det kan bidra till illitisering. Vittringshastigheten ökar vid låga pH-värden och med ökande temperatur. Höga salthalter i vattnet kan också bidra till frigöring av kaliumjoner genom jonbyte.

Slutsatser

SKB bör sätta en begränsning för hur mycket kalium bergkrosset får innehålla för att få användas i återfyllningen.

8.4 Sorptionsegenskaper

Återfyllningen kan bli en dominerande transportväg för radionuklider från bufferten till berggrunden, vilket som framhållits inte behöver vara någon nackdel. SKB har hittills beräknat sorptionskoefficienter för radionuklider i återfyllningen genom sammanvägning av fördelningskoefficienter för bentonit och berg i proportion till deras andelar i återfyllningen. Bergkross från de platser, som nu kommer att undersökas, bör kunna användas för experimentell bestämning under representativa förhållanden av sorption och indiffusion i återfyllningsmaterialet vid olika salthalter i grundvattnet och för utveckling av modeller för extrapolering i tiden.

9 Geosfär

9.1 Bakgrund

Vid geologisk förvaring av använt kärnbränsle utgör berggrunden den yttersta barriären mot biosfären. Mekanisk stabilitet i berget samt kontroll över sprickor och grundvattenförhållanden är viktiga faktorer vid anläggandet av ett djupförvar.

9.2 Allmänt

Geosfärskapitlet (kapitel 8) i FUD-program 2001 tar inte upp plats-specifika tidsplaner för byggandet av ett djupförvar, men SKB har pekat på att stora resurser och kompetens kommer att tas i anspråk i samband med platsundersökningarna. Dessa utgår från KBS-3-metoden som planeringsförutsättning.

SKB har bemödat sig om att försöka täcka alla frågeställningar, som på något sätt kan tänkas vara kopplade till ett djupförvar. Detta är bra, men samtidigt måste en prioritering av frågeställningarna göras. Ett djupförvar enligt KBS-3-metoden kommer att bestå av flera barriärer (kapsel, buffert, återfyllning och berggrund). Det kommer, med de av SKB föreslagna platsundersökningsområdena, att vara beläget på cirka 500 meters djup i en kristallin berggrund tillhörande den Baltiska skölden.

Den geoinformation som kommer att samlas in i samband med platsundersökningarna kommer att bli avgörande för djupförvarets framtida funktion. SKB pekar på att en metodisk hantering av all denna information kommer att bli viktig. För att

prognostisera en framtida utveckling i 100 000 år för den kristallina berggrunden är kunskapen om den Baltiska skölden och dess geologiska historia helt avgörande.

Tektoniken (se faktaruta) och i synnerhet spricktektoniken är för ett djupförvar i kristallin berggrund oerhört viktig. Eftersom sprickor inte kan dateras i sig, bör man i stället studera sprickbildning i bergarter av olika åldrar. En analys av när, var och hur de sprickor, som vi nu ser i berggrunden, bildades efterlyses och då inte enbart i ett platsundersökningsperspektiv. Även processen reaktivering, det vill säga rörelser längs befintliga sprickor, måste studeras och förstås för att ett säkert djupförvar skall kunna skapas.

Tektonik

Tektonik innebär i detta sammanhang deformation av berggrunden, på grund av rörelser i den. Sådan deformation kan vara antingen plastisk eller spröd. Vid *plastisk deformation* uppför sig berget som en trögflytande massa, varvid till exempel veckstrukturer eller förskiffring uppkommer. Vid *spröd deformation* är berget hårdare och då bildas till exempel sprickor eller sprickzoner. Vid deformation i berggrunden uppstår vanligtvis förkastningar.

Slutsatser

KASAM bedömer att den huvudsakliga inriktningen på fortsatta undersökningar av geosfären enligt FUD-program 2001 är ändamålsenlig.

9.3 Berggrundsgeologi

SKB:s målsättning har tidigare angivits vara att få geologisk bredd för platsvalet genom studier av olika typer av berggrund.

I yttrandet över FUD-program 98 framförde KASAM kritik över att basiska, magmatiska bergarter avfärdats på ett alltför kortfattat sätt i FUD-programmet. I ett jämförande perspektiv ansåg KASAM att de basiska bergarterna inte borde avskrivas i detta skede.

I sitt yttrande över FUD-K – *Samlad redovisning av metod, platsval och program inför platsundersökningsskedet*, som är en komplettering av FUD-program 98 från SKB – i juni 2001 anförde KASAM att SKB, parallellt med att platsundersökningar påbörjas på föreslagna platser, borde överväga om det finns förutsättningar att identifiera ett område som skulle representera andra geologiska förhållanden än de tre föreslagna områdena i Oskarshamns, Östhammars och Tierps kommuner efter det att gnejsområdet Fjällveden fallit bort på grund av kommunens nej. KASAM angav att motiven för att undersöka ett sådant område är så starka, att sökandet inte bör begränsas till de kommuner där förstudier har utförts. KASAM refererade till geologiska data från den tidigare typområdesundersökningen vid Gideå (Ceberg), som domineras av gnejsbergarter av sedimentärt ursprung, så kallade sedimentgnejser, med låg vattengenomsläpplighet i bergmassan på aktuella djup och grundvatten med låga salthalter, vilket bedömdes som gynnsamma förhållanden för ett slutförvar.

I FUD-program 2001 utgår SKB från de tre tidigare föreslagna områdena för platsundersökningar Oskarshamns, Östhammars och Tierps kommuner. Områdena betecknas *Simpevarp* (Simpevarpsområdet betecknar här Simpevarpshalvön och stora områden väster därom), *Forsmark* och *Tierp norra*.

Efter beslut i de berörda kommunerna kvarstår dock endast två av dessa lokaliseringalternativ, nämligen *Forsmark* och *Simpevarp*, för fortsatta platsundersökningar. Alternativet *Tierp norra* (med lokaliseringalternativ *Tierp norra/Skutskär*) i Tierps

kommun har fallit bort efter beslut i kommunfullmäktige i april 2002.

Detta innebär att SKB kommer att fördjupa de geologiska kunskaperna med avseende på två granitalternativ: Granit i *Simpevarp* samt gnejsgranit (i form av en tektonisk lins) i *Forsmark*.

Detta bör dock inte utesluta möjligheten att göra en principiell jämförelse mellan bergartens egenskaper på dessa båda platser och egenskaperna hos andra bergarter (till exempel basiter, sedimentgnejser och grävackor), som i viss omfattning har studerats vid tidigare typområdesundersökningar. En sådan jämförelse bör ingå i beslutsunderlaget för ett framtida val av plats enligt kraven i 2 kapitlet 4 § miljöbalken (se faktaruta).

Krav enligt 2 kap. miljöbalken

Enligt 2 kap. 3 § miljöbalken (1998:808) ska bästa möjliga teknik användas vid yrkesmässig verksamhet. I samma kapitel 4 § krävs val av lämplig plats, som ska väljas så att ändamålet kan uppnås med minsta intrång och olägenhet för människors hälsa och miljön.

Slutsatser

KASAM anser att bergets egenskaper, enligt resultat från platsundersökningarna, bör redovisas mot bakgrund av egenskaperna hos andra bergarter. Utvecklandet av de av SKB angivna "beskrivande bergmekaniska modeller för potentiella förvarsplatser" bör enligt KASAM kompletteras med möjligheter att göra jämförande bedömningar av bergarter med olika egenskaper (såväl berggrundskemiska som hydrogeologiska).

9.4 Översikt av processer

SKB konstaterar att

den mekaniska utvecklingen bestäms av hur geosfären svarar på de olika mekaniska laster den utsätts för. Lasterna kan utgöras av den termiska expansion som uppvärmningen av förvaret leder till, trycket från svällande buffert och återfyllning, effekter av jordskalv och den storskaliga tektoniska utvecklingen. Förändringarna i geosfären kan förekomma i form av sprickbildning, reaktivering (plötsliga rörelser i befintliga sprickor) eller bergkryp (långsamma omlagringar i berget, se faktaruta). Dessutom förekommer rörelser i intakt berg det vill säga kompression eller expansion av i övrigt intakta bergblock, samt erosion, det vill säga vittring av ytberget, framförallt i samband med istider.

Bergkryp

Bergkryp innebär att en del av berget belastas med en tillräckligt hög last som inte överskrider bergets hållfasthet. Om denna last verkar över en lång tid kommer icke-elastiska deformationer att uppkomma som i vissa fall kan leda till brott.

Enligt KASAM:s bedömning är beskrivningen i FUD-program 2001 av de mekaniska lasterna bra. För att beskrivningen av de mekaniska lasterna ska bli komplett borde man även kommentera att det uppstår en spänningsomlagring som ett resultat av att man avlägsnar berget i samband med byggandet av förvaret. Detta gör att spänningarna i vissa delar av berget ökar medan de i andra delar minskar. En ökning innebär en ökad risk för att spänningsnivån skall bli kritisk, det vill säga bli högre än den spänning som berget kan bära. En minskning kan innebära att dragspänningar uppstår som gör att naturliga sprickor som korsar öppningen, kan öppnas. – Förändringar orsakade av nya istider nämns inte heller. Ett islager på 2–3 km innebär en

ökning av de naturliga spänningsnivåerna, samtidigt som grundvattennivån förändras.

Om de rörelser som förekommer i de intakta bergblocken antas vara elastiska eller ej framgår inte av beskrivningen. En elastisk deformation av ett bergblock betyder att dess form förändras utan någon sprickbildning. Formförändringen ger där- emot upphov till en rörelse i de sprickor som omger bergblocket. Man får med detta betraktelsesätt maximala rörelser i de befintliga sprickorna men bergblocket är skyddat. Om spänningsnivån är hög kan man dock inte bortse från möjligheten att icke-elastiska deformationer kan ske i bergblocken, det vill säga att nya sprickor bildas.

Slutsatser

KASAM har ingen invändning mot den översiktliga beskrivning av processer i geosfären som görs men förordar att SKB utvecklar programbeskrivningen med hänsyn till de effekter som kan uppkomma på grund av bergspänningsomlagring vid uppförande av ett djupförvar.

9.5 Rörelser i intakt berg

I SR 97 definieras "rörelse i intakt berg" huvudsakligen som elastiska rörelser utan synlig sprickbildning under måttliga laster. Inga frågor för ytterligare forskning identifierades för denna process i SR 97 eller FUD-program 98 eller dess granskning.

Som nyvunnen kunskap sedan FUD-program 98 och SR 97 nämns en serie tester på bergartsprover från Äspö-laboratoriet, vilka givit ytterligare parametervärden på elasticitetsegenskaperna.

I planerade forskningsprogram skall metoder för att utveckla beskrivande bergmekaniska modeller för potentiella förvarsplatser tas fram inför platsundersökningarna. Behovet av insatser

för att beskriva och förstå rörelser i intakt berg kommer att analyseras inom programmet för metodutvecklingen.

Slutsatser

Med hänsyn till kvarvarande osäkerheter om bergets elasticitet, anser KASAM att SKB:s programförslag är väl motiverat.

9.6 Termisk rörelse

I SR 97 avses med "termisk rörelse" den grundläggande termomekaniska processen volymutvidgning vid temperaturökning. Inga frågor för ytterligare forskning identifierades vare sig i SR 97 eller FUD-program 98 eller granskningen av dessa. SKB anger dock att termiska processer genererar spänningar som kan ge upphov till reaktivering och sprickbildning. I SR 97 behandlades därför effekterna av termisk rörelse under processrubrikerna "Reaktivering – rörelse längs befintliga sprickor" samt "Sprickbildning".

Slutsatser

Med hänsyn till kvarvarande osäkerheter om förståelsen av termisk rörelse, anser KASAM att SKB:s programförslag är väl motiverat.

9.7 Tidsberoende deformationer

I SR 97 avses med tidsberoende deformationer både de deformationer som beror av förändrade belastningsförhållanden på grund av till exempel tektoniska rörelser och de som beror av bergets inneboende tidsberoende deformationsegenskaper.

Den första typen av tidsberoende deformationer uppskattas i SR 97 genom att använda tektoniskt betingade genomsnittliga töjningshastigheter i den Baltiska skölden och genom att omsätta dessa hastigheter till spänningstillväxt. Vidare sägs att den konceptuella förståelsen för kryprörelser i berg är dålig, vilket innebär att effekterna inte kan kvantifieras eller beskrivas i detalj.

Enligt KASAM:s bedömning är det en brist att endast de tektoniska krafterna kommenteras som exempel på förändrad belastning. En istillväxt på markytan med upp till 3 km tjocklek ger upphov till en betydande påverkan på belastningen.

I det föreslagna forskningsprogrammet kommer effekterna av krypbetingad konvergens av deponeringstunnlar att gränssättas med hjälp av beräkningar för att bland annat klargöra hur återfyllnadsmaterialets egenskaper påverkar konvergensen. Vidare skall eventuellt ett forskningsprogram startas som behandlar krypning i sprickor. De kryprörelser som sker i det intakta berget anses försumbara.

Slutsatser

Enligt KASAM:s bedömning är SKB:s antaganden och projekt rimliga för att öka kunskaperna i fråga om kunskapsområdet *tidsberoende deformationer*, där det fortfarande finns kunskapsluckor.

9.8 Sprickbildning

SKB framhåller i SR 97 att förståelsen för hur sprickbildningsprocesser skall hanteras beräkningsmässigt är bristfällig. Det finns utvecklade teoretiska modeller för sprickbildning och sprickpropagering (spricktillväxt), men ingen bra kunskap om hur man på ett ändamålsenligt sätt kan omsätta dessa till användbara beräkningsmodeller. Däremot finns erfarenhetsbaserade hållfasthetskriterier.

Slutsatsen i SR 97 är att förändringar i kapselhålens geometri och risken för skador på kapseln på grund av sprickbildning har liten betydelse i jämförelse med effekterna av reaktiveringsprocessen. Områdena kring kapselhålen som är nära brotttillstånd är små enligt de brottkriterier som tillämpats. Vidare sägs att myndigheterna anser att omfattningen av den testning av bergprover som gjorts för att bestämma hållfasthets- och deformationsegenskaper är för liten.

Nyvännen kunskap sedan FUD-program 98 och SR 97 är fler data för två brottkriterier.

I planerade forskningsprogram skall metoder för att utveckla beskrivande bergmekaniska modeller för potentiella förvarsplatser tas fram inför platsundersökningarna. Behovet av eventuella insatser för att beskriva och förstå sprickbildningsprocessen kommer att analyseras inom programmet för metodutvecklingen.

Vidare pågår ett arbete med att formulera sprickutbredningskriterier för simulering av spröda uppsprickningsförlopp. Ett annat projekt behandlar återfyllningens/buffertens roll för att begränsa uppkomst och utveckling av progressiva spröda brott i bland annat tunnelväggar.

Slutsatser

Enligt KASAM:s bedömning bör FUD-program 2001 bidra till nödvändig ökad förståelse av sprickbildningsprocesser.

9.9 Reaktivering – rörelse längs befintliga sprickor

Berggrunden skall svara för mekanisk stabilitet samt hindra radioaktivt material från förvaret att nå biosfären. Det farliga materialet kan ta sig fram längs bergartens/bergarternas spricksystem. En sprickfri berggrund, som är bra av detta skäl, existerar emellertid inte. Sprickorna utgör även en mekanisk svaghet i

berget och nya påkänningar tas normalt upp i de befintliga sprickorna.

Naturliga bergspänningar och spricksystem på förvarsplatsen samt förändringar som sker vid byggandet fordrar fortsatt uppmärksamhet. En viktig fråga är hur förvaret skall byggas i förhållande till befintliga spricksystem.

SKB anger att

detta förutsätter att inga deponeringshål skärs av sprickor av flera hundra meters utsträckning och att det kapselskadekriterium (10 cm skjuvning) som hittills gällt håller också framgent.

Av detta kan man få uppfattningen att en skjuvning på 10 cm kräver flera hundra meter långa sprickor. Kopplingen mellan en sprickas längd och den möjliga skjuvrörelsen finns, men det förhållande mellan spricklängd och skjuvrörelse som SKB anger behöver bekräftas av observationer efter jordskalv samt "fault slips" (blockutfall) i underjordsgruvor.

I planerade forskningsprogram skall metoder för att utveckla beskrivande bergmekaniska modeller för potentiella förvarsplatser tas fram inför platsundersökningarna. Behovet av insatser för att beskriva och förstå reaktivering kommer att analyseras inom programmet för metodutvecklingen.

Slutsatser

KASAM anser att beskrivningen av behovet av respektavstånd mellan ett förvar och sprickor av olika utsträckning bör förtydligas samt att argumenten för dessa avstånd bör vara väl underbyggda av publicerade forskningsresultat och empirisk erfarenhet.

9.10 Jordskalv och klimatutveckling

Frågor i samband med modellering av jordskalv och klimatutveckling har belysts och kommer att belysas ytterligare av SKB. För förvarets säkerhet är det inte avgörande *när* ett jordskalv eller en nedisning kommer att inträffa utan snarare *hur* förvaret kommer att påverkas av ett kraftigt skalv och *hur* det kommer att reagera då en inlandsis breder ut sig och trycker ner berggrunden. Sedda ur ett historiskt geologiskt perspektiv har jordskalv och landisar påverkat berggrunden vid åtskilliga tillfällen. Frågor om belastningens påverkan på ett kommande förvar och även frågeställningar om hur grundvattnet har syresatts i samband med tidigare landisar bör intensifieras.

I tektonikscenariot i SR 97 antas att sprickorna i förvarsberget är friktionsfria. Enligt riskanalysen av scenariot har detta antagande lett till en stor överskattning av risken för kapselbrott, eftersom det inte finns någon mothållande kraft vid skjuvningen. Å andra sidan visar erfarenheter från jordskalv att det är just friktionen som innebär att stora mängder töjningsenergi kan lagras i berget, och att denna energi frigörs abrupt i form av en skjuvrörelse när skjuvhållfastheten överskrids. Denna abrupta frigörelse av energi är orsaken till de skador som uppstår i omgivningen.

Frågan är om en upplagring av energi i en spricka, på grund av dess friktion, kan leda till skador på kapseln, som är lika stora eller större än de som uppkommer vid avsaknad av friktion.

Antagandet om friktionsfria sprickor och effekterna därav bör vara baserade på publicerade forskningsresultat.

SR 97 och granskningen visar att behovet av ytterligare forskning, som behandlar de rent mekaniska aspekterna på reaktiveringsprocessen (både primära rörelser i den seismiskt aktiva zonen och sekundära rörelser i förvarsbergets spricksystem), främst berör tektonikscenariot.

SKB har i FUD-program 2001 identifierat tre prioriterade forskningsområden: 1) Prediktion av framtida skalvfrekvenser. 2) Mekanismer bakom skalv. 3) Effekter av skalv.

Inom området *effekter av skalv* har en pilotstudie påbörjats för att beräkna deformationer hos förvarsbergets sprickor med hjälp av dynamiska numeriska modeller. Målsättningen är att ta fram samband mellan avstånd från skalvet, skalvets magnitud och maximal skjuvdeformation hos en given spricka. Ett program för att sammanställa information om dokumenterad inverkan av skalv på underjordsanläggningar skall ske i samarbete med SKB:s internationella systerorganisationer.

Slutsatser

KASAM bedömer att SKB:s planer för fortsatt forskning om jordskalv och klimatutveckling är motiverade och viktiga eftersom det fortfarande återstår osäkerheter i dessa frågor.

9.11 Injektering

En sprickrik berggrund injekteras normalt med fincement i traditionellt bergarbete och denna metod är och har varit framgångsrik. Man försöker således täta sprickorna med injekteringsmedel som baseras på kalk. Nya rön från injektering med kiselpartiklar av kolloidal storlek (partiklar som är mindre än en tusendels millimeter) antyder att kisel kan användas som tätningemedel. Kiselsyra, som ingår i de flesta bergarter, skulle kunna ge vissa fördelar jämfört med kalk eftersom den inte påverkar grundvattnets kemi lika mycket som kalk. Dess egenskaper kan betyda att man eventuellt kan vinna vissa fördelar från långtidskorrosionssynpunkt.

Slutsatser

KASAM anser att SKB bör studera olika metoder för injektering i sprickor med syfte att åstadkomma en bestående begränsning av vattengenomsläppligheten i det berg som kommer att omge djupförvaret utan att den kemiska miljön i förvaret påverkas negativt.

9.12 Grundvattenströmning

Bergets naturliga heterogenitet har tidigare konstaterats medföra de största osäkerheterna kring förståelsen och modelleringen av grundvattenströmning. Trots detta finns det inget program för att utveckla metodik för klassning av bergets heterogenitet vid de kommande platsundersökningarna. Därigenom kan det inte göras någon objektiv jämförelse mellan de tre platserna, inte heller ges det någon möjlighet att verifiera det statistiska angreppssätt som "måste utnyttjas för modelleringen".

Övergående (transienta) effekter av landhöjningen har analyserats i hydrogeologimodelleringen inom projekt SAFE (säkerhetsanalysen av SFR år 2001). Däremot har inte relationen mellan landhöjningens intensitet i olika områden och sprickornas öppenhet och vattenavgivande förmåga utretts av SKB och något program för detta finns inte i FUD-program 2001. I ett sådant program måste också andra parametrar än sprickor och landhöjningsintensitet beaktas – till exempel grundvattenbildning, jordlagrens typ och mäktighet samt topografi – då effekten av dylika parametrar kan tänkas dölja effekterna av landhöjning.

Projekt om inströmnings- och utströmningsområden samt kopplingen mellan ytnära och djupt grundvatten planeras – vilket hälsas med tillfredsställelse då dessa frågor hittills varit dåligt belysta av SKB. Metodik för undersökningar av grundvattnet i jordlagren anges dock inte. Det är av särskild vikt att kunna fastställa dels grundvattenbildningen från jordlagren till berg-

grunden, dels grundvattenbildningens storlek inom olika delar av platsundersökningsområdena samt på olika djup inom dessa.

KASAM noterade i yttrandet över FUD-program 98 att SKB fått mycket längre transporttider från 500 m djup vid nya beräkningar än vid tidigare numeriska modelleringar. SKB:s förklaring att lokala förhållanden snarare än regionala styr flödet på dessa djup förefaller sannolik. Vidare noterades att modellerna överskattat spricköppningarna med en faktor två jämfört med senare uppmätta värden. KASAM framhöll särskilt behovet att studera den hydrauliska kontakten mellan jordlager och berggrund.

Frågor om transporttidens betydelse i jämförelse med andra hydrogeologiska och hydrokemiska förhållanden och i jämförelse med recipientens egenskaper är av särskild vikt.

Voss och Provost, U.S. Geological Survey, skriver i sin rapport (*Recharge-area nuclear waste repository in southeastern Sweden: Demonstration of hydrologic siting concepts and techniques*) till SKI sista stycket i "Conclusions":

Near-coastal sites may be among the less desirable choices possible in the region (sydöstra Sverige) in terms of these hydrogeologic safety factors, because the coast is a discharge area for a ground-water flow system of some scale, either regional or local. This result is true irrespective of the properties of the bedrock.

KASAM anser att Voss-Provost-rapportens mer schablonmässiga slutsatser, med utgångspunkter i amerikanska förhållanden, fordrar ett bemötande med utgångspunkt i de faktiska förhållanden (till exempel orienteringen av vattenförande sprickzoner respektive diabasgångar), som kan registreras i det regionala perspektivet vid de aktuella platsundersökningsområdena.

SR 97 och den kompletterande texten i kapitel 2 i FUD-program 2001 ger även stöd för bedömning av behovet av fortsatt forskning för att få ett förbättrat dataunderlag. Exempelvis har beräkningarna av maximal total årsdos, enligt figur 2–4 i FUD-program 2001, resulterat i fördelningar av värden med

stor spridning. Medelvärdena av dos-fördelningarna ligger dessutom för Aberg i närheten av SSI:s riskgräns.

Slutsatser

KASAM förordar att SKB anger ett program för att utveckla metodik för klassning av bergets heterogenitet vid de kommande platsundersökningarna. KASAM anser att förhållandet mellan landhöjningens intensitet i olika områden samt sprickornas öppenhet och därmed vattenförande förmåga bör utredas. KASAM anser även att grundvattenbildningens storlek på olika djup bör utredas samt att grundvattenströmningen i ett regionalt perspektiv bör modelleras med hänsyn till de faktiska förhållandena. SKB bör vidare redovisa betydelsen av grundvattnets transporttid i jämförelse med andra hydrogeologiska och hydrokemiska förhållanden och i jämförelse med recipientens egenskaper.

9.13 Beslutsstödsmodeller för hantering av komplexa problem, till exempel geologiskt djupförvar av kärnkraftavfall

KASAM har behandlat frågor om modeller för beslutsstöd vid hantering av grundvattenproblem i avsnitt 4.10.6 i KASAM:s rapport *Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2001* (SOU 2001:35, juni 2001). Nedanstående redovisning är delvis hämtad från denna rapport.

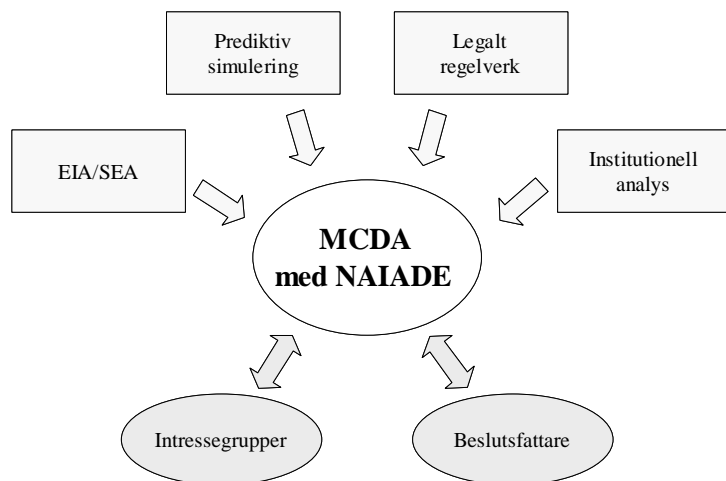
Resultat av till exempel grundvattenmodellering i olika skalor är endast ett av många underlag, som måste tas fram, värderas och vägas samman med resultat från såväl andra geovetenskapliga undersökningar, till exempel bergmekaniska och geokemiska, som tekniska utredningar. Dessa resultat måste också vägas samman med andra faktorer eller resultat från andra modeller i samband med beslutsfattandet. Det kan handla om ekonomiska

värden, olika slags miljö- och kulturella värden. Det kan även röra sig om rena värdeomdömen. Det behöver inte finnas särskilt många faktorer, förrän ett problem blir mycket komplicerat och överskådligt. Ett stort antal olika system finns utvecklade för olika tillämpningar inom hydrologin.

Principen med ett *beslutsstödsystem* är att förse en beslutsfattare, som står inför ett komplext och ostrukturerat problem, med beslutsunderlag till exempel för att jämföra olika platser vid lokalisering av ett djupförvar eller, mera i detalj, olika lägen för deponeringshål. Tanken är att med datorns hjälp snabbt kunna sammanställa och gå igenom mycket stora mängder information. Därmed kan man få bättre underlag till förhoppningsvis lägre kostnad. Det är viktigt att understryka att ett beslutsstödsystem är tänkt att vara ett stöd till beslutsfattaren, och inte ett system som fattar besluten. För enklare, mindre komplexa frågor, finns så kallade *expertsystem*. Det bör påpekas att vid användande av ett beslutsstödsystem *kvarligger ansvaret hos beslutsfattaren*.

Beslutsstödsystem kan vara utformade på en mängd olika sätt. Centrala delar i ett beslutsstödsystem är någon typ av databas, som innehåller informationen, samt en modell, som från databasen hämtar data, som bearbetas till ett beslutsunderlag och som kan väga samman och värdera för- och nackdelar med olika alternativ. De naturvetenskapliga modellerna används till att beräkna eller förutsäga konsekvenser till följd av olika scenarier eller indata. Särskilt intressanta system för SKB i samband med platsval torde vara de typer av system, som kan hantera olika typer av information, det vill säga system som kan hantera såväl resultat från modellerna som rena värdeomdömen. Traditionell så kallad kostnads-nytta-analys, som tidigare har varit den metod som tillämpats av miljöekonomerna, anses numera vara ett otillräckligt verktyg för att bilda grund för beslutsfattande. Därför har istället olika varianter av så kallad "multipel-kriteria beslutsstödsmodeller" (Eng. Multiple Criteria Decision Aid, MCDA) utvecklats. I figuren nedan illustreras hur MCDA används i beslutsprocessen för hantering av problem relaterade till grundvatten.

*Figur. Exempel på användning av beslutsstöd med hjälp av multi-
pel kriterianaalys, NAIADE, för hantering av vattenresurs-
problem (Enligt KASAM:s rapport *Kunskapsläget på kärn-
avfallsområdet 2001*, SOU 2001:35)*



Slutsatser

Enligt KASAM:s bedömning är det i hög grad angeläget att SKB tar vara på existerande kunskap inom beslutsstödsområdet, såväl nationellt som internationellt, samt utvecklar och prövar beslutsstödsmodeller inför platsvalet.

10 Biosfär

10.1 Bakgrund

Biosfären kan definieras som alla levande organismer i miljön, inklusive människan, samt den del av miljön med vilken människan och de andra organismerna växelverkar.

10.2 Övergripande mål och internationell samverkan

Kapitel 9 i FUD-program 2001 utgör en tydlig och systematisk redovisning av biosfärsfrågorna med utgångspunkt i tidigare granskningar. Tidigare framförda synpunkter bland annat från KASAM kommenteras till stor del. Underlagsrapporterna är aktuella och omfattande.

I FUD-programmet beskriver SKB det program man har tagit fram för platsundersökningar av biosfären. Av underlagsrapporter framgår det hur inventeringsarbetet närmare skall genomföras. Data från platsundersökningarna avses ligga till grund för en fördjupad förståelse för biosfärsprocesserna samt för att utveckla modeller för säkerhetsanalyser baserade på platsspecifika data.

I det fortsatta fördjupande arbetet kommer, enligt FUD-program 2001, en utökad publicering att ske i internationellt spridda tidskrifter. SKB förväntar sig att insamlingen och analyserna av data kommer att skapa intresse hos svenska och internationella forskargrupper som arbetar med radioekologi och miljöproblem.

De övergripande målen i FUD-programmet pekar enligt KASAM:s bedömning mot en hög ambitionsnivå. Enligt KASAM är det angeläget att de data som redovisas görs väl tillgängliga för nödvändig internationell granskning.

Det är endast ett fåtal länder som i likhet med Sverige direkt föreskriver att miljön skall skyddas mot skadlig verkan av utsläpp av radioaktiva ämnen. Fortfarande är det allmänna synsättet att miljön ges ett tillfredsställande skydd om människan skyddas.

I FUD-program 2001 ger SKB en inblick i det internationella arbete som pågår inom biosfärsområdet.

SKB deltar bland annat i FASSET-projektet (Framework for ASSESSment of Environmental impacT) inom EU:s femte ramprogram. SSI leder detta projekt som väntas pågå till och med år 2003. Syftet med projektet är att ta fram ett regelverk och en metodik för säkerhetsanalyser, som kan förstås av beslutsfattare, men som också kan användas av de producenter som är ansvariga för en verksamhet och därmed för säkerhetsanalysen av verksamheten. Projektet kan få stor betydelse för insikt och kunskap om påverkan på miljön av utsläpp av radioaktiva ämnen.

Det står också tydligt i FASSET-projektets presentation av sina mål att man har för avsikt att förse kärnenergiindustrin med redskap för att på bästa sätt hjälpa till med att utnyttja kärnenergens fulla möjligheter. FASSET skulle därmed bli ett användbart redskap för kärnkraftsindustrins säkerhetsanalytiker att tillmötesgå de allt strängare bestämmelserna om miljöskydd (FASSET – Kontrakt No, 2000-11-22, Annex 1, Kap. 1.4.).

Det finns en styrka i ambitionen att, genom denna typ av samverkan, överbrygga gapet mellan verksamhetsutövare och myndigheter genom att anpassa metodik och regelverk så att de på bästa sätt kan begripas även av icke-fackmän men ändå vara ett tillräckligt underlag för experternas riskbedömningar. Svagheten kan finnas i att man skapar ett dialogtillstånd där båda parter har intresse av att uppnå en jämvikt, som i första hand inte utgår från miljömålen utan snarare från kärnenergiindustrins intresse av kostnadseffektivitet.

FASSET-projektet använder flera av SKB:s ekosystemtyper (myrmark, sediment, brackvatten och marin miljö) som referensekosystem. Det kan därför finnas anledning att vänta sig att SKB använder sig av resultaten från FASSET-projektet vid sina säkerhetsanalyser.

Slutsatser

KASAM stödjer biosfärsprogrammets övergripande mål att med en modern kunskapsbas beskriva de från radiologisk synpunkt viktigaste processerna i biosfären samt att ge ett tillräckligt vetenskapligt stöd för att bedöma miljökonsekvenser av konstruktion och drift av ett slutförvar. KASAM noterar speciellt den i FUD-programmet uttalade ambitionen att befästa och fördjupa kunskaperna i pågående projekt med bland annat utökad publicering i internationella tidskrifter. KASAM delar SKB:s uppfattning om att det är viktigt att förmedla bolagets kunskaper internationellt för att erhålla synpunkter och för att få nödvändig vetenskaplig granskning.

10.3 Ämnestransport med grundvatten

Spridningen av radionuklider till biosfär och människa sker i första hand via grundvattenflöden som passerar förvaret. För att sådan spridning skall kunna ske måste förvarets barriärsystem vara defekt, till exempel på grund av tillverkningsfel hos de kopparkapslar som innehåller bränslet, eller till följd av korrosion i kapseln under lång tid eller genom andra skador på kapseln. Grundvattnet har kontakt med olika vattensystem som brunnar, myr- och våtmarker, insjöar, vattendrag samt kust- och havsvatten. Grundvattnet kan också kontaminera åkerjord med radionuklider via grundvattentransport till odlingszonen och via bevattning. Vid en konsekvensbedömning av ett läckage från ett djupförvar av använt kärnbränsle är det utspädningsvolymerna i

biosfärens olika vattensystem som till stor del avgör vilka konsekvenser, i form av stråldoser till människor, djur och växter, ett utsläpp får. Ett annat sätt för radionuklider från ett djupförvar att nå människan är via sedimentering på havs- och sjöbottnar, vilka efter framtida landhöjningar kan komma att torrläggas och senare uppodlas för livsmedelsproduktion.

Med hänsyn till möjlig transport till biosfären kan det noteras att KASAM, i sitt yttrande över FUD-program 98, konstaterade att förhållandena i övergångszonen mellan berggrund och jordlager är ett försummat forskningsområde som behöver aktiveras på grund av dess betydelse för bland annat utströmningen av radionuklider som transporteras med grundvattnet. – Generellt kan man säga att en fördröjning i storleksordningen 100 till 1000 år av radionuklidtransporten kan förväntas i själva gränsszonen innan en balans uppstår mellan inflöde av radionuklider från djupare grundvatten och utflöde av dessa ämnen via grundvattnet till biosfären.

FUD-program 2001 hänvisar bland annat till SAFE-projektet (säkerhetsanalysen av SFR år 2001) i vilket man har studerat interaktioner i gränsskiktet mellan grundvatten i berg och ytligare grundvatten. SKB anger att man med bland annat fältstudier kommer att studera grundvattnets förmåga att följa vattenförande lager i kvartära avlagringar (med möjlighet till utströmning nära strandkanten).

KASAM ansåg vid granskningen av FUD-program 98 även att risken för bildning av kolloider i samband med driften av djupförvaret särskilt bör beaktas. KASAM konstaterade därvid att kolloidala partiklar, som normalt är sällsynta i djupa grundvatten, kan bildas vid inträngning av luftsyre och därigenom följande oxidation av till exempel tvåvärt järn samt att bentoniten skulle kunna frigöra kolloider i form av lerpartiklar.

SKB har noterat att en stor del av radionukliderna i miljön kommer att vara bundna till partiklar, humuskomplex och organismer.

I FUD-program 2001 anges utveckling av systemekologiska modeller för beskrivning av flödet av partiklar (som organiskt

material) i ett kustområde. Modellstudierna kommer att kompletteras med fältdata från platsundersökningarna.

KASAM ansåg även, i den tidigare granskningen, att det är nödvändigt att undersöka och redovisa den omgivande biosfärens sammansättning och egenskaper för att bedöma ett tänkt förvars skyddsförmåga och möjligheter att uppfylla de krav som SSI hade ställt upp (i föreskrifterna SSI FS 1998:1 med bakgrund och kommentarer i SSI rapport 99:03). KASAM ansåg att betydelsen av dagens lokala biosfärsförhållanden och utströmningsområden för platsvalet måste belysas.

Slutsatser

KASAM anser att en djupare förståelse för de hydrologiska sambanden mellan ett djupförvar för använt kärnbränsle och olika ekosystem är i högsta grad önskvärd. Dessa kunskaper behövs för att man skall kunna göra en tillförlitlig bedömning av transportvägar och överföringshastigheter till biosfären i beräkningsmodellerna. I en sådan redovisning bör det finnas en bedömning i fråga om till vilka områden som yt- eller grundvatten från förvaret kan transporteras. Redovisningen bör också innehålla en analys av radionuklidtransporten från berg till jord (från geosfär till biosfär).

10.4 Radionuklider och andra ämnen

Utsläpp av radioaktiva ämnen kan drabba hela biosfären. I säkerhetsanalysen tas hänsyn till andra delar av biosfären än människan, nu bland annat i form av mer realistiska processorienterade beskrivningar än tidigare.

KASAM förutsätter att den samlade miljökonsekvensbedömningen, som skall göras enligt bestämmelserna i 6 kapitlet 5 § miljöbalken, även kommer att innehålla en värdering av riskerna för *kemisk-toxiska effekter* av utläckande ämnen.

SKB framhöll i FUD-program 98 att man inte lyckats förmedla en realistisk beskrivning av vilka risker ett djupförvar för använt kärnbränsle skulle innebära för människor och miljö.

KASAM saknade i FUD-program 98 en analys av orsakerna och förslag till vad SKB avser att göra för att åtgärda detta problem. KASAM noterade även att SKB:s insatser inom området biosfärsstudier hittills hade varit begränsade och betonade vikten av att biosfärsdelen redovisas tydligt, inte minst på grund av allmänhetens intresse för den.

KASAM konstaterar nu att FUD-program 2001 är tydligare vad avser fortsatta undersökningar av biosfären. Behovet av tydlighet förtjänar dock att uppmärksammas i den fortsatta riskkommunikationen med allmänheten

Slutsatser

KASAM konstaterar att biosfärsmodellerna bör tillämpas på omsättningen av såväl radionuklider som andra ämnen, som exempelvis genom sin kemiska toxicitet kan påverka miljön. KASAM konstaterar även att redovisningen av resultaten från biosfärsstudierna bör utformas med hänsyn till allmänhetens intresse av att förstå riskerna med ett djupförvar och att kunna jämföra dessa med andra risker i samhället.

10.5 Ekosystem

I det mycket långa tidsperspektiv, som det är fråga om för ett slutförvar av använt kärnbränsle, kommer det att ske stora förändringar på förvarsplatsen. Detta gäller bland annat jordlagren, de hydrologiska förhållandena och biosfären. Enligt KASAM:s bedömning är de för studier föreslagna ekosystemen (skog, myrmark och sediment) väl motiverade med hänsyn till dessa förändringar samt möjliga ackumulationseffekter och förhöjda exponeringar. Behovet av att utveckla kunskaperna om

andra ekosystem bör dock uppmärksammas i den fortsatta diskussionen.

Jordbruksekosystemet har sannolikt stor betydelse för överföring av radionuklider till människan via födan. Upptag i skogsprodukter, till exempel (mykorrhizabildande) svampar och vilt, kan också ge stråldosbidrag via födan. Mossar och sediment tillhör de system där man har anledning att förvänta anrikning av radionuklider.

KASAM har vid tidigare granskning även pekat på vikten av att studera förändringar av biosfärsförhållandena med tiden samt att bättre beskriva vad som sker under de första åren efter en förslutning.

I FUD-program 2001 beskriver SKB att man i SAFE-projektet har utvecklat tidsberoende biosfärsmodeller samt gjort en första ansats att beskriva de första 1000 åren.

Slutsatser

KASAM bedömer att de i FUD-program 2001 för studier föreslagna ekosystemen är viktiga från strålskyddssynpunkt. KASAM anser att kunskaperna om jordbruksmarken (inklusive mark för produktion av energigröda) som ekosystem bör fördjupas med särskild hänsyn till framtida uppodling av tidigare ackumulationsbottnar i vattendrag, sjöar och hav samt användande av myrmark som kan innehålla förhöjda halter av radionuklider. I den fortsatta redovisningen är det angeläget att relevanta huvudtyper av ekosystem tas med för att skapa största möjliga underlag för val av ekosystem för den vidare granskningen.

10.6 Modellering, övervakning, krav och kriterier

KASAM hänvisade i sitt yttrande över FUD-program 98 till SSI, som i sin granskning av programmet konstaterade att övervakningen (moniteringen) kring ett förslutet förvar fortfarande var en öppen fråga. SKB hade nämnt mycket lite om kontrollen av förvarets funktion. KASAM ansåg att detta är en viktig fråga när det gäller att ge saklig information till allmänheten samt att det är angeläget att myndigheterna formulerar krav inom detta område.

SSI har i föreskrifter (SSI FS 1998:1) angivit krav på hur hänsyn skall tas till strålningspåverkan på miljön. Hur SSI:s föreskrifter skall tillämpas har varit och är fortfarande inte helt klart. Diskussioner om tillämpningen av föreskrifterna har ägt rum mellan SSI och SKB. SKB har förstärkt utvecklingen av processbeskrivningar med mera för biosfärsrelaterade faktorer och kan därmed underlätta tillämpningen av föreskrifterna.

Vid analys av strålskyddsaspekterna på alternativa lösningar krävs olika typer av optimeringar. För närvarande pågår en diskussion om behovet av vissa justeringar av de internationella reglerna för strålskydd. En central fråga har blivit om man skall optimera strålskyddet av befolkningen som helhet (genom beräkningar av "kollektivdos") eller med hjälp av dosen till enskilda individer ("individdos"). Sättet att optimera kan få betydelse för lokaliseringen av ett slutförvar för det högaktiva långlivade avfall, som det använda kärnbränslet utgör.

Frågan om (dagens) biosfärsförhållanden som platsvalskriterier för ett slutförvar för långlivat avfall har varit föremål för diskussion mot bakgrund av biosfärens förändring i samband med variationer i klimat, landhöjning, etc. För mycket långa tider erbjuder geosfären mer stabila förhållanden än biosfären. Med hänsyn till ovanjordsanläggningar samt transporter och andra aktiviteter, som är kopplade till slutförvaret, är det dock viktigt att hänsyn tas till de nuvarande biosfärsförhållandena på platsen. Även för själva slutförvaret finns det en inledande tid då de nuvarande biosfärsförhållanden är av betydelse för bedöm-

ningen av säkerheten och risken för miljöpåverkan i övrigt. SKB framhåller att man tar hänsyn till biosfären i platsvalet. Man har bland annat identifierat ett antal biosfärsrelaterade faktorer som kartläggs för aktuella platser.

När det gäller skyddet av andra organismer än människan pekade KASAM i granskningen av FUD-program 98 på en stor svårighet för SKB, nämligen att det saknas allmänt accepterade strålskyddskriterier. Enligt KASAM räcker det inte med att uppskatta stråldos eller strålrisk utan man måste veta vad man vill skydda och hur.

KASAM ansåg att SKB måste analysera hur man kan uppfylla de angivna kraven på skydd av människan och andra organismer i praktiken och hur man behöver ändra sitt program för att få det underlag som behövs. KASAM noterade att det särskilt gäller skyddet av andra organismer. Nödvändigheten av att skydda människa och miljö samt av att utveckla metodik för att hantera riskbedömningar för biota och kravet på att inverkan av djupförvaret på biologisk mångfald skall vara liten nämndes endast i allmänna ordalag. KASAM ansåg att man framförallt skulle behöva utveckla FUD-redovisningens miljöskyddsdel ytterligare. För att visa att de krav som SSI har ställt upp uppfylls är det enligt KASAM viktigt att påpeka att miljön inte automatiskt kommer att skyddas som biprodukt till skyddet av människan.

SKB har i FUD-program 2001 angivit avsikten att utveckla de systemekologiska modellerna med hänsyn till behovet av en redovisning av miljökonsekvenserna. Avsikten är också att precisera ett ramverk för hur miljökonsekvenserna skall hanteras i samarbete med SSI i EU-projektet FASSET.

KASAM påpekade i sitt yttrande över FUD-program 98 även att de använda modellerna för radionuklidtransport (BIOMOVS I och II, BIOMASS) måste kompletteras med specifika data från det aktuella förvarets omgivning. Detta påpekande är fortfarande aktuellt. Beträffande skyddet av andra organismer än människan har KASAM tidigare påpekat – och gör det nu igen – att det kommer att finnas många principiella problem (inte i första hand problem med modeller) innan man är mogen för att bevisa att

man skyddat "biologisk mångfald och hållbart utnyttjande av biologiska resurser" mot skadlig verkan av joniserande strålning.

KASAM ansåg vidare att programmet för det fortsatta arbetet skulle behöva bearbetas och ges en större detaljeringsgrad och tydlighet för att få förståelse för hur man förbereder sig för att med säkerhetsanalysen kunna bevisa att a) risken till människa och b) risken till andra organismer/populationer från radionuklidkontamination i biosfären blir acceptabel.

SKB anger i FUD-program 2001 att man avser att förbättra dataunderlaget inför nästa säkerhetsanalys för djupförvaret och kommande platsundersökningar. SKB anger även att insamlingen av data från de ytnära ekosystemen har betydelse för förståelsen av säkerhetsanalyserna och biosfärmodellerna.

Enligt KASAM bör det fastställas ett miljöövervakningsprogram för kontroll av förvarets omgivningar. Programmet bör vara utformat så att påverkan från förvaret kan särskiljas från naturliga variationer i miljön.

Slutsatser

KASAM förutsätter att det fastställs ett miljöövervakningsprogram för kontroll av förvarets omgivningar och att denna kontroll inleds före anläggningsstart för erhållande av jämförbara data om ursprungstillståndet i miljön. KASAM anser att det är angeläget att det fortsatta forsknings- och utvecklingsarbetet belyser förutsättningarna för val av mätbara parametrar och organismer/arter som kan utgöra lämpliga indikatorer för påverkan i biosfären vid modellberäkning och monitorering. Det bör tydligt framgå av redovisningen hur man kommit fram till eventuella riktvärden för de olika parametrarna. KASAM konstaterar i detta sammanhang att det finns vissa osäkerheter om hur SSI:s *Föreskrifter om skydd av människors hälsa och miljön vid slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle och kärnavfall* (SSI FS 1998:1) skall tillämpas men att det pågående FASSET-projektet

och de av SSI till år 2003 aviserade allmänna råden bör kunna ge vägledning.

11 Alternativa metoder

11.1 Bakgrund

I sitt yttrande över FUD-program 98 efterlyste KASAM bland annat en sammanställning av arbetsläget inom separation och transmutation samt tillstyrkte en systemanalys och en säkerhets- och funktionsanalys av slutförvaring i djupa borrhål (SOU 1999:67, sidorna 2 och 33–34).

Kapitel 16 i FUD-program 2001 innehåller dels en översiktlig framställning av arbets- och kunskapsläget inom separation och transmutation, dels en sammanfattande redogörelse för den utredning kring djupa borrhål som SKB har gjort och som KASAM yttrade sig över i juni 2001 till regeringen (yttrande över SKB:s kompletterande redovisning till FUD-program 98).

11.2 Allmänt om redovisning av alternativa metoder

Utgångspunkten för KASAM:s granskning av kapitel 16 i FUD-program 2001 är regeringens bedömning i fråga om metodval enligt beslutet den 1 november 2001 med anledning av SKB:s komplettering av FUD-program 98. Den bedömningen innebär att bolaget bör – utan att regeringen därmed har föregripit ställningstaganden till framtida tillståndsansökningar – använda KBS-3-metoden som planeringsförutsättning för de två platsundersökningar som bolaget nu avser att genomföra. Regeringen uttalade också att bolaget bör även fortsättningsvis inom ramen för FUD-programmen bevaka teknikutvecklingen avseende olika

alternativ för omhändertagande av kärnavfall. Regeringen upprepade vidare ett tidigare uttalande om att någon form av slutförvaring i berggrunden är den mest ändamålsenliga strategin för slutförvaring av använt kärnbränsle från de svenska kärnkraftverken.

KASAM finner skäl att beröra alternativredovisningen i en kommande miljökonsekvensbeskrivning enligt 6 kap. 7 § 4. miljöbalken. Regeringen förutsätter, vilket framgår av regeringsbeslutet den 1 november 2001,

att frågor om vilka alternativ som skall redovisas i miljökonsekvensbeskrivningen blir föremål för ingående överväganden i samband med det föreskrivna samrådet.

KASAM erinrar om sin bedömning av alternativfrågan i tidigare yttranden såväl över SKB:s FUD-program 98 som över bolagets komplettering av detta. Slutsatsen av KASAM:s resonemang var att alternativ till KBS-3-metoden som skall redovisas enligt miljöbalken bör sökas inom kategorin byggda förvar inom den översta kilometern av berggrunden.

KASAM har i yttrandet över SKB:s komplettering av FUD-program 98 framhållit – och gör fortfarande bedömningen – att *djupa borrhål* inte kan betraktas som ett realistiskt alternativ. Funktionen hos vissa barriärer kan starkt ifrågasättas i den aggressiva miljön på det aktuella djupet (hög temperatur och hög salthalt). Dessutom kan man inte utan vidare utgå från att det stagnanta grundvattnet på stort djup förblir stagnant när en betydande värmekälla (förvaret) kommer på plats. Möjligheten till återtag av det använda kärnbränslet, till exempel om funktionen skulle visa sig mindre god, torde vara närmast obefintlig, och därmed skulle det även bli betydande svårigheter att genomföra en meningsfull demonstrationsetapp för ett sådant förvar.

KASAM konstaterar att SKB alltsedan FUD-program 92 har förutsatt möjligheten att demonstrera metoden och att detta har accepterats i de regeringsbeslut som fattats med anledning av FUD-programmen. Det kan också konstateras att önskemål om

någon form av reparerbarhet inte förefaller kunna tillgodoses vid deponering i djupa borrhål.

KASAM uppfattar att det grundläggande syftet med bestämmelsen i 7 § 4. miljöbalken om redovisning av "alternativa utformningar" är att en sådan redovisning skall avse alternativ som är tekniskt möjliga att genomföra inom en tidsperiod som ligger inte alltför långt från tidpunkten för genomförandet av det projekt som sökanden föreslår.

Det är idag sannolikt att SKB:s framtida ansökan om att påbörja uppförandet av ett slutförvar kommer att avse en metod som rymms inom begreppet KBS-3-metoden. Om så blir fallet menar KASAM – med utgångspunkt från vad som anförts i närmast föregående stycke och utifrån dagens kunskapsnivå – att varken separation och transmutation eller deponering i djupa borrhål utgör sådana "alternativa utformningar" som i första hand bör lyftas fram i miljökonsekvensbeskrivningen. Nämnda alternativ uppfyller för närvarande, enligt KASAM:s uppfattning, inte det krav på genomförbarhet inom rimlig tid som miljöbalken implicit kräver. Däremot bör miljökonsekvensbeskrivningen innehålla en tydlig redovisning av argumenten för och emot dessa alternativ, liksom de övriga alternativ som har utretts och sedan avförts från den fortsatta diskussionen. En redovisning bör naturligtvis även ske av den argumentation som lett fram till att peka på genomförbara alternativ till KBS-3-metoden.

Som nyss nämnts har KASAM i tidigare yttranden förordat att alternativ till KBS-3-metoden bör sökas inom kategorin byggda förvar inom den översta kilometern av berggrunden. KASAM hävdar fortfarande denna uppfattning och erinrar om de skäl som anförts i det föregående.

I sitt yttrande över FUD-program 98 (sidorna 29–32) pekade KASAM på två alternativ inom kategorin byggda förvar inom den översta kilometern av berggrunden. Dessa går under benämningen Långa tunnlar respektive WP-Cave. Det kan också göras gällande att sådana varianter av KBS-3 som presenteras på sidan 255 i FUD-program 2001 (horisontella förvaringshål av

varierande längd) kan betraktas som alternativ av den innebörd som avses i miljöbalken. KASAM utgår från att hithörande frågor, inklusive möjligheter till demonstration och återtag, får en ingående behandling under det kommande fördjupade samrådet mellan sökanden och övriga berörda.

Slutsatser

Regeringen har förutsatt att frågor om vilka alternativ som skall redovisas i en kommande miljökonsekvensbeskrivning enligt 6 kap. 7 § 4. miljöbalken blir föremål för ingående överväganden i samband med det föreskrivna samrådet. KASAM finner anledning att erinra om sin bedömning av alternativfrågan i tidigare yttranden såväl över SKB:s FUD-program 98 som över bolagets komplettering av detta. Slutsatsen av KASAM:s resonemang var att alternativ till KBS-3-metoden, som skall redovisas enligt miljöbalken, bör sökas inom kategorin byggda förvar inom den översta kilometern av berggrunden. KASAM har inte funnit anledning att ändra uppfattning i denna fråga. Enligt KASAM:s bedömning är till exempel deponering i djupa borrhål inte en sådan realistisk metod som krävs i alternativredovisningen i miljökonsekvensbeskrivningen enligt miljöbalken. Möjligheter till exempelvis återtag av det använda kärnbränslet torde vara närmast obefintlig, och därmed skulle det även bli betydande svårigheter att genomföra en meningsfull demonstrationsetapp för ett sådant förvar.

11.3 Separation och transmutation

KASAM har inga erinringar mot SKB:s redovisning av nyvunnen kunskap sedan FUD-program 98. Vad SKB har anfört under rubriken *Forskningsprogram* föranleder följande kommentarer.

KASAM menar att starka skäl talar för den nuvarande inriktningen av det svenska kärnavfallsprogrammet, det vill säga

fortsatt utvecklingsarbete på direktdeponering enligt KBS-3-metoden. Detta utvecklingsarbete behöver målmedvetet drivas vidare.

Det kan emellertid inte uteslutas att nya kunskaper och ny forskning kommer att leda till slutsatsen att valet av den metod som idag förefaller mest lovande behöver omprövas någon gång i framtiden. Detta synsätt har varit vägledande för det principiella förhållningssätt till kärnavfallsfrågan som KASAM har givit uttryck för alltsedan senare delen av 1980-talet och som även fått genomslag i regeringsbesluten sedan början av 1990-talet i samband med granskningen av SKB:s FUD-program.

En satsning på separation och transmutation innebär en annorlunda strategi för omhändertagande av använt kärnbränsle. Denna strategi skiljer sig i väsentliga avseenden från direktdeponering enligt KBS-3-metoden.

Från KASAM:s utgångspunkter är det främsta motivet för forskning kring separation och transmutation möjligheten att sådan forskning skulle kunna få till resultat att man kan avsevärt minska den mängd av långlivade radionuklider som under alla förhållanden kommer att behöva slutförvaras i berggrunden. Det behövs dock ett omfattande och mycket kostnadskrävande forsknings- och utvecklingsarbete innan en sådan teknik eventuellt kommer att kunna användas i industriell skala. Tekniken skulle bland annat innebära upparbetning kopplad till utvinning av kärnenergi i någon form.

Som KASAM framhöll i yttrandet över FUD-program 98 (sidan 33) kan transmutation av långlivade radionuklider före slutförvaringen bli ett alternativ, men i så fall som en biprodukt av en eventuell användning av acceleratordriva kärnreaktorer som ny energikälla. Utveckling av nya former för kärnkraftsproduktion förutsätter dock en fullständig omorientering av svensk energipolitik

Större forskningsprojekt kring separation och transmutation pågår inom de mer betydande kärnkraftsländerna samt inom ramen för EU:s forskningsprogram. Svenska forskare följer och/eller deltar i flera av dessa projekt. Kostnaderna för denna

svenska medverkan finansieras i huvudsak genom bidrag från SKB till några högskoleinstitutioner. KASAM har av SKB fått uppgift om att bolagets bidrag till forskning och informationsinhämtande på transmutationsområdet uppgick till sammanlagt 23,4 miljoner kronor under femårsperioden 1997–2001. De årliga kostnaderna under denna period har varierat mellan 4,2 miljoner kronor år 1997 och 5,0 miljoner kronor år 1999. För år 2002 beräknas kostnaderna till 4,9 miljoner kronor.

Det är inte möjligt för KASAM att bedöma om just denna nivå är tillräcklig. Det är angeläget att det finns ett antal aktiva svenska forskare som är väl insatta i detta forskningsområde. Dessa forskare behövs för att kunna bidra till underlaget för de beslut av strategisk innebörd som både SKB, tillsynsmyndigheter, regeringen och andra aktörer ställs inför under de kommande åren. KASAM föreslår att regeringen begär att SKB i FUD-program 2004 presenterar ett mer utförligt underlag för de bedömningar som gjorts av storleken på bolagets ekonomiska stöd till forskning och informationsinhämtande på transmutationsområdet.

SKB drar slutsatsen (sidan 296) att det inte är rimligt att bolaget tar egna initiativ till större utvecklingsprojekt inom transmutationsområdet. De mål som SKB formulerar för sitt forskningsprogram på detta område går sammanfattningsvis ut på att granska hur tekniken utvecklas och att bedöma hur och när sådan teknik kan utnyttjas när det gäller det använda kärnbränslet från de svenska kärnkraftverken. SKB markerar också ett visst intresse att medverka i EU-projekt på området.

KASAM delar SKB:s uppfattning att det inte är rimligt med större egna initiativ inom den närmaste framtiden. De mål för forskningen under den närmaste treårsperioden som SKB anger kan KASAM instämma i. KASAM kan dock inte frigöra sig från intrycket att SKB:s planerade insatser på detta område präglas av en stark skepsis till möjligheterna av framgång. Enligt KASAM:s uppfattning bör SKB hålla öppet för att sådana ökade insatser inom ramen för EU-finansierad forskning på transmutations-

området som diskuteras för närvarande kan leda till behov av ökade svenska insatser.

Enligt SKB skall samlade bedömningar ske inför viktiga beslut i kärnavfallsprogrammet och dessutom förutses en samlad bedömning ”vid utvärderingen efter det första steget med deponering av inkapslat bränsle i djupförvar” (sidan 296). KASAM understryker behovet av att sådana bedömningar kommer till stånd. En lägesredovisning bör alltid ingå i de kommande FUD-programmen.

KASAM vill i detta sammanhang erinra om att frågan om alternativ till KBS-3-metoden kommer att prövas av olika myndigheter, och i sista hand regeringen, redan i samband med att SKB ansöker om tillstånd för detaljundersökning inför ett slutförvar. Alternativfrågan kan dessutom komma att prövas i samband med att SKB ansöker om tillstånd att uppföra en inkapslingsanläggning. Dessa två ansökningar planerar SKB att ge in inom den närmaste femårsperioden. Härtill kommer att alternativfrågan kommer att aktualiseras också vid åtskilliga tillfällen längre fram. Exempel på sådana tillfällen är i samband med ansökningar om tillstånd att uppföra ett slutförvar, om tillstånd att ta slutförvaret i bruk under ett inledande demonstrationsskede och om tillstånd att efter ett sådant skede fortsätta deponeringen.

Prövningen av alternativfrågan förutsätter ett väl underbyggt beslutsunderlag, inklusive bland annat en bedömning av separation och transmutation som en eventuellt jämförbar metod. Den bedömningen förutsätter i sin tur tillgång till en aktuell lägesredovisning i frågan.

En sådan utvärdering som SKB syftar på i det nyss citerade uttalandet skulle enligt SKB:s egen tidsplan inte bli aktuell förrän omkring år 2020. Det är enligt KASAM:s mening uppenbart att ett så strategiskt och ekonomiskt viktigt beslut som att fortsätta deponeringen av allt återstående bränsle inte bör fattas utan att alla berörda känner en stark övertygelse om att man bör fortsätta på den inslagna vägen. Med alla berörda avses i detta sammanhang både SKB och andra aktörer inom kärnavfallsområdet –

inklusive politiskt ansvariga beslutsfattare i aktuella kommuner och i sista hand regeringen. Ett beslut i frågan måste fattas mot bakgrund av de bedömningar som då kan göras i fråga om möjligheterna att skapa en sådan storskalig industriell anläggning som behövs för de komplicerade processer som separation och transmutation innebär. Dessa bedömningar kommer sannolikt att grundas på såväl tekniska/säkerhetsmässiga och ekonomiska som miljömässiga och energipolitiska överväganden. Dessutom kommer det sannolikt att göras allmänna överväganden om en sådan anläggning kan placeras i landet och vara dimensionerad enbart för det svenska kärnkraftsprogrammet. Ett alternativ kan vara att flera länder går samman om en processanläggning, men att varje land tar hand om sin andel av det avfall som under alla förhållanden måste slutförvaras.

För att få en hållbar grund för sådana bedömningar krävs, som KASAM pekat på i det föregående, att Sverige vid den tidpunkten har tillgång till ett antal experter med tillräckliga insikter på området. Tillgången till sådan kompetens på längre sikt kan emellertid inte ses isolerad från de energipolitiska riktlinjer som riksdag och regering beslutar om. KASAM ser därför anledning att i detta sammanhang uppmärksamma det förbud mot att "utarbета konstruktionsritningar, beräkna kostnader, beställa utrustning eller vidta andra sådana förberedande åtgärder i syfte att inom landet uppföra en kärnkraftsreaktor" som finns i 6 § kärntekniklagen. Bestämmelsen fördes in i den lagen år 1986 och bygger på de energipolitiska riktlinjer som riksdagens beslutade om år 1980 av innebörd bland annat att kärnkraften skulle vara avvecklad år 2010. Med hänvisning till dessa riktlinjer infördes samtidigt en bestämmelse – som numera finns i 5a § – enligt vilken tillstånd att uppföra en kärnkraftsreaktor inte får meddelas. Bestämmelsen har alltså primärt karaktären av ett förbud för regeringen att använda den rätt att ge tillstånd till nya reaktorer som regeringen formellt sett hade enligt lagens tidigare lydelse.

KASAM förordade år 1996 – i ett remissyttrande till Näringsdepartementet över Energikommissionens slutbetänkande (SOU

1995:139) Omställning av energisystemet – att bestämmelsen i 6 § borde ändras, även om förbudet i sin nuvarande form inte direkt riktar sig mot forskning på avfallshanteringsområdet. Som motiv anförde KASAM följande.

En sådan ändring har betydelse inte minst för att ge bättre förutsättningar för forskning om nya principiella lösningar inom kärnenergiområdet. Ur KASAM:s perspektiv är det av särskilt intresse med forskning kring effektivare utnyttjande av kärnbränslet, minimering av avfallsmängder, transmutation av befintligt kärnavfall m.m. Kvalificerade svenska kärntekniker och forskare skall inte behöva stå bredvid och passivt betrakta denna utveckling, som kan leda till resultat av stort intresse även för vårt land. Stimulerande arbetsuppgifter och ekonomiska förutsättningar är nödvändiga för att attrahera goda forskare till kärnkraftområdet. Dessa behövs inte minst då avveckling av kärnkraftverken och ett säkert omhändertagande av avfallet blir aktuellt.

Motiven att ändra denna förbudsparagraf är enligt KASAM:s mening ännu starkare idag. Riksdagen beslöt år 1997 om nya riktlinjer för energipolitiken. Dessa innebär visserligen att kärnkraften avvecklas på sikt, men något årtal då den sista reaktorn tas ur drift fastställdes inte. I en proposition till riksdagen i mars 2002 (prop. 2001/02:143) har regeringen presenterat sin avsikt att söka nå en överenskommelse med industrin om en långsiktigt hållbar politik för den fortsatta kärnkraftsavvecklingen och omställningen av energisystemet. Enligt propositionen bör en sådan överenskommelse skapa gynnsamma förutsättningar för en företagsekonomiskt försvarbar fortsatt drift och successiv stängning av kärnkraften, samtidigt som annan miljövänlig elproduktion tas i drift och elförsörjningen tryggas.

KASAM understryker att två förutsättningar måste vara uppfyllda för att det skall bli möjligt att genomföra såväl 1997 års riktlinjer som de förslag till riktlinjer som presenteras i den nyss nämnda propositionen. En av dessa förutsättningar är att det, under den tid som kärnkraft används, finns tillgång till kompetent driftspersonal. En annan förutsättning är att det också finns tillgång till forskare med hög kompetens på det

kärntekniska området. För att detta område skall vara attraktivt för yngre forskare krävs det, enligt KASAM:s uppfattning, bland annat att forskningsuppgifterna upplevs både som tillräckligt utmanande och som efterfrågade av industri och samhälle.

Existensen av förbudet mot förberedande åtgärder i syfte att inom landet uppföra en kärnkraftsreaktor (6 §) torde bland åtskilliga forskare uppfattas som en tydlig signal från riksdag och regering att de inte bör satsa på det kärntekniska området. Samhället kan alltså på så sätt gå miste om forskare som under andra förhållanden hade kunnat lämna viktiga bidrag till alternativa lösningar av kärnavfallsfrågorna.

Mer avgörande betydelse har emellertid stadgandet i 5a § som förbjuder regeringen att meddela tillstånd för att uppföra en ny kärnkraftsreaktor.

Utvecklingsarbetet inom kärnteknikområdet har i de stora kärnkraftsländerna mer och mer fokuserats på ett system för energiproduktion (reaktorer) och "avfallsförbränning" genom transmutation i en acceleratordriven process. Förbudet i 5a § mot att meddela tillstånd för att uppföra en ny kärnkraftsreaktor är sannolikt tillämpligt beträffande en sådan anläggning som behövs för separation och transmutation. Det skulle alltså röra sig om en anläggning som visserligen kräver uppförande av en kärnkraftsreaktor, men där ett avgörande motiv är kärnavfallshandling. Denna frågeställning behandlas emellertid inte uttryckligen i lagens förarbeten (jämför prop. 1986/87:24 och NU 1986/87:13), något som sannolikt beror på att uppförandet av en anläggning med detta syfte saknade aktualitet när riksdagen beslöt om lydelsen av ifrågavarande bestämmelse.

Som påpekats tidigare i detta avsnitt följer eller deltar ett antal svenska forskare i utvecklingsarbetet kring separation och transmutation. Det råder visserligen enligt KASAM:s mening ingen oklarhet om att förbudet i 6 § kärntekniklagen mot vissa slags förberedande åtgärder "i syfte att inom landet uppföra en kärnkraftsreaktor" tillåter den forskningsverksamhet på transmutationsområdet som nu bedrivs i Sverige. Det fastslogs nämligen genom ett motivuttalande av riksdagen i samband med

behandlingen av propositionen (jfr prop. 1986/87:24, NU 1986/87:13) att förbudet inte skulle inkräkta på möjligheterna till forskning och utvecklingsarbete på det kärntekniska området. KASAM konstaterar dock att 6 § har givits en lydelse vars sakliga innebörd lätt kan missförstås utan ingående studier av lagens förarbeten.

Denna brist på klarhet är enligt KASAM:s bestämda uppfattning otillfredsställande. Kärntekniklagens 6 § bör upphävas av två skäl. För det första är dess innebörd svårtolkad, beroende på om man enbart läser lagtexten eller dessutom också riksdagens motivuttalande. För det andra saknar de motiv som kan ha funnits när bestämmelsen infördes numera aktualitet.

Vidare bör regeringen låta utreda hur förbudet i 5a § mot att meddela tillstånd för en ny kärnkraftsreaktor kan modifieras. Enligt KASAM:s mening bör lagreglerna vara utformade på ett sådant sätt att regeringen inte är formellt förhindrad att i Sverige ge tillstånd för en anläggning för separation och transmutation om det fortsatta utvecklingsarbetet tyder på att en sådan anläggning är önskvärd.

KASAM understryker att ett avskaffande av 6 § och en modifiering av 5a § ingalunda innebär att det skulle vara fritt fram för att uppföra och driva nya kärnkraftverk, eftersom sådan verksamhet under alla förhållanden kräver särskilt tillstånd av regeringen. De politiskt ansvariga organen förfogar redan över de verktyg som behövs för att genomföra den energipolitik som beslutas i demokratisk ordning.

Slutsatser

KASAM har ingen invändning mot SKB:s framställning av nyvunnen kunskap på transmutationsområdet. Det finns enligt KASAM:s uppfattning starka skäl för den nuvarande inriktningen av det svenska kärnavfallsprogrammet, det vill säga fortsatt utvecklingsarbete med inriktning på direktdeponering enligt KBS-3-metoden.

Det är betydelsefullt att SKB aktivt bevakar utvecklingen inom området separation och transmutation. KASAM föreslår att regeringen begär att SKB i FUD-program 2004 presenterar ett mer utförligt underlag för bedömningar om lämplig ekonomisk nivå för denna bevakning.

KASAM delar SKB:s uppfattning att det inte är rimligt att bolaget för närvarande tar initiativ till större utvecklingsprojekt inom området separation och transmutation. Enligt KASAM:s uppfattning bör dock SKB hålla öppet för att sådana ökade insatser inom ramen för EU-finansierad forskning på transmutationsområdet som diskuteras för närvarande kan leda till behov av ökade svenska insatser.

Kärntekniklagen (1984:3) innehåller två bestämmelser som enligt KASAM:s mening många forskare uppfattar som en signal från riksdag och regering att de inte bör satsa på det kärntekniska området. Samhället kan på så sätt gå miste om forskare som under andra förhållanden hade kunnat lämna viktiga bidrag till lösningen av kärnavfallsfrågorna.

KASAM syftar på dels förbudet i 6 § mot förberedande åtgärder i syfte att inom landet uppföra en kärnkraftsreaktor dels det mer avgörande stadgandet i 5a § som förbjuder regeringen att meddela tillstånd att uppföra en ny kärnkraftsreaktor.

Förbudet i 5a § är sannolikt tillämpligt beträffande en sådan anläggning som skulle kunna behövas för att genomföra separation och transmutation. Kärntekniklagens 6 § tillåter visserligen forskning på det kärntekniska området, men har en lydelse som knappast kan förstås utan ingående studier av lagens förarbeten.

KASAM föreslår att 6 § upphävs dels därför att dess innebörd lätt kan missförstås, dels därför att de motiv som kan ha funnits när bestämmelsen infördes numera saknar aktualitet. Vidare bör regeringen låta utreda hur förbudet i 5a § mot att meddela tillstånd för en ny kärnkraftsreaktor kan modifieras. Enligt KASAM:s mening bör lagreglerna vara utformade på ett sådant sätt att regeringen inte är formellt förhindrad att i Sverige ge tillstånd för en anläggning för separation och transmutation *om*

det fortsatta utvecklingsarbetet tyder på att en sådan anläggning är önskvärd.

KASAM understryker att ett avskaffande av 6 § och en modifiering av 5a § ingalunda innebär att det skulle vara fritt fram för att uppföra och driva nya kärnkraftverk, eftersom sådan verksamhet under alla förhållanden kräver särskilt tillstånd av regeringen. De politiskt ansvariga organen förfogar redan över de verktyg som behövs för att genomföra den energipolitik som beslutas i demokratisk ordning.

11.4 Deponering i djupa borrhål

Slutsatser

Mot bakgrund av vad KASAM har anfört rörande redovisning av alternativa metoder (avsnitt 11.2) delar KASAM SKB:s uppfattning att det saknas tillräckliga skäl att genomföra det tidigare skisserade FUD-programmet för djupa borrhål. Liksom SKB anser KASAM att bolaget även i fortsättningen bör följa utvecklingen på området.

12 Rivning

12.1 Bakgrund

SKB framhåller att det är reaktornnehavarna som ansvarar för rivningen av kärnkraftverken. Detta ansvar omfattar bland annat samråd och framtagandet av tillståndsansökningar samt planering och genomförande av de egna anläggningarna. I SKB:s uppdrag, av reaktorägarna, ingår det att genomföra vissa generella studier för att säkerställa att behövlig teknik och kompetens finns tillgänglig samt att rivningskostnaderna utreds och beräknas.

12.2 Planering och resursbehov

Enligt KASAM:s uppfattning är området inte kontroversiellt ur teknisk/vetenskaplig synpunkt. Den utredningsverksamhet som SKB bedriver är enligt KASAM:s uppfattning rimlig.

KASAM vill dock fästa uppmärksamhet på några frågeställningar inom området. Även om rivningsteknik, kostnadsberäkningar med mera inte är kontroversiella frågor i sig så finns frågeställningar av stor betydelse för planering, genomförande, kompetensbevarande och kostnadsberäkningar som behöver uppmärksammas.

Till dessa frågor hör logistik och tidsschema i planeringen av rivningen. – Hur länge skall man vänta innan rivning sker? Vilka anläggningar behövs för eventuell mellanlagring, behandling och slutförvaring av rivningsavfallet? När ska dessa anläggningar fin-

nas tillgängliga? Hur sker samordning med programmet för slutförvaring av långlivat avfall och hur samordnas lokaliseringsprocessen för ett planerat slutförvar för långlivat avfall (som delvis kommer att utnyttjas för vissa typer av rivningsavfall) med lokaliseringsprocessen för det använda kärnbränslet? Hur tillgodoser man tillgången på kompetens för detta i tiden långt utdragna program?

Dessa frågor kan var och en påverka kostnader och fonderingsbehov. Frågorna belyses delvis i SKB:s program.

Slutsatser

KASAM understryker vikten av att rivningsfrågorna uppmärksammas samt ser positivt på den översyn av finansieringslagen som regeringen har aviserat och där dessa frågor till del kan komma att behandlas.

13 Annat långlivat avfall

13.1 Bakgrund

Enligt SKB:s nuvarande tidsplan blir det inte aktuellt att bestämma lokalisering av ett slutförvar för långlivat, låg- och medelaktivt avfall (SFL 3-5) förrän omkring år 2035. SKB anser sig därför inte ha någon tidspress för utveckling av kunskap om annat långlivat avfall (än använt kärnbränsle) och dess slutförvaring.

Långlivat avfall kommer från forskning, sjukvård och industri samt dessutom från olika delar av kärnkraftverken, till exempel i form av hårdkomponenter, reaktordelar etc. SKB anger den totala förväntade volymen av detta avfall, men inte fördelningen av de olika avfallstyperna. Eftersom avfall från de olika verksamheterna kan ha mycket olika egenskaper är det viktigt att avfallets sammansättning beaktas. KASAM vill framhålla betydelsen av att SKB noga karakteriserar och dokumenterar detta avfall och att dessa frågor uppmärksammas i SKB:s forskning.

13.2 Förvarsutformning och säkerhetsanalyser

Betong spelar en viktig roll i det föreslagna förvaret för annat långlivat avfall, och sålunda är betongens egenskaper i ett längre tidsperspektiv oerhört viktiga för säkerhetsanalysen, vilket SKB har uppmärksammat. KASAM konstaterar dock att de långtidsprov som SKB hänvisar till inte sträcker sig över längre tid än 90 år. SKB hänvisar även till vissa så kallade cementanalogier,

som kan ge stöd för att betongen kan behålla delar av sin barriärfunktion i långa tider. KASAM anser dock att det finns anledning att framhålla behovet av mer kunskap om betongens långsiktiga egenskaper i olika miljöer. Fundamenten i Ölandsbron samt andra byggnadsverk visar att betong inte alltid utgör ett hållbart material.

KASAM vill också framhålla behovet av utveckling av säkerhetsanalysen för slutförvaret för långlivat avfall. Även om SKB kan utnyttja erfarenheter både från säkerhetsanalysen för SFR (som i huvudsak innehåller relativt kortlivat driftavfall från kärnkraftverken) och säkerhetsanalysen för slutförvaret för använt kärnbränsle så har det långlivade avfallet, som här avses, och dess slutförvarssystem vissa särskilda egenskaper, som gör att en särskild säkerhetsanalytisk metodik behöver utvecklas. SKB anger i FUD-program 2001 att efter genomförandet av de platsundersökningar för slutförvaret för använt kärnbränsle som nu planeras, så bör tiden vara mogen för en ny säkerhetsanalys för slutförvaring av långlivat avfall (se översiktlig tidsplan i figur 17.1 i FUD-program 2001).

Slutsatser

Enligt KASAM:s bedömning är det viktigt att annat långlivat avfall (än använt kärnbränsle) karakteriseras och dokumenteras samt att långtidsegenskaperna för den betong som skall användas som konstruktionsmaterial i slutförvaret för sådant avfall utreds. Vidare behöver den säkerhetsanalytiska metodiken utvecklas för den speciella typ av avfall som det aktuella, långlivade avfallet utgör.

14 Behov av ett forskningsprogram kring kärnavfallsfrågorna med inriktning på samhällsvetenskap och humaniora

14.1 Bakgrund

KASAM konstaterar att SKB på senare tid, delvis på initiativ från förstudiekommunerna, har låtit ta fram ett antal rapporter kring ämnen som anknyter till de frågeställningar av samhällsvetenskaplig art som kärnavfallsfrågan rymmer. Kompletterande analyser av sysselsättning, näringsliv och besöksnäring har gjorts i flera förstudiekommuner. Efter de lokala folkomröstningarna i Storuman år 1995 och i Malå år 1997 publicerade SKB vetenskapliga studier om stämningen i respektive kommun. Under år 2001 färdigställdes bland annat studierna *Riskattityder och inställningen till djupförvar för använt kärnbränsle i fyra kommuner* (SKB-rapport R-01-54) och *Psykosociala effekter av ett djupförvar för använt kärnbränsle. Litteraturöversikt och intervjuer med Uppsalabor* (SKB-rapport R-02-13).

14.2 Motivering för programmet

KASAM har noterat att förstudiekommunerna i sina remissyttranden till SKI över FUD-program 2001 genomgående har fört fram önskemål om att SKB skall ägna väsentligt större uppmärksamhet än hittills åt kärnavfallsfrågans samhälls- och demokratiaspekter. Liknande påpekanden har gjorts av Uppsala universitet och Naturvårdsverket. Företrädare för SKB har, efter

det att FUD-program 2001 färdigställdes, i olika sammanhang nämnt att bolaget förbereder ett forskningsprogram med samhällsvetenskaplig inriktning och därvid hoppas kunna samverka med Linköpings universitet.

För egen del vill KASAM understryka att även om det teknisk-naturvetenskapliga forskningsprogrammet är centralt för SKB:s verksamhet, så sker genomförandet av ett sådant arbete inte isolerat från övrig samhällsutveckling. KASAM konstaterar att SKB:s lokala arbete kan komma att få betydelse för såväl lokala som regionala samhällsförhållanden. Det är därför viktigt att detta arbete sker i nära kontakt med utvecklingen på de socioekonomiska, juridiska och demokratiska arenorna.

Det finns ett flertal ämnesområden som bör uppmärksammas under det kommande arbetet med platsundersökningar och under ett senare detaljundersöknings- och byggnadsskede. Exempel på sådana frågeställningar är platsundersökningsskedets effekter på informations- och demokratikrav inklusive arbets- och beslutsprocesser på det politiska området. Andra exempel är eventuella effekter på lagstiftningsområdet, förändringar i regionala förhållanden med avseende på arbetsmarknad och kommunal ekonomi samt utveckling av opinioner lokalt och nationellt vad gäller det fortsatta arbetet med ett slutförvar. Inte minst kan det vara intressant att studera frågor om massmedias roll i opinionsbildningen.

Kunskaper om kommunernas och regionernas eventuella förändring på områden som rör demokrati- och beslutsprocesser samt ekonomi är väsentliga för arbetet lokalt men även för att förstå och dokumentera ett arbete som rör en nationell fråga.

Frågor som har ställts från kommunalt håll under den pågående platsvalsprocessen är bland annat följande: Vad händer när SKB anser sig ha slutfört sitt uppdrag och företaget avvecklas? Vem är ansvarig om oförutsedda komplikationer inträffar efter denna tidpunkt – kommunen, staten, Kärnavfallsfonden? Vad är den faktiska innebörden av bestämmelsen i 8a § finansieringslagen om att medel ur Kärnavfallsfonden under vissa villkor kan återbetalas till reaktorinnehavarna? Ett ingående stu-

dium av gällande lagstiftning och dess förarbeten ger visserligen svar på frågor av denna art. Men kunskapen är inte helt lättillgänglig och svaren är inte alltid så precisa som många önskar. Det kan finnas anledning för forskare med lämplig kompetens att belysa reglernas innebörd och eventuellt påvisa behov av ökad klarhet.

Vidare finns det skäl att fortsätta och vidareutveckla den diskussion kring etiska frågeställningar kring slutförvaringen som KASAM har drivit sedan sin tillkomst i mitten av 1980-talet och som senast var föremål för inträngande diskussioner vid det så kallade Anne-Marie Thunberg seminariet 3–5 maj 2001 (se rapporten *Kärnavfall – Nuets ansvar och kommande generationers frihet*, SOU 2001:108).

Det bör också framhållas att den kunskapsuppbyggande verksamheten i berörda kommuner och regioner bör fortsätta, även om den delvis kan ta andra inriktningar eller former. Information om och analys av opinionsläget och dess förändring är väsentlig för att upprätthålla beredskap för frågeställningar som bör beaktas i arbetet.

De frågor som berörts i det föregående har sin utgångspunkt i arbetet med att finna en lämplig plats för slutförvaret för använt kärnbränsle. KASAM vill understryka att frågor av denna art har relevans för arbetet med hela *slutförvarssystemet*. Detta arbete omfattar, utöver uppförande av slutförvaret för använt kärnbränsle, också uppförande av en inkapslingsanläggning och ett slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt kärnavfall samt utbyggnad av ett transportsystem.

Deponering av använt kärnbränsle och kärnavfall kommer enligt nuvarande planering att pågå fram till åtminstone 2050-talet. Det är högst sannolikt att det svenska samhället kommer att förändras i åtskilliga avseenden under denna tid. Ingen kan dock idag med säkerhet ange vilka dessa förändringar kommer att vara och hur förändringarna kan komma att påverka inställningen till de tekniska lösningar av kärnavfallsfrågorna som tas fram i vår tid. KASAM menar att detta konstaterande utgör ytterligare ett skäl för att nu komma igång med ett samhälls-

vetenskapligt forskningsprogram med särskild inriktning på kärnavfallsfrågan.

14.3 Organisatoriskt ansvar för genomförandet av programmet

Vissa praktiska motiv kan tala för att huvudmannskapet och finansieringsansvaret för ett på samhällsvetenskap och humaniora inriktat forskningsprogram kring kärnavfallsfrågorna skulle ligga hos SKB, det vill säga just den organisation som är väl förtrogen med frågans naturvetenskapliga och tekniska aspekter. Ett skäl skulle kunna vara att verksamheten behöver komma igång snabbt. Ett annat skäl skulle kunna vara att finansieringen ordnades på likartat sätt som gäller för SKB:s övriga forskning, det vill säga genom Kärnavfallsfonden. En förutsättning för att ett sådant forskningsprogram i SKB:s regi skulle ha trovärdighet gentemot vetenskapssamhället och allmänheten är sannolikt att de forskare som anlitas är knutna till etablerade forskningsinstitutioner, det vill säga har en från SKB fristående ställning. En annan förutsättning är sannolikt att det samtidigt finns ett system för kompetent granskning av forskningsresultaten. Man skulle kunna dra en parallell med uppläggnings- och utvecklingsverksamhet. Den forskningen utförs till största delen av forskare vid universitet och högskolor samt av forskare som är knutna till konsultfirmor. Verksamhetens kvalitet och inriktning granskas regelbundet av i första hand tillsynsmyndigheterna SKI och SSI samt av KASAM.

Det finns emellertid starka invändningar mot att SKB skulle ha huvudansvar i vårt land för beställning av samhällsvetenskapligt och humanistiskt inriktad forskning kring kärnavfallsfrågorna. KASAM menar visserligen att det är angeläget att SKB visar stor uppmärksamhet åt även andra aspekter på kärnavfallsfrågan än de rent tekniska och naturvetenskapliga. Men de frågeställningar inom samhällsvetenskap och humaniora som har be-

rörts i avsnitt 14.2 har inte på samma sätt som de tekniska och naturvetenskapliga frågeställningarna omedelbar relevans för SKB:s förmåga att fullgöra sin primära uppgift. Däremot finns det ett starkt nationellt intresse av att denna forskning kan komma till stånd, bland annat därför att den kan ge insikter som kan nyttiggöras i samband med att samhällsorganen måste ta ställning i andra komplexa frågor. Huvudansvaret för sådan forskning bör därför ligga på institutioner som är helt fristående från SKB.

En möjlighet kan vara att engagera de båda tillsynsmyndigheterna SKI och SSI i ett sådant samhällsvetenskapligt och humanistiskt inriktat forskningsprogram på kärnavfallsområdet. Båda myndigheterna har erfarenhet av forskningsadministration, även om denna forskning traditionellt har haft en stark inriktning på säkerhetsfrågor respektive på strålskydd.

En annan möjlighet är att, åtminstone inledningsvis, använda KASAM för denna uppgift.

KASAM är ett organ med stark förankring i vetenskaps-samhället. Bland ledamöterna har det alltid funnits företrädare för såväl naturvetenskap/teknik som humaniora/samhällsvetenskap. Denna tvärvetenskapliga sammansättning har haft en positiv inverkan på KASAM:s arbete både vid granskningen av SKB:s FUD-program och vid valet av ämnen för olika seminarier under de gångna åren. Resultatet är en allmänt ökad insikt om att frågorna om slutförvaring av kärnavfall måste ses ur ett helhetsperspektiv och att det inte enbart är en fråga om teknik och naturvetenskap.

KASAM har dessutom intrycket av att aktörerna på kärnavfallsområdet uppfattar KASAM som ett organ med hög integritet. Inte minst företrädare för förstudiekommunerna har i skilda sammanhang uttalat sitt allmänna förtroende både för KASAM:s hittillsvarande verksamhet på det naturvetenskapliga/tekniska området och för KASAM:s tvärvetenskapliga insatser när det gäller att föra in etiska och andra "mjuka" aspekter i debatten kring kärnavfallsfrågorna.

I det följande skisseras en möjlig modell för att engagera KASAM i förverkligandet av ett forskningsprogram, inriktat på samhällsvetenskap och humaniora, kring slutförvaringen av kärnavfall. I KASAM ingår för närvarande högt kvalificerade vetenskapsmän med inriktning på områdena sociologi/psykologi samt etik. För att fullgöra de nedan skisserade uppgifterna kan KASAM behöva ha tillgång till expertis även inom sådana områden som till exempel ekonomi, juridik, kulturhistoria och statsvetenskap.

Modellen är uppbyggd kring två etapper.

Under en inledande etapp ger regeringen KASAM i uppdrag att definiera angelägna forskningsuppgifter inom humaniora och samhällsvetenskap med relevans för slutförvaringen av kärnavfall. Detta arbete skall självfallet ske oberoende av SKB. Uppgiften fordrar ett stort engagemang såväl av närmast berörda KASAM-ledamöter, som av KASAM:s naturvetenskapliga och tekniska expertis för att belysa relevansen i frågeställningarna. Ledamöterna kan dessutom behöva samråda med olika organ inom forskarvärlden. För att kunna biträda i dessa frågor behöver sannolikt KASAM:s sekretariat förstärkas med en person med forskarbakgrund. KASAM bedömer att denna inledande etapp tar 6–12 månader att genomföra. En förutsättning för att påbörja arbetet måste vara att det har klarlagts att forskningsmedel kommer att ställas till förfogande och den ungefärliga storleken av beloppet. KASAM är berett att inom ett år efter det att uppdraget har beslutats överlämna en redogörelse till regeringen för resultatet av denna inledande etapp.

I en andra etapp identifierar KASAM – efter samråd med lämpliga organ inom forskarvärlden – väl meriterade forskare som tillfrågas om sitt intresse att engagera sig för de forskningsuppgifter som identifierats under den inledande etappen. KASAM uppdrar därefter åt forskare att genomföra projekt som KASAM betraktar som särskilt angelägna, tillhandahåller finansiering samt kommer överens om hur resultaten skall redovisas. Viss ersättning måste kunna utgå till de KASAM-ledamöter som engageras i planerings- och granskningsuppgifter. Naturligtvis är

KASAM under denna etapp inte bundet enbart till de forskningsuppgifter som definierats under den inledande etappen; det kan förutsättas att nya forskningsbehov kommer fram successivt. För att verksamheten skall kunna hållas samman behöver KASAM en sekretariatsresurs med liknande bakgrund som under den inledande etappen.

14.4 Kostnader och finansiering

Vilka ekonomiska resurser skulle då behövas för denna samhällsvetenskapligt inriktade forskning kring slutförvaringen? – KASAM anser att en rimlig nivå, efter en successiv uppbyggnadsperiod under 2–3 år, är storleksordningen 10 miljoner kronor per år. Denna nivå bör behållas under platsundersökningsskedet, det vill säga fram till den tidpunkt när SKB erhåller tillstånd enligt miljöbalken och kärntekniklagen att påbörja arbetet med en slutförvarsanläggning. Vid denna tidpunkt finns det anledning att överväga om programmet bör fortsättas med samma eller med ändrad inriktning eller om det bör avslutas.

Finansieringen bör ske genom att regeringen ställer medel från Kärnavfallsfonden till KASAM:s förfogande.

Beloppets storlek bör ses i relation till vad både SKB och tillsynsmyndigheterna SKI och SSI för närvarande satsar på forskning med i huvudsak teknisk och naturvetenskaplig inriktning. SKB:s kostnader för säkerhetsanalys och forskning kring långsiktiga processer beräknas komma att ligga på nivån 70 miljoner kronor per år under platsundersökningsskedet (i beloppet ingår inte kostnader för utveckling av teknik i Äspölaboratoriet och i kapsellaboratoriet). SKI har innevarande budgetår ett forskningsanslag om cirka 71 miljoner kronor, av vilka drygt 13 miljoner kronor används för området Kärnavfallssäkerhet. SSI:s kärnavfallsrelaterade forskning ligger på en väsentligt lägre nivå, cirka 3 miljoner kronor. Nästan all kärnavfallsrelaterad forskning i de båda myndigheternas regi avser tekniskt och naturvetenskapligt inriktade projekt.

De största satsningarna på projekt utanför det teknisk-naturvetenskapliga fackområdet gäller området Riskkommunikation, där SKI för år 2002 har avsatt drygt 0,6 miljoner kronor och SSI cirka 0,4 miljoner kronor.

Sammanlagt satsar alltså SKB och de kärntekniska fackmyndigheterna varje år cirka 85 miljoner kronor på kärnavfallsrelaterad forskning med teknisk och naturvetenskaplig inriktning och cirka 1 miljon kronor per år på forskning med inriktning humanistiska och samhällsvetenskapliga frågeställningar.

En satsning om 10 miljoner kronor per år på ett forskningsprogram, inriktat på samhällsvetenskap och humaniora, under de närmaste åren bör också ses i relation till vilka belopp som har utbetalats från Kärnavfallsfonden som ersättningar till förstudiekommuner för deras informationsarbete och kunskapsuppbbyggnad. Dessa utbetalningar har under den senaste femårsperioden (1997–2001) uppgått till sammanlagt cirka 53 miljoner kronor. Ersättningarna har i praktiken varit en förutsättning för kommuninvånarnas engagemang och aktiva deltagande i den hittillsvarande platsvalsprocessen. Beloppet bör enligt KASAM:s mening betraktas som en del av samhällets kostnader för en demokratiskt genomförd process, byggd på kunskap och engagemang.

14.5 Slutsatser

KASAM pekar på behovet av att nu komma igång med ett forskningsprogram kring kärnavfallsfrågorna med inriktning på samhällsvetenskap och humaniora. En möjlighet är att regeringen inledningsvis uppdrar åt KASAM att definiera forskningsbehoven och att ansvara för genomförandet av ett sådant forskningsprogram. Arbetet bör bedrivas i två etapper.

Under en inledande etapp ger regeringen KASAM i uppdrag att definiera angelägna forskningsuppgifter inom humaniora och samhällsvetenskap med relevans för slutförvaringen av kärn-

avfall. Detta arbete skall självfallet ske oberoende av SKB. Uppgiften fordrar ett stort engagemang såväl av närmast berörda KASAM-ledamöter, som av KASAM:s naturvetenskapliga och tekniska expertis för att tvärvetenskapligt belysa relevansen i frågeställningarna. Ledamöterna kan dessutom behöva samråda med olika organ inom forskarvärlden. För att kunna biträda i dessa frågor behöver sannolikt KASAM:s sekretariat förstärkas med en person med forskarbakgrund. KASAM bedömer att denna inledande etapp tar 6–12 månader att genomföra. En förutsättning för att påbörja arbetet måste vara att det har klarlagts att forskningsmedel kommer att ställas till förfogande och den ungefärliga storleken av beloppet. KASAM är berett att inom ett år efter det att uppdraget har beslutats överlämna en redogörelse till regeringen för resultatet av denna inledande etapp.

I en andra etapp identifierar KASAM – efter samråd med lämpliga organ inom forskarvärlden – väl meriterade forskare som tillfrågas om sitt intresse att engagera sig för de forskningsuppgifter som identifierats under den inledande etappen. KASAM uppdrar därefter åt forskare att genomföra projekt som KASAM betraktar som särskilt angelägna, tillhandahåller finansiering samt kommer överens om hur resultaten skall redovisas.

Viss ersättning måste kunna utgå till de KASAM-ledamöter som engageras i planerings- och granskningsuppgifter. Naturligtvis är KASAM under denna etapp inte bundet enbart till de forskningsuppgifter som definierats under den inledande etappen; det kan förutsättas att nya forskningsbehov kommer fram successivt. För att verksamheten skall kunna hållas samman behöver KASAM en sekretariatsresurs med liknande bakgrund som under den inledande etappen.

KASAM anser att en rimlig ekonomisk nivå på detta samhällsvetenskapligt inriktade forskningsprogram kring kärnavfallsfrågorna är storleksordningen 10 miljoner kronor per år. Denna nivå bör uppnås efter en successiv uppbyggnad under 2–3 år och behållas under platsundersökningsskedet, det vill säga fram till den tidpunkt när SKB erhåller tillstånd enligt miljö-

balken och kärntekniklagen att påbörja arbetet med en slutförvarsanläggning. Vid denna tidpunkt finns det anledning att överväga om programmet bör fortsättas med samma eller med ändrad inriktning eller om det bör avslutas.

Finansieringen bör ske genom att regeringen ställer medel från Kärnavfallsfonden till KASAM:s förfogande.

Baksidestext:

KASAM – Statens råd för kärnavfallsfrågor – inrättades år 1985 och är en fristående vetenskaplig kommitté inom Miljödepartementet med uppgift att utreda frågor om kärnavfall och avställning av kärntekniska anläggningar samt att lämna regeringen och vissa myndigheter råd i dessa frågor.

Ledamöterna – som är kvalificerade vetenskapsmän från svenska och nordiska universitet och högskolor – representerar oberoende sakkunskap inom olika områden av betydelse för slutförvaringen av radioaktivt avfall, inte enbart inom teknik och naturvetenskap utan också inom ämnen som etik, psykologi och samhällsvetenskap.

Det åligger KASAM att vart tredje år, i ett särskilt betänkande, redovisa sin självständiga bedömning av kunskapsläget på kärnavfallsområdet.

En annan viktig del av KASAM:s verksamhet är att erbjuda ett forum för oliktankande och för sakkunniga inom och utom landet att diskutera kärnavfall och därmed anknutna frågor. Ett antal seminarier har hållits genom åren.

I KASAM:s uppdrag ingår också att redovisa sin självständiga bedömning av det program för forsknings- och utvecklingsverksamhet – om bland annat slutförvaring av använt kärnbränsle – som de svenska kärnkraftföretagen upprättar vart tredje år. Föreliggande rapport utgör KASAM:s yttrande till regeringen över Svensk Kärnbränslehantering AB:s FUD-program 2001 – program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall.

KASAM, Miljödepartementet, 103 33 STOCKHOLM