

Slutförvaring av kärnavfall

Kärnavfallsrådets yttrande över SKB:s Fud-program 2007



Slutförvaring av kärnavfall

Kärnavfallsrådets yttrande över SKB:s Fud-program 2007

Betänkande av Statens råd för kärnavfallsfrågor

Stockholm 2008



STATENS OFFENTLIGA
UTREDNINGAR

SOU 2008:70

SOU och Ds kan köpas från Fritzes kundtjänst. För remissutsändningar av SOU och Ds svarar Fritzes Offentliga Publikationer på uppdrag av Regeringskansliets förvaltningsavdelning.

Beställningsadress:
Fritzes kundtjänst
106 47 Stockholm
Orderfax: 08-690 91 91
Ordertel: 08-690 91 90
E-post: order.fritzes@nj.se
Internet: www.fritzes.se

Svara på remiss. Hur och varför. Statsrådsberedningen, 2003.

– En liten broschyr som underlättar arbetet för den som ska svara på remiss.
Broschyren är gratis och kan laddas ner eller beställas på
<http://www.regeringen.se/remiss>

Foto/omslagsbild: Pix Gallery/Hans Wretling

Tryckt av Edita Sverige AB

Stockholm 2008

ISBN 978-91-38-23022-0
ISSN 0375-250X

Till statsrådet och chefen för Miljödepartementet

Kärnavfallsrådets yttrande över Svensk Kärnbränslehantering AB:s Fud-program 2007 – program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall

En av uppgifterna för Kärnavfallsrådet (Statens råd för kärnavfallsfrågor) är (se Dir. 1992:72) att till regeringen redovisa sin självständiga bedömning av det s.k. Fud-programmet (forsknings-, utvecklings- och demonstrationsprogram), som de svenska kärnkraftföretagen genom Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) ska redovisa vart tredje år. Detta program ska enligt lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet avse den allsidiga forskning och övriga åtgärder som behövs för att hantera och slutförvara kärnavfall på ett säkert sätt samt för att avveckla och riva kärnkraftverken.

Fud-program 2007 omfattar SKB:s planer för perioden 2008-2013 inklusive en mer detaljerad redovisning av de frågor, som kommer att behandlas till år 2010. SKB avser att under år 2010 lämna in ansökningar enligt miljöbalken (1998:808) och kärntekniklagen för ett slutförvar för använt kärnbränsle.

Denna rapport utgör Kärnavfallsrådets yttrande till regeringen över Fud-program 2007. Kärnavfallsrådets bedömning är att reaktorinnehavarna, genom SKB:s Fud-program 2007, har uppfyllt kraven i 12 § kärntekniklagen. Rådet har dock i sin granskning identifierat ett antal frågeställningar och brister som vi redovisar i rapporten.

Bakom Kärnavfallsrådets granskning står samtliga ledamöter, sakkunnige Hannu Hänninen, kanslichef Björn Hedberg samt sekreterare Eva Simic. Dessutom har följande personer bidragit i granskningsarbetet: Sören Mattsson (biosfär), Per Möller (klimatutveckling), Pekka Särkkä (bergbyggnad och geoteknik), Sören Norrby och Olof Söderberg.

Stockholm i juni 2008

Kärnavfallsrådet – Statens råd för kärnavfallsfrågor

Torsten Carlsson

Lena Andersson-Skog

Yvonne Brandberg

Carl Reinhold Bråkenhielm

Willis Forsling

Tuija Hilding-Rydevik

Gert Knutsson

Inga-Britt Lindblad

Clas-Otto Wene

*/Björn Hedberg,
Eva Simic*

Innehåll

1	Kärnavfallsrådets sammanfattande bedömning	9
1.1	Övergripande bedömning.....	9
1.2	Frågeställningar av särskild betydelse	9
1.3	Övriga slutsatser	11
2	Utgångspunkter för Kärnavfallsrådets granskning av Fud-program 2007	17
3	Systemanalys	19
3.1	Bakgrund	19
3.2	Systemanalysen – process och produkt	20
3.3	Kärnavfallsrådets slutsatser	23
4	Redovisning av alternativa metoder	25
4.1	Strategiska metodval	25
4.2	KBS-3H	29
4.3	Kärnavfallsrådets slutsatser	30
5	Platsvalet	31
5.1	Återkoppling från platsundersökningarna till Fud- arbetet	31

5.2	Samlad utvärdering och platsval	32
5.3	Kärnavfallsrådets slutsatser	33
6	Säkerhetsanalysen	35
6.1	Bakgrund	35
6.2	Säkerhetsanalysens olika roller	36
6.3	Helheten och detaljerna	40
6.4	Kopplingen mellan säkerhetsanalys och naturvetenskaplig/teknisk forskning	44
6.5	Kärnavfallsrådets slutsatser	47
7	Kapsel	49
7.1	Kapseltillverkning	49
7.2	Kapselns långtidsegenskaper	54
7.3	Kärnavfallsrådets slutsatser	57
8	Buffert	59
8.1	Kvalitetskontroll med avseende på bentonitkvalitet i slutförvaret	59
8.2	Några synpunkter på SKB:s forskningsprogram med avseende på buffert	61
8.3	Kärnavfallsrådets slutsatser	66
9	Återfyllning och förslutning	67
9.1	Återfyllning av deponeringstunnlar	67
9.2	Förslutning – Återfyllning av andra utrymmen än deponeringstunnlar	70
9.3	Kärnavfallsrådets slutsatser	71

10 Geosfär	73
10.1 Bergbyggnadsteknik	73
10.2 Geosfären	78
10.3 Kärnavfallsrådets slutsatser	86
11 Biosfär	87
11.1 Bakgrund	87
11.2 Kärnavfallsrådets överväganden och bedömning	88
11.3 Kärnavfallsrådets slutsatser	92
12 Klimatutveckling	93
12.1 Inlandsisdynamik och glacial hydrologi	93
12.2 Isostatiska förändringar och strandlinjeförskjutning	94
12.3 Permafrosttillväxt	94
12.4 Klimat och klimatvariationer	95
12.5 Kärnavfallsrådets slutsatser	95
13 Återtag	97
14 Samhällsvetenskaplig forskning	99
14.1 SKB:s samhällsforskningsprogram	99
14.2 Kärnavfallsrådets synpunkter	100
14.3 Kärnavfallsrådets slutsatser	105
15 LOMA och rivning	107
15.1 Bakgrund	107
15.2 Kärnavfallsrådets överväganden	108
15.3 Kärnavfallsrådets slutsatser	109

Bilagor

Bilaga 1	Det svenska kärnavfallsprogrammet	111
Bilaga 2	Beskrivning av buffertens kemiska sammansättning	119
Bilaga 3	Sorption och ytkemiska reaktioner i bufferten	123
Bilaga 4	En systemanalytisk betraktelse av säkerhetsanalysen.....	129

1 Kärnavfallsrådets sammanfattande bedömning

1.1 Övergripande bedömning

Kärnavfallsrådet anser att Fud-program 2007 uppfyller de krav som föreskrivs i kärntekniklagen. Rådet har dock i sin granskning identifierat ett antal frågeställningar och brister som rådet särskilt vill betona och som redovisas i avsnitt 1.2 och 1.3.

SKB:s ansökningar enligt kärntekniklagen och miljöbalken om slutförvaret för använt kärnbränsle är planerad till mitten av 2010, dvs. några månader innan SKB överlämnar Fud-program 2010. Utgående från granskningen av Fud-program 2007 är det Kärnavfallsrådets bedömning att det återstår en hel del forskning och utveckling för att SKB ska kunna lämna in kompletta ansökningar enligt kärntekniklagen och miljöbalken.

1.2 Frågeställningar av särskild betydelse

Oklarheter avseende buffert, återfyllnad och förslutning

Kärnavfallsrådet anser att det finns många oklarheter avseende buffert, återfyllnad och förslutning i detta skede i SKB:s program.

- De viktigaste egenskaperna hos materialet i bufferten bör specificeras och gränsvärden med avseende på t.ex. svällningspotential, retentionsförmåga för radionuklider, kemisk stabilitet, hydraulisk diffusion, motståndskraft mot erosion samt halt av föroreningar (oorganiska såväl som organiska) bör fastställas.
- Mekanisk hållfasthet och kemisk stabilitet för kompakterade komponenter i bufferten ska säkerställas.

- Transportmodeller för de viktigaste radioaktiva isotoperna (med positiv och negativ laddning) genom bentoniten bör upprättas.
- Det slutliga valet av material och metod för återfyllning måste vara klart senast i samband med att ansökan om att anlägga ett slutförvar lämnas in. SKB måste även kunna visa att buffert och återfyllning kan uppfylla de initialtillstånd som säkerhetsanalysen utgår ifrån.
- Gränstorna mellan återfyllningen och bufferten respektive berget kräver särskilda forskningsinsatser.
- SKB behöver överväga de problem som kan uppstå under den förväntade klimatförändringen (på grund av växthuseffekten), t.ex. högre nivåer och flöden av grundvatten samt förändrad vattenkemi och högre havsnivå, sannolikt redan under byggtiden.
- Den slutliga utformningen av förslutningen ska bestämmas av bergets egenskaper med avseende på t.ex. sprickor på olika djup och salthalt. Detta förutsätter dock kunskap om vilka egenskaper olika materialval – och blandningar av material - har och hur dessa kan samverka på bästa sätt.

Rådet vill understryka vikten av att dessa oklarheter är utredda inför kommande ansökan.

Platsvalet

Kärnavfallsrådet betonar vikten av att SKB tydligt redogör för de bedömningar som ligger till grund för platsvalet. Eftersom den långsiktiga säkerheten är den viktigaste faktorn i platsvalet anser rådet att den säkerhetsargumentation som ligger till grund för valet av plats måste utgå ifrån två omfattande säkerhetsanalyser (dvs. två SR-Site) – en för Forsmark och en för Laxemar. Rådet vill därmed betona vikten av att en vetenskapligt korrekt jämförelse görs mellan platserna inför det kommande platsvalet.

Rådet finner det besvärande att hittills utförda, lyckade bergspänningsmätningar i Forsmark är få och osäkra på planerat förvarsdjup. De långtgående slutsatser, som dras av resultaten, kan påverka såväl platsvalet som konstruktionen och byggandet samt på längre sikt också beständigheten av förvaret. Rådet anser det därför nödvändigt att kunskaperna om bergspänningarna, framför allt på planerat förvarsdjup i Forsmark, avsevärt förbättras innan slutligt

val av plats görs. Enligt SKB finns dock ännu inte publicerade resultat som eventuellt kan klarlägga vissa osäkerheter.

Ett samlat program för långtidsobservationer av försvarsområdet och dess omgivande miljö måste presenteras – och snarast genomföras – dels för tidsperioden före och under byggskedet, dels för perioden efter förslutningen.

Säkerhetsanalysen

SKB:s säkerhetsanalyser ska visa att föreslaget slutförvarssystem uppfyller myndigheternas krav på långsiktig säkerhet. Kärnavfallsrådet vill även betona säkerhetsanalysens interna roll inom SKB som verktyg dels för att följa upp förvarets säkerhet under uppförande och drift dels för att ge riktlinjer för teknikutveckling och forskning.

SKB behöver därför säkerställa och visa att återkopplingar och informationsöverföring mellan olika delar av SKB:s organisation fungerar, t.ex. avseende den återkoppling som görs från säkerhetsanalys till forskningsprogram, program för detaljerade undersökningar och teknikutveckling.

1.3 Övriga slutsatser

Systemanalys

- Ett viktigt syfte med en systemanalys är att beskriva och motivera vilka parametrar som kan eller bör hållas öppna för modifiering och förbättring (dvs. vilken flexibilitet som bör finnas och kan accepteras i SKB:s program), och när i tiden beslut om precisering ska tas. Ett exempel är i vilken grad de viktigaste egenskaperna hos materialet i bufferten ska vara specificerade vid ansökningstillfället. Ett annat exempel är hur en eventuell övergång från KBS-3V-konceptet till KBS-3H-konceptet kan ske i framtiden.
- Kärnavfallsrådet bedömer att systemanalytisk metodik är värdefull som del i en lärprocess som styrs av intressenterna och som innebär analys från nya infallsvinklar och anpassning av systemgränsen i dialog med centrala aktörer.

Redovisning av alternativa metoder och utformningar

- Kärnavfallsrådet anser att det har stor betydelse för tilltron till SKB:s arbete att en samlad och klargörande redogörelse utarbetas kring alternativa metoder för slutförvaring av använt kärnbränsle. SKB bör presentera en sådan redogörelse senast i samband med att bolaget ansöker om tillstånd enligt kärntekniklagen och miljöbalken. Kärnavfallsrådet anser att SKB i en sådan redogörelse tydligt ska motivera sina ställningstaganden avseende konceptet djupa borrhål. SKB bör i detta sammanhang även tydliggöra sina planer för KBS-3 med horisontell deponering (KBS-3H).

Kapsel

- Material och gjutningsprocess för segjärnsinsatsen måste optimeras så att specificerade krav kan uppfyllas. Annars måste någon annan typ av material användas.
- För att garantera tillförlitligheten under hela kapseltillverkningen och slutförvarsperioden måste kvalitetskrav med avseende på tillverkningsdefekter i kapselns alla delar, inklusive svetsar, utvecklas. Dessa kriterier bör beakta materialstruktur, materialegenskaper och defekter såväl i kopparhöljet som i gjutjärnsinsatsen. Kvalitetskraven måste verifieras med metoder för förstörande provning (OFP).
- Fortsatta korrosionsstudier erfordras inom olika områden: accelererade långtidsförsök för spänningskorrosion, allmän korrosion i klorid- och sulfidhaltiga vatten med bentonit, och mikrobiell korrosion.
- Fortsatta korrosionsstudier erfordras inom olika områden: accelererade långtidsförsök för spänningskorrosion, allmän korrosion i klorid- och sulfidhaltiga vatten med bentonit, och mikrobiell korrosion samt eventuell korrosion i syrefritt vatten.

Geosfär

- Förbättrade kunskaper om bergspänningar på planerat förvaringsdjup i Forsmark är nödvändiga. Generella studier bör genomföras avseende vilken effekt rådande och förändrade bergspänningar kan ha på vattengenomsläppligheten i sprickor i

olika riktningar och därmed konsekvenserna för detaljdesignen av förvaret. Dessutom bör mätningar av eventuella berggrörelser i såväl Forsmark som Oskarshamn fortsätta en period under behandlingen av platsansökan och sedan på den utvalda platsen en längre tid vid byggande och drift av förvaret.

- Ytterligare FoU om injektering för tätning av sprickor är nödvändig. En tidplan för olika moment i detta FoU-program bör redovisas.
- Bättre redovisning av den s.k. störda zonens utbredning och egenskaper vid försiktig sprängning bör göras liksom en motivering varför fullortsborrning övergivits.
- Ytterligare aspekter om förändringar vid öppet förvar bör utredas såsom förändringar i grundvattenkemin, "kortslutning", dvs. sammankoppling av olika grundvattenförande zoner samt ändrade bergspänningsförhållanden.
- De ändrade hydrologiska, hydrogeologiska och hydrokemiska förhållandena vid en förväntad klimatförändring bör modelleras. Fortsatt modellering av transport och hydrokemi i det ytnära grundvattnet och i övergångszonen mellan geosfär och biosfär bör genomföras med beaktande av olika klimatscenarier.

Biosfär

- SKB måste tydligare belysa hur resultaten av biosfärläroarbetet integreras i säkerhetsanalysen och MKB-processen och vilken betydelse biosfären kommer att få för lokaliseringen.
- SKB bör ta fram känslighetsanalyser av modelleringsresultaten beträffande biosfären.
- SKB bör ta fram ett program för modellering av förhållandena vid en förväntad klimatförändring.

Klimatutveckling

- SKB:s klimatforskning bör utvecklas efter tre olika tidsskalor: de närmaste 100 åren, de efterföljande 1 000 åren och de därpå kommande 100 000 åren.
- De erhållna resultaten måste beaktas i planering, projektering och byggande av slutförvaret. Som påpekats på skilda ställen i

remissyttrandet (se kapitlen 9, 10 och 12) har inte alltid hänsyn tagits till den nya kunskapen om klimatförändringarna.

Återtag

- SKB:s ambitionsnivå för att belysa möjligheter och risker med återtag är tillräcklig.

Samhällsforskning

- Samhällsforskningsprogrammet bör kompletteras med studier av framtida ekonomiska konsekvenser av kärnavfallsfrågans hantering, främst ekonomiska kostnads-nyttoanalyser. Detta behövs bl.a. för att bedöma den samhälleliga resursåtgången för alternativa lösningar.
- Forskningsprojekt angående omvärldsförändringar och säkerhetskultur (för precisering se punkt 2 i avsnitt 14.2.4) bedömer vi vara ett mycket angeläget forskningsfält eftersom sådan forskning kan bidra till att belysa den sociala barriären för säkerheten i slutförvarslösningen.
- SKB:s samhällsforskningsprogram bör fortsätta efter att ansökan lämnats in 2010 och utvecklas på liknande sätt som Fud-programmet för naturvetenskap och teknik.

LOMA och rivning

- SKB bör precisera och motivera när rivningen av olika anläggningar ska ske. Önskemålet om tidig rivning kan ställas mot behovet av att ha slutförvar färdiga att ta emot rivningsavfall innan rivningsarbetet inleds. Kärnavfallsrådet anser därför att det finns ett behov av en systemanalys omfattande alla de anläggningar och verksamheter som inryms i SKB:s redovisning av LOMA och rivning.
- Frågor om beslutsprocessen för rivning och omhändertagande av avfallet behöver utredas. Behovet av miljökonsekvensbedömningar av rivning av kärnkraftverken bör belysas. Innebörden av gällande EU-direktiv och bestämmelser i miljöbalken behöver klarläggas inför rivning av kärnkraftverk

- Kärnavfallsrådet vill betona vikten av en transparent beslutsprocess avseende avställning och rivning där kommunerna inbjuds att delta i dialogen

2 Utgångspunkter för Kärnavfallsrådets granskning av Fud-program 2007

Samhällets krav på en säker hantering och slutförvaring av i första hand använt kärnbränsle samt rivning av de kärntekniska anläggningarna har kommit till uttryck främst i 1984 års kärntekniklag, i SKI:s och SSI:s föreskrifter samt i miljöbalken. (En allmän beskrivning av det svenska kärnavfallsprogrammet finns i bilaga 1.)

Den granskning av SKB:s Fud-program 2007 som Kärnavfallsrådet nu presenterar innebär en bedömning av om Fud-program 2007 uppfyller de krav som föreskrivs i kärntekniklagen. Rådet tar också ställning till om SKB:s beskrivning av utfört, pågående och planerat arbete med forskning, utveckling och demonstration verkar övertygande, liksom om detta arbete har förutsättningar att leda fram till att samhällets krav på i första hand en säker slutförvaring av det högaktiva avfallet (det använda kärnbränslet) från det svenska kärnkraftsprogrammet kan tillgodoses.

SKB planerar att i mitten av år 2010 ansöka om tillstånd enligt kärntekniklagen och miljöbalken för ett system för slutförvaring av det använda kärnbränslet. Dessa ansökningar kommer att avse ett slutförvar enligt KBS-3-metoden och att detta slutförvar förutsätts bli lokaliserat till en av de två platser som nu har undersökts, alltså nära Forsmarks kärnkraftverk eller vid Laxemar ett par km från Oskarshamns kärnkraftverk. SKB utgår vidare från att nuvarande ordning med Fud-program vart tredje år behålls.

Kärnavfallsrådet konstaterar att Fud-program 2007 alltså är det sista Fud-programmet innan SKB lämnar in sina ansökningar. Rådet har haft detta som en utgångspunkt i sin granskning och fokuserar sin granskning på de frågeställningar som bedöms vara mest kritiska i detta skede.

Ett viktigt led i förberedelserna utgörs av den genomlysning av olika frågeställningar som rådet har genomfört under senare år. Här syftas i första hand på följande seminarier och utfrågningar:

- Kärnavfall – Vilka alternativ för metod och plats för redovisas? (Februari 2006, se Rapport 2006:1).
- Slutförvaring av använt kärnbränsle – Regelsystem och olika aktörers roller under beslutsprocessen (November 2006, se Rapport 2007:1).
- Djupa borrhål – Ett alternativ för slutförvaring av använt kärnbränsle? (mars 2007, se Rapport 2007:6).
- Rivning av nedlagda kärntekniska anläggningar (december 2007, se Rapport 2008:1).
- Systemanalys för slutförvaring av kärnavfall (april 2008, Rapport 2008:2, utges senare i år).
- Platsval för slutförvar av kärnavfall – på vilka grunder? (juni 2008, Rapport 2008:3, utges senare i år).

3 Systemanalys

3.1 Bakgrund

Regeringen, myndigheterna (SKI och SSI) och Oskarshamns kommun har genom åren ställt krav på SKB avseende systemanalys. SKB å sin sida har vid ett flertal tillfällen redovisat systemanalyser, både på en övergripande nivå avseende val av strategi för hantering av det använda kärnbränslet (t.ex. SKB rapport R-00-32) och på en mer detaljerad nivå avseende KBS-3-metoden (t.ex. SKB rapport R-00-29 och R-06-117).

I beslutet om Fud-program 2005 formulerade regeringen kravet att SKB "i sitt fortsatta forsknings- och utvecklingsarbete ska genomföra en systemanalys av hela slutförvarssystemet (inkapslingsanläggning, transporter och slutförvar). Denna systemanalys ska medge en samlad säkerhetsbedömning av hela slutförvarssystemet inklusive hur principer för säkerhet och strålskydd praktiskt ska tillämpas i säkerhetsanalyser."

Myndigheterna har i samband med ett flertal Fud-granskningar framfört att SKB på ett systematiskt sätt måste redovisa sitt metodval, alternativa lösningar, olika detaljutformningar av det sökta alternativet samt kopplingen mellan systemets olika delar. Myndigheterna har också efterfrågat en koppling mellan systemanalys och analys av den långsiktiga säkerheten.

Oskarshamns kommun ställde inför start av platsundersökningarna 13 villkor i ett beslut i kommunfullmäktige den 11 mars 2002. Ett av dessa gäller systemanalys och lyder: "SKB:s systemanalys har ännu inte levt upp till myndigheternas krav och kommunens förväntningar, eftersom den mer har varit en redovisning av systemets olika delar än en verklig analys av helheten. För Oskarshamn måste SKB:s kommande redovisningar omfatta ett helt slutförvarssystem

med Clab, inkapsling, transporter och slutförvar, med alla kopplingar dem emellan”.

I dagsläget är dock myndigheterna och SKB eniga om att en separat systemredovisning inte är nödvändig eftersom myndigheternas krav nu finns formulerade i föreskrifter och allmänna råd (se minnesanteckningar från myndigheternas samråd med SKB om system- och säkerhetsanalys, 2007-05-11).

Kärnavfallsrådet konstaterar att SKB valt att inte diskutera systemanalys i Fud-program 2007. Rådet anser dock att det hade varit lämpligt att i Fud-sammanhang motivera varför systemanalysen inte längre behövs så att regeringen kan ta ställning till om det krav man ställde i beslutet avseende Fud-program 95 är uppfyllt.

3.2 Systemanalysen – process och produkt

För att bl.a. få en klarhet i systemanalysens eventuella roll i samband med SKB:s kommande tillståndsansökningar genomförde Kärnavfallsrådet under våren en utfrågning om systemanalysens roll¹. Kärnavfallsrådets bedömning är att en systemanalys (avseende ett slutförvarssystem för kärnavfall) bör ses som en process såväl som en produkt:

Om en aktör (t.ex. regeringen, en berörd myndighet eller kommun, eller SKB självt) vill få ut något specifikt av en systematisk analys av ett slutförvarssystem, behöver en dialog föras om *vilket system eller delsystem* som ska redovisas, och med *vilket eller vilka syften* (t.ex. kostnadsanalys, materialflöden, kommunalt perspektiv, strålskyddskrav etc.). Detta ställer naturligtvis krav på att respektive aktör kan precisera sina avgränsningar och förväntningar på redovisningen på ett tydligt sätt.

Systemanalysen kan således ses som en process som pågår kontinuerligt under hela slutförvarsprogrammet. Verksamheten kan periodvis gå på sparlåga, men en beredskap måste finnas att aktivera processen om någon eller några aktörer aktualiserar nya relevanta frågor. Vid detta tillfälle är målet för systemanalysen att ta fram en produkt, som föreslår lösningar till de nya frågorna. Det vore naivt att tro att systemgräns och syfte skulle kunna fastställas en gång för alla. Istället bör systemanalysen ses som en värdefull

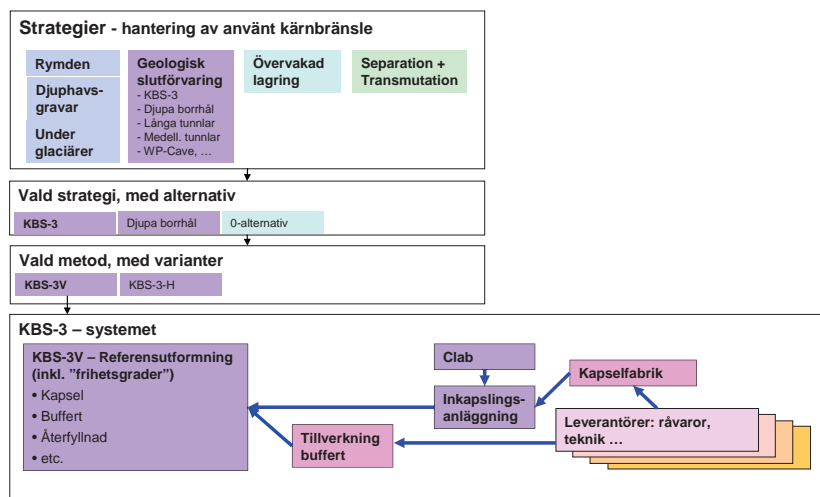
¹ Utfrågning den 24 april 2008 om systemanalys för slutförvaring av kärnavfall, Näringslivets Hus, Stockholm

del i en lärprocess som styrs av intressenterna och som innebär analys från nya infallsvinklar och anpassning av systemgränsen i dialog med centrala aktörer.

Systemanalysen som process² kan beskrivas som en "Intressentmodell" eller "Blomstermodell". Systemets intressenter är grupperade som kronbladen i en blomma omkring analysen av det aktuella systemet. En stor del av intressenternas respektive system ligger utanför den aktuella systemgränsen. Nya intressenter/aktörer och verksamheter utanför systemet aktualiserar nya frågor som kräver revidering av systemgränsen och analys från nya infallsvinklar. I detta synsätt är Systemanalysen en lärprocess som styrs av intressenterna och drivs framåt av det som ligger utanför systemet.

Figur 3.1 ger en översiktlig och förenklad beskrivning av en process för val av strategi (med alternativ), samt vald metod, med varianter, som lett fram till den valda metoden KBS-3.

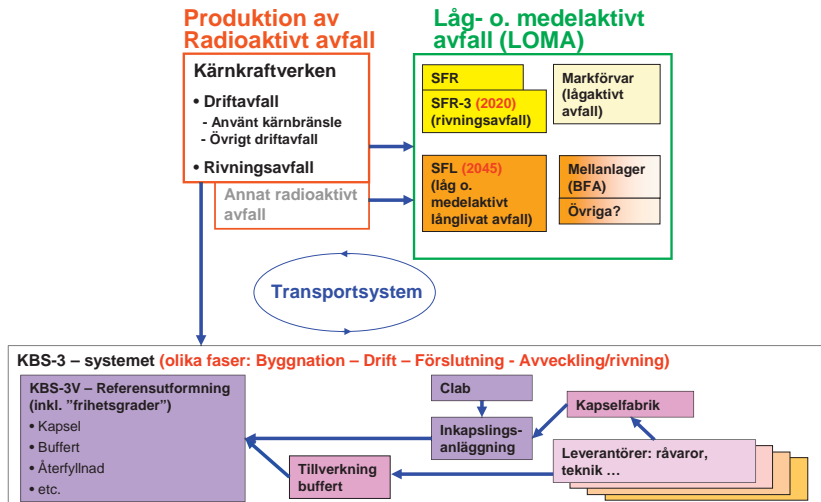
Figur 3.1 Process för val av metod för slutförvarssystem



Figur 3.2 ger en översiktlig och förenklad beskrivning av systemet för produktion av radioaktivt avfall kopplat till ett slutförvarssystem enligt KBS-3-konceptet.

² CATWOE-modellen som beskrivs i bilaga 4 utvecklar "blomstermodellen" med identifiering av olika typer av intressenter och deras syften och världsbilder

Figur 3.2 System för hantering av radioaktivt avfall



Ett annat syfte med en systemanalys kan vara att beskriva och motivera systemets *frihetsgrader*, d.v.s. vilka parametrar som kan eller bör hållas öppna för modifiering och förbättring, och när i tiden beslut om precisering bör tas. Exempel på sådana frihetsgrader i SKB:s slutförvarsprogram är bl.a.:

- Kapseln; val av kvalitet på järnet i kapselinsatsen
- Referensmaterial för bufferten
- Referensmaterial för återfyllnad
- Referensmaterial för förslutning
- Varianter av KBS-3 som KBS-3H (horisontell deponering av kapseln)
- Eventuella mellanlager för LOMA-systemet

Avseende KBS-3H så har SKB meddelat att de planerar att ta fram denna alternativa utformning av KBS-3-systemet till motsvarande nivå som KBS-3V (vertikal deponering) till omkring år 2012, dvs. ca 2 år efter det att SKB planerat att lämna in ansökningar om ett slutförvarssystem.

3.3 Kärnavfallsrådets slutsatser

- Ett viktigt syfte med en systemanalys är att beskriva och motivera vilka parametrar som kan eller bör hållas öppna för modifiering och förbättring (dvs. vilken flexibilitet som bör finnas och kan accepteras i SKB:s program), och när i tiden beslut om precisering ska tas. Ett exempel är i vilken grad de viktigaste egenskaperna hos materialet i bufferten ska vara specificerade vid ansökningstillfället. Ett annat exempel är hur en eventuell övergång från KBS-3V-konceptet till KBS-3H-konceptet kan ske i framtiden.
- Kärnavfallsrådet bedömer att systemanalytisk metodik är värdefull som del i en lärprocess som styrs av intressenterna och som innebär analys från nya infallsvinklar och anpassning av systemgränsen i dialog med centrala aktörer.

4 Redovisning av alternativa metoder

I detta kapitel ger Kärnavfallsrådet sina synpunkter på SKB:s arbete avseende såväl alternativa *metoder* till KBS-3-konceptet som den alternativa *utformningen* (varianten) av KBS-3 med horisontell deponering (KBS-3H).

4.1 Strategiska metodval

Regeringen har år 2001 bedömt att SKB "bör använda KBS-3-metoden som planeringsförutsättning för de platsundersökningar som genomförts i Forsmark och Laxemar. I det sammanhanget underströk regeringen "att ett slutligt godkännande av viss metod för slutförvaring inte kan göras förrän i samband med ett framtida ställningstagande till ansökningar om tillstånd enligt miljöbalken och kärntekniklagen att uppföra ett slutförvar för använt kärnbränsle." Regeringen har också, i skilda sammanhang och senast i beslutet år 2005 med anledning av SKB:s Fud-program 2004, framhållit att SKB bör fortsätta att bevaka teknikutvecklingen avseende olika alternativ för omhändertagande av använt kärnbränsle.

Granskningen av SKB:s Fud-program 2004 ledde Kärnavfallsrådet till bl.a. följande slutsatser i fråga om alternativa metoder för slutförvaring av använt kärnbränsle (SOU 2005:47 s. 133–134):

- Med nuvarande kunskap om tänkbara alternativ till KBS-3-metoden finns starka skäl att fortsätta med nuvarande inriktning mot direktdeponering enligt KBS-3-metoden. Det skulle inte vara acceptabelt att senarelägga det svenska slutförvarsprogrammet med hänvisning till alternativa metoder som möjlig teknik.

- Det är angeläget att SKB studerar alternativa metoder som kan förväntas vara tekniskt genomförbara och att detta kan visas i samband med miljöprövningen.

Kärnavfallsrådet konstaterar att SKB har valt att i Fud-program 2007 inte på ett samlat sätt diskutera de motiv som kan finnas för andra alternativ än KBS-3-metoden. SKB redovisar sitt arbete inom alternativfrågan på s. 383–394 och av programmet framgår (s. 394) bl.a. att SKB avser att redovisa sina motiv för bedömning av alternativet djupa borrhål senast i samband med kommande ansökningar om tillstånd till ett slutförvar enligt KBS-3-metoden.

Kärnavfallsrådet utgår från att SKB i en sådan redovisning på ett ingående och klargörande sätt redogör för de överväganden som har lett fram till den metod som har valts och de skäl som finns för och emot de alternativa metoder som har övervägts. Rådet menar att en sådan redogörelse har stor betydelse för tilltron till SKB:s arbete såväl hos de olika myndigheter och andra som deltar i prövningen av de aktuella ansökningarna som hos en bred allmänhet.

4.1.1 Separation och transmutation

Kärnavfallsrådet anser att den av SKB skisserade nivån för insatser inom området separation och transmutation är väl avvägd. Rådet ansluter sig till SKB:s bedömning att transmutation förutsätter att man i vårt land har bestämt sig för en väsentligt långvarigare satsning på ett kärnenergiprogram än vad som för närvarande gäller. Rådet konstaterar dock att även val av denna teknik leder till långlivat avfall om än i mindre volymer.

4.1.2 Djupa borrhål

SKB har i Fud-Program 2007 bedömt att motiv saknas för att genomföra ett forskningsprogram för djupa borrhål. Bedömningen grundas på dels SKB:s egna studier från början av 1990-talet, dels studier som SKB låtit utföra under åren 2000 – 2006.

Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning publicerade i mitten av år 2006 en studie om slutförvaring av högaktivt kärnavfall i djupa borrhål (MKG-Rapport 1). I studien hävdas att "ny kunskap och landvinningar inom hydrologi och borrhåsteknik har ökat

möjligheterna att använda djupa borrhål för en slutförvaring av det svenska kärnavfallet” (s. 24). Författarens huvudtes är att det behövs en mer ingående analys innan konceptet djupa borrhål kan avföras från fortsatt diskussion. Bl.a. behöver det klarläggas om konceptets hydrogeologiska grundförutsättning föreligger, nämligen att det finns ett grundvatten på 3-5 km djup i svensk berggrund som är tillräckligt stabilt densitetsskiktat.

Diskussionen, bl.a. i massmedia, om det eventuella behovet av fortsatta forsknings- och utvecklingsinsatser kring alternativet djupa borrhål, ledde till att Kärnavfallsrådet beslutade att i mars 2007 anordna en särskild utfrågning i ämnet. Från SKB fristående experter på bl.a. borrhåsteknik och hydrogeologi engagerades för presentationer och blev utfrågade, liksom också företrädare för SKB, Kärnkraftinspektionen, Strålskyddsinstitutet och miljöorganisationer. Syftet var att ytterligare genomlysja genomförbarhet samt för- och nackdelar med detta alternativ.

Det framkom att det nu finns bättre utsikter än enligt tidigare bedömningar att möta de borrhåstekniska svårigheterna. Ett omfattande och kostsamt tekniskt utvecklingsarbete krävs dock. SKB:s syn vid detta tillfälle var att även om de borrhåstekniska problemen kan lösas, så ändrar detta inte konceptets svagheter när det gäller den långsiktiga säkerheten.

I Kärnavfallsrådets rapport från utfrågningen (Rapport 2007:6) redovisar rådet ett antal reflektioner över de argument som framfördes från olika håll, främst från SKB och från miljöorganisationerna. Rådet finner att följande citat från rapporten (s. 100 f) också har sin giltighet i denna granskning:

Om man, som SKB, menar att djupa borrhål som slutförvaringskoncept har allvarliga inneboende principiella nackdelar som inte kan undanröjas med mer forskning är det logiskt att minimera sådana, i så fall onödiga, kostnader. Frågan är emellertid om dessa nackdelar (t.ex. minskad möjlighet till reparerbarhet under drifttiden, minskad anpassningsförmåga till platsens geologiska förhållanden, avvikelse från flerbarrärsprincipen) är faktiska nackdelar för alla aktörer eller för samhället i stort, eller om de tjänar som argument för SKB:s intentioner. Det är också, som SKB:s företrädare framförde, en fråga om hur långt SKB rimligen kan driva en alternativ metod som man faktiskt inte tror på. De som å andra sidan förespråkar mer forskning inklusive borrhåning av ett eller flera djupa hål, behöver precisera vad som skulle vara syftet. Är det för att få svar på frågan om stabila grundvattenförhållanden på stora djup, eller för att få svar på frågan om det rent tekniskt går att borra djupa hål med så stora dimensioner som krävs? Vad gör man om det blir positiva svar på dessa frågor? Även i denna fråga framförs

argument som till synes vilar på olika bedömningar om vad som går att göra. SKB anser att säkerheten inte kommer att kunna bedömas bättre med hjälp av ett fåtal provborrningar, medan Åhäll¹ och MKG ser mer optimistiskt på möjligheterna att få fram relevanta kunskaper.

Gunnar Nord² menar att det är kärnkraftsindustrin som själva måste driva och bekosta den teknikutveckling som krävs. Frågor som diskuterades under utfrågningen och som behöver besvaras om samhället vill gå vidare med djupa borrhål är därmed vem som ska utföra ytterligare FoU, och hur denna forskning och teknikutveckling ska finansieras.

Som redan har framgått av den rapport om kunskapsläget på kärnavfallsområdet som rådet lämnade till regeringen i juni 2007 (SOU 2007:38) var rådets slutsats efter utfrågningen kring djupa borrhål (s. 46) "att det inte verkar finnas någon i miljöbalkens mening tillgänglig teknik för deponering i djupa borrhål och att sådan teknik inte kan förväntas bli tillgänglig inom tidshorizonten för den planerade beslutsprocessen". Såväl borrhåsteknik som sensorteknik har emellertid utvecklats under de senaste 10–15 åren. Rådet ansåg därför "att det finns mycket goda skäl för SKB att tydligt redovisa och motivera sina ställningstaganden vad gäller konceptet" dels i Fud-Program 2007, dels i de aviserade ansökningarna om tillstånd enligt miljöbalken och kärntekniklagen att anlägga ett slutförvar för använt kärnbränsle.

Kärnavfallsrådet konstaterar nu att SKB har valt att i Fud-Program 2007 inte närmare återge eller kommentera de diskussioner som fördes vid den nämnda utfrågningen och inte heller på annat sätt hittills presenterat en mer ingående jämförelse mellan KBS-3-metoden och alternativet djupa borrhål. Det framgår emellertid av programmet (s. 394) att SKB avser att avrapportera motiven för sina bedömningar "senast i samband med ansöknings-tillfället för slutförvarssystemet" och då presentera en översiktlig jämförelse mellan KBS-3-metoden och djupa borrhål. Enligt SKB kommer en sådan jämförelse avse sex aspekter, nämligen (1) förutsättningar för lokalisering samt karakterisering och val av förvaringsplats, (2) borrhåstekniken i dag och dess utvecklingsmöjligheter, (3) förutsättningar för uppförande, drift, och förslutning, (4) kärnteknisk säkerhet vid hantering av inkapslat använt kärnbränsle, (5) fysiskt skydd och kärnämneskontroll samt (6) långsiktig säkerhet för ett förslutet förvar.

¹ Karl Inge Åhäll är författare till den i texten omnämnda MKG-rapporten 1.

² Gunnar Nord är expert på borrhåsteknik, knuten till Atlas Copco.

Det framgår vidare av Fud-Program 2007 att SKB avser fortsätta att följa utvecklingen inom ämnesområdet djupa borrhål, även om man inte anser det motiverat att genomföra något forskningsprogram.

Kärnavfallsrådet bedömer fortfarande att det i dagsläget inte verkar finnas någon i miljöbalkens mening tillgänglig teknik för deponering i djupa borrhål. Rådet vill dock på nytt framhålla angelägenheten av att SKB, senast i samband med ansökningar om tillstånd enligt miljöbalken och kärntekniklagen att anlägga ett slutförvar för använt kärnbränsle, tydligt redovisar och motiverar sina ställningstaganden avseende konceptet djupa borrhål. Rådet är naturligtvis positivt till att forskning bedrivs inom området, men menar att det inte måste vara SKB som bedriver sådan forskning.

4.2 KBS-3H

KBS-3 konceptet har av SKB i huvudsak studerats med vertikala deponeringshål för kapslarna. SKB har även studerat en alternativ utformning med horisontell deponering, KBS-3H. I denna fråga samarbetar SKB med Posiva. I Äspölaboratoriet pågår försök för utvärdering av detta koncept.

SKB säger i Fud-program 2007 att hittillsvarande arbete visat att konceptet bedöms ha flera osäkerheter och problemställningar som kanalbildning i buffertmaterialet, stränga krav på vatteninflödet till deponeringstunneln, heterogen vattenmättnad och sprickbildning i distansblocken mellan de s.k. paketen.

SKB avser att genomföra en platsspecifik säkerhetsanalys för konceptet KBS-3H för den plats som SKB väljer som plats för slutförvaret. Syftet är att kunna jämföra säkerheten för de två alternativen vertikal deponering respektive horisontell deponering.

SKB anger också i Fud-rapport 2007 att beslut om att byta till horisontell deponering kan göras när tillräckligt underlag finns för jämförelse med KBS-3V och att detta kommer kunna ske omkring år 2012/2013. Kärnavfallsrådet konstaterar att Strålsäkerhetsmyndigheten och Miljödomstolen vid denna tidpunkt troligtvis kommer att ha påbörjat sin granskning av SKB:s ansökan om ett slutförvar enligt KBS-3V-metoden och att ett regeringsbeslut kan förväntas inom en relativt nära framtid. Rådet anser därför att det är angeläget att SKB redovisar hur ett eventuellt byte till KBS-3H kan ske.

4.3 Kärnavfallsrådets slutsatser

- Kärnavfallsrådet anser att det har stor betydelse för tilltron till SKB:s arbete att en samlad och klargörande redogörelse utarbetas kring alternativa metoder för slutförvaring av använt kärnbränsle. SKB bör presentera en sådan redogörelse senast i samband med att bolaget ansöker om tillstånd enligt kärntekniklagen och miljöbalken. Kärnavfallsrådet anser att SKB i en sådan redogörelse tydligt ska motivera sina ställningstaganden avseende konceptet djupa borrhål. SKB bör i detta sammanhang även tydliggöra sina planer för KBS-3 med horisontell deponering (KBS-3H).

5 Platsvalet

5.1 Återkoppling från platsundersökningarna till Fud-arbetet

Kärnavfallsrådet har tidigare (SOU 2005:47) framhållit vikten av att undersökningarna utförs på ett likartat sätt, så att en vetenskapligt korrekt jämförelse kan göras mellan platserna. Det är också viktigt att beskrivningen av platserna blir likartad och presentationen lättförståelig så att även lekmän ska kunna bedöma lämpligaste plats. De korta beskrivande avsnitten i Fud 2007 lämnar därvid en del övrigt att önska. Vad gäller Forsmark saknas t.ex. teckenförklaring till den geologiska kartan och dessutom finns inga uppgifter om förekommande bergarter i texten ("hade berggrund, som motiverade fortsatta undersökningar"). Beträffande Laxemar finns inga tektoniska zoner markerade på den geologiska kartan, som däremot har en tydlig teckenförklaring. Vid motiveringen för val av delområde för fortsatta undersökningar i Forsmark anförs främst praktiska skäl men endast enstaka geovetenskapliga. Vad gäller Simpevarp och Laxemar finns såväl geovetenskapliga som praktiska motiv för valet av delområde.

Modeller för platsbeskrivning har utvecklats stegvis och anpassats till platsspecifika förhållanden. Ökad vikt har lagts vid konceptuella beskrivningar, vilket är fördömligt för förståelsen av komplicerade sammanhang. Några goda exempel finns i Biosfärskapitlet, men flera exempel borde presenterats på andra lämpliga avsnitt, t.ex. i Geosfärskapitlet. Det är också värdefullt, att tonvikt lagts på en samstämd geologisk, bergmekanisk och hydrogeologisk beskrivning av olika parametrar samt en slutlig integrerad platsbeskrivande modell.

Långtidsobservationer framhålls som nödvändiga på ett flertal ställen i texten. Rådet anser, att för att få en samlad bild av var, när och hur dessa observationer kommer att utföras, måste ett program presenteras, där också metoder för utvärderingen av mätdata redovisas. Då dels utvecklingen av såväl mät- som utvärderingsteknik är snabb, dels nya mätbehov kan uppstå, t.ex. på grund av störningar under byggskedet, bör det också anges att programmet vid behov ska revideras. Referensområdet bör etableras snarast efter det att platsvalet är klart för att få fram jämförbara tidserier. På sikt bör också metoder utvecklas för långsiktiga observationer av biosfär, geosfär och hydrosfär efter förslutningen.

5.2 Samlad utvärdering och platsval

Framställningen på s. 71–73 har brister i fråga om stringens och klarhet. Texten uttrycker i flera fall rena självklarheter, blandade med formuleringar med oprecist innehåll. Ett exempel kan hämtas från det avslutande stycket (s. 71) som lyder:

Avgörande inför platsvalet är att de grundläggande bedömningarna av platsernas lämplighet är rimligt tillförlitliga och att underlaget ger möjligheter att jämföra platserna. Så är enligt SKB:s uppfattning fallet. Kvar finns risker som kan uttryckas i tid och kostnader. Dessa är kopplade till den ofullständiga kunskapen om bergförhållandena, med åtföljande osäkerheter i resursbehov för att uppföra och driva en anläggning som uppfyller kraven. Detta är osäkerheter som SKB är berett att ansvara för.

Ett annat exempel är att det under rubriken "Platsvis utvärdering" sägs (s. 72) att etablering av en verksamhet bör kunna genomföras med "rimlig hänsyn till miljön i övrigt och till rimliga insatser". I den närmast följande texten görs ett försök att något precisera innebörden av begreppet "rimlig" i dessa sammanhang. Ett mer ingående resonemang behövs kring dessa frågor.

Ett tredje exempel finns under rubriken "Jämförande värdering" (s. 73). I sammanfattning anför SKB att under förutsättning att platsvalet kan slutföras på det sätt som SKB förordar kommer den slutligen valda lokaliseringen att kunna "motiveras i förhållande till varje annan plats som kan anses lämplig i meningen potentiellt möjligt lokaliseringalternativ. Kärnavfallsrådet kan inte av Fud-Program 2007 dra slutsatsen att så skulle vara fallet.

5.3 Kärnavfallsrådets slutsatser

- Kärnavfallsrådet betonar vikten av att SKB tydligt redogör för de bedömningar som ligger till grund för platsvalet. Eftersom den långsiktiga säkerheten är den viktigaste faktorn i platsvalet anser rådet att den säkerhetsargumentation som ligger till grund för valet av plats måste utgå ifrån två omfattande säkerhetsanalyser (dvs. två SR-Site) – en för Forsmark och en för Laxemar. Rådet vill därmed betona vikten av att en vetenskapligt korrekt jämförelse görs mellan platserna inför det kommande platsvalet.
- Rådet finner det besvärande, att hittills utförda, lyckade bergspänningsmätningar i Forsmark är få och osäkra på planerat förvarsdjup (se avsnitt 10.1). De långtgående slutsatser, som dras av resultaten, kan påverka såväl platsvalet som konstruktionen och byggandet samt på längre sikt också beständigheten av förvaret. Rådet anser det därför nödvändigt att kunskaperna om bergspänningarna förbättras, framför allt på planerat förvarsdjup i Forsmark, avsevärt förbättras innan slutligt val av plats görs. Enligt uppgift finns dock ännu inte publicerade resultat som eventuellt kan klarlägga vissa osäkerheter.
- Ett samlat program för långtidsobservationer av försvarsområdet och dess omgivande miljö måste presenteras – och snarast genomföras – dels för tidsperioden före och under byggskedet, dels för perioden efter förslutningen.

6 Säkerhetsanalysen

6.1 Bakgrund

SKB lämnade i november 2006 en preliminär säkerhetsanalys, SR-Can (SKB rapport TR-06-09), av de två kandidatområdena för slutförvar i Oskarshamn och Forsmark. Inför ansökan om slutförvaret planeras en ny säkerhetsanalys, SR-Site. SKB anser att metodiken för säkerhetsanalys nu är mogen och avser att endast göra uppdateringar och smärre modifikationer av SR-Can metodiken inför arbetet med SR-Site. SR-Can har varit föremål för separat granskning av SKI och SSI (SKI Rapport 2008:19, SSI Rapport 2008:04). Myndigheterna anser bl.a. att SKB:s metodik för säkerhetsanalys i huvudsak är i överensstämmelse med myndigheternas föreskriftskrav, men att delar av metodiken behöver vidareutvecklas inför en tillståndsansökan. Myndigheterna anser även att SKB:s kvalitetssäkring av säkerhetsanalysen är otillräcklig i SR-Can, att ett bättre kunskapsunderlag kring vissa kritiska processer behövs, att SKB behöver styrka att det antagna initialtillståndet hos slutförvaret är realistiskt samt att redovisningen av risken för tidiga utsläpp bör förstärkas. Även de berörda platsundersökningskommunerna Östhammar och Oskarshamn, liksom intresseorganisationerna Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) och Miljörelensens kärnavfallssekretariat (Milkas) har lämnat synpunkter på SR-Can.

Kärnavfallsrådet har inte gjort någon egen granskning av den säkerhetsanalysmetodik som redovisas i SR-Can eller behovet av ytterligare utveckling av denna metodik. Med utgångspunkt från Kärnavfallsrådets genomlysningsprogram tas i stället i avsnitt 6.2 en speciell metodfråga upp, nämligen transparensen i säkerhetsanalysen och dess förmåga att förmedla komplexiteten i besluts-

underlaget. I avsnitt 6.3 diskuteras kopplingen mellan säkerhetsanalysen och naturvetenskaplig/teknisk forskning. Som en introduktion till dessa två avsnitt diskuterar vi i avsnitt 6.1 säkerhetsanalysens roll i arbetet med att ta fram ett system för slutförvaring av använt kärnbränsle samt dess roll som del i det beslutsunderlag som ligger till grund för SKB:s kommande ansökan om ett slutförvar.

6.2 Säkerhetsanalysens olika roller

SKB ger säkerhetsanalysen en dubbel roll i kärnavfallssystemet: en *intern* roll som management-verktyg inom SKB och en *extern* roll i samhällets tillståndsprocess. Med management-verktyg menar vi den styrande roll som SKB tilldelar säkerhetsanalysen när det gäller planering av forskningsinsatser, teknikutveckling och fortsatta platsundersökningar.

Det är i dess externa roll som en utomstående betraktare möter säkerhetsanalysen. I denna roll ska säkerhetsanalysen ge ett underlag för *samhällets* bedömning av förvarets långsiktiga säkerhet baserat på vetenskap och beprövad erfarenhet. Den externa rollen är väldokumenterad i en utvecklingsprocess som spänner över tre decennier och där SR-Can (SKB Report TR-06-09) är den senaste länken i en lång kedja av säkerhetsanalyser.

Redan i ett tidigt skede gavs säkerhetsanalysen också en roll som management-verktyg för att styra och kontrollera relevansen hos forsknings- och utvecklingsinsatser (FoU). Kärnavfallsrådet kan dock konstatera att denna interna roll för säkerhetsanalysen är sämre dokumenterad. Frågan är vilken roll säkerhetsanalysen *de facto* har spelat och kan spela, exempelvis i prioriteringen av forskningsinsatser. Denna fråga tas upp i anslutning till det naturvetenskapliga/tekniska forskningsprogrammet i avsnitt 6.3. Här inleder vi med att sätta frågan i relation till hur SKB organiserar sitt arbete.

Enligt Fud-rapporten har verksamheten med planering för uppförande och drift av slutförvaret på en övergripande nivå delats in i två huvudprocesser: (i) Uppförande och drift samt (ii) Säkerhetsanalys och platsmodellering (se s. 89 i Fud-program 2007). Huvudprocessen "Uppförande och drift" är i sin tur indelad i åtta delprocesser, två av dessa är "Undersökningar" (ej medtagen i figur 6.1) och "Bedömning av anläggningens och verksamhetens säkerhet". "Undersökningar" tar bl.a. fram underlag för att uppdatera

platsbeskrivningen. "Bedömning av anläggningens och verksamhetens säkerhet" aktiveras enligt SKB endast när förhållandena avviker från gällande förutsättningar.

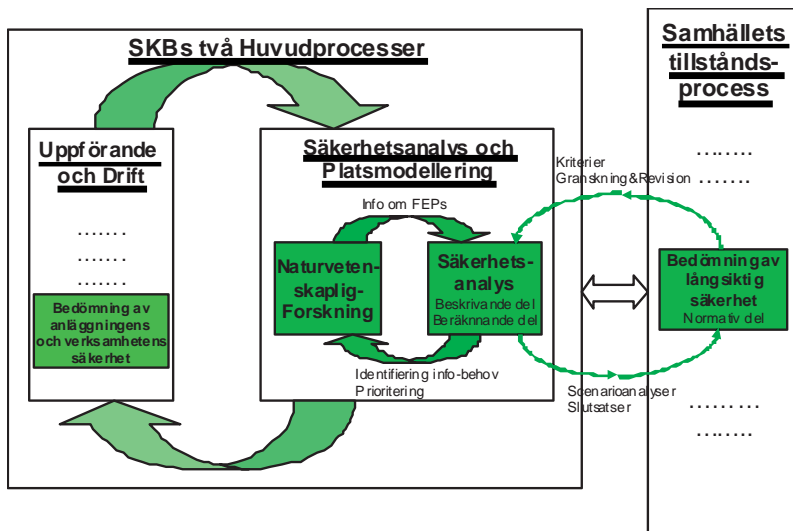
I huvudprocessen "Säkerhetsanalys och platsmodellering" ingår två delprocesser: "Platsmodellering och säkerhetsbedömning" (ej medtagen i figur 6.1) samt "Säkerhetsanalys". Resultat från delprocessen "Säkerhetsanalys" är enligt SKB en förnyad säkerhetsredovisning inför ansökan om provdrift men om förvaret ligger utanför ramarna för vad som antagits i SR-Site, görs först en ny bedömning av säkerheten inom huvudprocessen "Uppförande och drift". Underlag för delprocessen "Säkerhetsanalys" är uppförd och projekterad anläggning, aktuell platsbeskrivning och Fud-resultat.

Vad beträffar säkerhetsanalysen, tolkar Kärnavfallsrådet Fud-rapportens beskrivning så att den internt inom SKB har, eller ska ha, två funktioner, som åskådliggörs i figur 6.1:

- *Management-verktyg för uppförande och drift.* Här ska säkerhetsanalysen och säkerhetsbedömningar användas närmast rutinemässigt för att "regelbundet" stämma av platsbeskrivning mot förutsättningar och antaganden i SR-Site och för att "löpande" stämma av antaganden i "preliminär säkerhetsredovisning drift" mot faktiskt projekterad och uppförd anläggning. Vid avvikelser aktiveras en speciell delprocess inom huvudprocessen Uppförande och drift: "Bedömning av anläggningens och verksamhetens säkerhet". Denna delprocess hanterar antingen avvikelsen inom "Uppförande och drift" eller överlåter avvikelsen till huvudprocessen "Säkerhetsanalys och platsmodellering" för vidare utredning.
- *Management-verktyg för naturvetenskaplig forskning och teknikutveckling.* SKB:s Fud-program 2007 konstaterar beträffande den naturvetenskapliga forskningen att säkerhetsanalysen i "SR-Can har varit vägledande för att planera forskningsprogrammet". Forskningsprogrammet är i sin tur "direkt inriktat på att förse SKB:s säkerhetsanalyser för slutförvaret för använt kärnbränsle med underlag". (SKB, 2007 s. 211). Säkerhetsanalysens roll när det gäller planering av teknikutveckling är inte lika tydlig, men figur 11.1 (s. 121) visar på en liknande koppling som den mellan säkerhetsanalys och Fud-programmet.

Fud-rapporten delar således upp även den interna rollen i ett antal olika funktioner. Inom huvudprocessen "Uppförande och drift" ska "Säkerhetsanalys och platsmodellering" dels bidra till att koordinera den löpande verksamheten, dels träda in som samtalspartner i en dialog om åtgärder inom "Uppförande och drift" för att hantera avvikelser från förutsättningar och antaganden i säkerhetsanalysen.

Figur 6.1 Kärnavfallsrådets tolkning av säkerhetsanalysens roller, dels internt inom SKB (den vänstra loopen), dels externt för samhällets beslutsprocess (den högra loopen)



Säkerhetsanalysen förutsätts också bidra till identifiering och prioritering av forskningsinsatser. Denna funktion är aktuell i nuläget, men kommer också att krävas när uppförandet av slutförvaret påbörjas. Det är oklart inom vilken huvudprocess ansvaret för identifiering och genomförande av forskningsinsatser ligger. I figur 6.1 har vi antagit att naturvetenskaplig forskning ligger inom Säkerhetsanalys och platsmodellering och teknikutveckling vid de olika produktionslinjerna inom Uppförande och drift.

Ur tillståndprocessens perspektiv är distinktionen mellan den interna och externa rollen för säkerhetsanalysen viktig. I bilaga 4 diskuteras dessa två roller med hjälp av ett systemanalytiskt verktyg "CATWOE". Syftet är att analysera om säkerhetsanalysen

används på ett ändamålsenligt sätt, både avseende den interna och den externa rollen. Analysen underbygger ytterligare vår slutsats att säkerhetsanalysens två roller behöver tydliggöras och utvecklas, speciellt som balansen mellan SKB och myndigheterna har förändrats under de senaste tio åren. I dag har endast SKB kompetens att genomföra en fullständig säkerhetsanalys. En förutsättning för att den externa rollen uppfylls är att den interna rollen fungerar. I olyckliga fall kan dock de två rollerna komma i konflikt med varandra ur ett SKB-perspektiv. Exempelvis syftar säkerhetsanalys för forskningsplanering till att finna relevanta svaga punkter i systemet, medan säkerhetsanalys i den externa rollen syftar till att visa att det föreslagna förvaret uppfyller alla uppställda säkerhetskrav.

Kärnavfallsrådet vill således uppmärksamma behovet av att säkerhetsanalysen hanteras på ett transparent och kvalitetssäkrat sätt inom hela SKB:s *organisation*. För tillståndprocessen är säkerhetsanalysen en förutsättning enligt bl.a. kärntekniklagen och miljöbalken. Det är självklart både önskvärt och effektivt att SKB kan använda analysen för interna processer. Men det är utomordentligt viktigt att säkerhetsanalysen inom SKB:s organisation har *en* tydlig ägare, som genomför analysen, ansvarar för analysprocessens identitet och kvalitet, och upprätthåller en klar rollfördelning. Kärnavfallsrådet understryker vikten av att Strålsäkerhetsmyndigheten genom regelbundna revisioner följer hur säkerhetsanalysens olika roller återspeglas i SKB:s organisation och processer. Revisionerna kan eventuellt kräva stöd av utomstående organisatorisk expertis..

Kärnavfallsrådet vill också understryka vikten av att den nya Strålsäkerhetsmyndigheten får en sådan kompetens inom säkerhetsanalys, att den både kan granska SKB:s tekniska genomförande av säkerhetsanalysen och dess användning i olika roller. Det innebär, enligt Kärnavfallsrådets bedömning, att det krävs en förstärkning av de resurser som SKI och SSI tillsammans har i dag.

Vår diskussion om säkerhetsanalysens olika roller aktualiserar ett antal frågor som kommer att tas upp i följande avsnitt:

- *SKB:s kapacitet*. Hur långt följer SKB sin föregivna metodik, dvs. i vilken utsträckning styrs prioriteringarna inom forskningsprogrammet av säkerhetsanalysen och i vilken utsträckning genererar varje produktionslinje och vetenskaps-, teknikområde sina egna prioriteringar? Hur tas informationen från säkerhets-

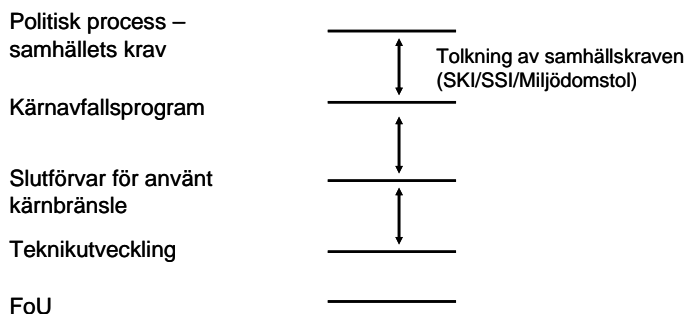
analysen om hand inom de olika delprogrammen inom forskningsprogrammet? Hur kan man följa dialogen säkerhetsanalys-forskningsprogram i Fud-rapporten och i kvalitetssäkringsprogrammet?

- *Samsyn kan medföra inlåsning.* Väl fungerande återkopplingar enligt Figur 1 ger ett effektivt system för att enas om var FoU behövs, och att styra resurser och generera ny kunskap inom de områden där FoU behovet identifierats. Men managementlitteraturen innehåller också varnande exempel på inlåsningar, där det återkopplade systemet förvandlas till ett resurskrävande system för att effektivt lära mer om det man redan ser. Systemet värjer sig mot nytänkande och möter nya hot med mer av tidigare åtgärder. Vilka mekanismer finns för att avsluta SKB-finansierad FoU när kunskapen bedöms tillräcklig, men exempelvis starka inomvetenskapliga skäl finns för fortsatt forskning? Vilka processer finns i systemet i Figur 1 för att identifiera och styra resurser till radikalt nya FoU behov?
- *Komplexitet – helheten och detaljerna.* Säkerhetsanalysen ska förmedla mellan FoU och beslutsunderlag på alla nivåer. Hur klargörs säkerhetsanalysens olika roller? Hur blir allt detta transparent? Dessa frågor tas upp i nästa avsnitt.

6.3 Helheten och detaljerna

Säkerhetsanalysen spelar en stor roll i hela det svenska organisatoriska system som har att göra med slutförvarsprogrammet. Den ska svara upp mot myndigheternas krav på säkerhet, som samtidigt avspeglar samhällets och politikens mål. Samtidigt ska den enligt SKB vara med och styra teknikutveckling och forskning. Figur 6.2 ger en bild av olika analysnivåer som behövs för att beskriva säkerhetsanalysens roll.

Figur 6.2 Analysnivåer för att förstå kravbild och säkerhetsanalysens roller



På den översta nivån sätts kraven på kärnavfallsprogrammet genom riksdag och regering som stiftar lagar och tar beslut, bl.a. i anknytning till SKB:s Fud-program. Myndigheterna tolkar samhällskraven genom sina föreskrifter och allmänna råd som SKB sedan i sin tur tolkar och överför till praktiska krav på sitt program, inte minst gällande valet av metod för slutförvaring och platser för kärnavfallsanläggningar. Man kan säga att det finns en nivå för kärnavfallsprogrammet i sin helhet, inklusive rivning, och en nivå för slutförvaret, inklusive plastvalsprogram. Inom ramen för "projektet slutförvar" driver SKB den teknikutveckling och forskning som behövs för att stödja slutförvarsprogrammet.

En förutsättning för att säkerhetsanalysen, som är en mycket komplicerad aktivitet, ska kunna fylla alla sina uppgifter på ett effektivt sätt är att den görs transparent. Det måste ske på alla nivåer men innebörden av detta varierar mellan nivåerna.

Säkerhetsanalysens externa roll

Den övre delen av figur 6.2 gäller säkerhetsanalysens externa roll enligt avsnitt 6.1, dvs. att ge underlag för samhällets bedömning av ett förslag till slutförvar.

Säkerhetsanalysen ingår i det underlag som politikerna behöver ta del av – dvs. inte bara godta SKB:s säkerhetsanalys och SKI:s granskning av densamma som en helt objektiv del av beslutsunderlaget som inte kan ifrågasättas. Det blir därför nödvändigt att få säkerhetsanalysen genomlyst på ett sätt som kan förstås av lekmän. Kärnavfallsrådet påpekade t.ex. i sitt yttrande över Fud-

program 2004, att det är nödvändigt att både SKB och myndigheterna förklarar och publicerar pedagogiska beskrivningar av de säkerhetsanalyser som genomförts och de modeller som analyserna är baserade på¹.

Mot denna bakgrund är säkerhetsanalysens ställning i dag, inte minst efter att SR-Can har publicerats, något av en paradox. Å ena sidan är SR-Can en mycket tung teknisk rapport (och måste så vara), med ett stort antal tekniska underlagsrapporter som bara specialister kan sätta sig in i. Å andra sidan är säkerhetsanalysen det centrala underlaget för det politiska beslutet att eventuellt ge tillstånd för att slutförvaret ska byggas. Om inte medvetenheten om kärnavfallsfrågan höjs i de delar av samhället som finns utanför kretsen av experter kommer den politiska beslutsprocessen att bli känslig för olika inspel och fragmenteringar².

Givetvis är det inte rimligt att begära att politiker i allmänhet eller andra lekmän ska kunna sätta sig in i FEP³ analys, grundvattenmodelleringar eller modeller för korrosion av kopparkapseln. Men det ska vara möjligt att diskutera vissa grundläggande antaganden, t.ex. om tidsaspekten, vad man kan (och inte kan) förutse för mycket långa tider, hur man ska se på olika scenarier för mänskligt intrång, hur man kan jämföra riskerna från ett slutförvar med andra risker, vad säkerhetsanalysen säger om jämförelser mellan platser, m.m. En hållbar beslutsprocess förutsätter att SKB och myndigheterna kan kommunicera sådana frågor på ett sätt som inger förtroende. I själva verket handlar detta mycket om myndigheternas föreskrifter och allmänna råd, hur SKB väljer att tolka dem och om på vilka grunder myndigheterna kan godta SKB:s tolkning.

Det är viktigt att allt detta kommuniceras på bästa möjliga sätt med beslutsfattare och allmänhet. Målet med dialogen är att göra säkerhetsbedömningen transparent, vilket bl.a. innebär att göra både sakfrågor och värderingar synliga. Bra beslut förutsätter att båda delarna blir lika tydliga vilket ställer särskilda krav på beslutsprocessen. Om experterna ensamma sätter agendan glöms värderingsfrågorna lätt bort. Å andra sidan kan sakfrågorna komma i bakgrunden om beslutsprocessen domineras av värderingsfrågor. I båda fallen riskerar man att beslutsunderlaget får en för snäv in-

¹ Kärnavfall – barriärerna, biosfären och samhället (s. 73 SOU 2005:47).

² Med "fragmentering" menar vi att vissa avgränsade delar av hela frågan ställs i fokus till priset av helhetsbedömningen.

³ FEP (Features, Events and Processes)

ramning. Säkerhetsanalysens externa roll är alltså att systematiskt samordna information från alla relevanta tekniskt – naturvetenskapliga områden för att visa att föreslaget system för slutförvar uppfyller alla av myndigheterna ställda säkerhetskrav (som i sin tur ska avspegla samhällets värderingar).

Kravet på transparens innebär att en sådan redovisning från SKB systematiskt utmanas från olika perspektiv (stretching enligt RISCOM-Modellen), vilket är en del av Kärnavfallsrådets genomlysningsprogram.

Säkerhetsanalysens interna roll

På samma sätt som ovan kan vi sammanfatta säkerhetsanalysens interna roll som att:

för alla i slutförvarsprogrammet (intern SKB) klargöra betydelsen av information från alla relevanta tekniskt/naturvetenskapliga områden för uppfyllandet av säkerhetskraven på ett transparent och handlingsinriktat sätt.

Detta, som gäller den nedre delen av figur 6.2 kan synas vara en enklare uppgift för SKB än den externa uppgiften, eftersom SKB:s organisation är väl fylld med naturvetare och experter. Säkerhetsanalysen spänner emellertid över många ämnesområden och det är omöjligt för en person att veta om alla delar genomförs med den vetenskapliga och tekniska stringens som man själv skulle vilja kräva. Det finns ingen "superexpert" för hela fältet. De centrala funktionerna är överförandet av information till dem som har ansvaret för själva säkerhetsanalysen och hur de sammanväger och hanterar denna information. Fullständighet och visshet är ouppnåeliga mål i en säkerhetsanalys – den måste grundas på bedömningar.

Även för säkerhetsanalysens interna roll krävs alltså ett organiserat ifrågasättande av uttalanden och krav som ställs från olika delar av SKB:s organisation, både de som har ansvaret för säkerhetsanalysen och experter på ingående kunskapsområden. I detta fall måste huvudansvaret för stretchingen organiseras inom SKB, medan myndigheterna och Kärnavfallsrådet även har en uppgift för detta, inte minst inom ramen för Fud-granskningen. I nästa avsnitt tar vi upp frågan om i vilken grad SKB har lyckats klargöra säkerhetsanalysens interna roll.

6.4 Kopplingen mellan säkerhetsanalys och naturvetenskaplig/teknisk forskning

Kvalitetssäkring av informationsöverföring

SKB skriver i Fud-program 2007 (s. 8) att säkerhetsanalysen beskriver förvarets initialtillstånd för att sedan kartlägga vilka förändringar som kan inträffa på lång sikt och vilka konsekvenser dessa får för människa och miljö. Förändringarna drivs av processer (termiska, hydrauliska, mekaniska och kemiska) som beskrivs med modeller. Modellberäkningarna utgår från data från forskning och SKB:s platsundersökningar i Forsmark och Oskarshamn. Som detta inledande stycke antyder så är det alltså nödvändigt med ett informationsutbyte mellan säkerhetsanalys och ett antal andra aktiviteter inom SKB:s organisation: teknikutveckling för att verifiera initialtillståndet, naturvetenskaplig forskning för att kartlägga processerna som driver de förändringar som sker i slutförvaret och de platsundersökningar som nyligen avslutats i Forsmark och Oskarshamn för att få plats-specifika säkerhetsanalyser. Dessutom måste det finnas en koppling mellan säkerhetsanalys och systemutformning samt mellan säkerhetsanalys och SKB:s interna kravställning. Slutligen måste den långsiktiga säkerheten uppfylla myndigheternas föreskrifter vilka representerar samhällets krav.

För att detta komplexa mönster av informationsöverföring och återkopplingar ska fungera anser Kärnavfallsrådet att det är av stor vikt att SKB har en väl fungerande kvalitetsplan som säkerställer att återkopplingarna sker och att de åtgärder som återkopplingarna innebär också genomförs. SKB måste t.ex. kunna redovisa hur man säkerställer att alla forskningsområden identifierade från säkerhetsanalys tas upp i Fud-programmet och att kritiska forsknings- och teknikutvecklingsresultat finns framme i tid till SKB:s nästa säkerhetsanalys SR-Site. Kärnavfallsrådet är medvetet om att återkopplingen mellan säkerhetsanalys och forskning i hög grad sker på det individuella planet inom SKB genom att handläggare av forskningsfrågor också deltar i säkerhetsanalysarbetet. SKB menar att detta arbetssätt innebär att det inte är nödvändigt med formella system för hantering av informationsöverföringen mellan säkerhetsanalys och forskning. Kärnavfallsrådet anser att detta ger goda förutsättningar för en direkt återkoppling dels avseende hur forskningens resultat hanteras i säkerhetsanalysen och dels avseende kunskapsluckor och därmed återstående forskningsbehov. Rådet anser dock

att ett problem med detta system är att informationsöverföringen lätt blir ospårbart och inte transparent, vilket är negativt ur granskningssynpunkt.

Koppling till naturvetenskaplig forskning

SKB:s naturvetenskapliga forskningsprogram spänner över två områden: långsiktig säkerhet och andra slutförvaringsmetoder än KBS-3 (s. 211, Fud-program 2007). Av dessa är det största området forskning om långsiktig säkerhet och det är, enligt SKB, direkt inriktat på att förse SKB:s säkerhetsanalyser av slutförvaret för använt kärnbränsle med underlag. SKB skriver vidare att SR-Can, som är den senaste av SKB:s säkerhetsanalyser, har varit vägledande för att planera forskningsprogrammet.

I det avslutande kapitlet till SR-Can har ett antal (9 stycken) frågeställningar identifierats som SKB menar kräver ytterligare forskning för att förbättra säkerhetsanalysen. Kärnavfallsrådet anser dock inte att det tydligt framgår hur SKB säkerställer att alla identifierade forskningsområden tas upp i Fud-programmet. Kärnavfallsrådet har t.ex. inte lyckats spåra alla dessa 9 områden i den översikt omfattande 143 forskningsaktiviteter som ges i tabell 19.1 (s. 213-214, Fud-program 2007). Detta är med andra ord ett bra exempel på när SKB:s direkta återkopplingsmetodik inte är transparent och spårbar.

Ytterligare exempel är informationsöverföringen mellan säkerhetsanalys och de olika specialdisciplinerna. Det är t.ex. fortfarande oklart hur resultaten av biosfärbetet ska integreras i säkerhetsanalysen och vilken betydelse biosfären kommer att få för lokaliseringen (se kap 11). Även i geosfärsprogrammet finns frågor som kan påverka säkerhetsanalysens resultat, t.ex. frågan om storregional grundvattenströmning samt modellering av ändrade hydrologiska och hydrogeologiska förhållandena vid en förväntad klimatförändring på grund av växthuseffekten.

Kärnavfallsrådet anser också att SKB bör tydliggöra i vilket avseende säkerhetsanalysen är vägledande för det naturvetenskapliga forskningsprogrammet och hur säkerhetsanalysen uppfyller rollen att identifiera forskningsområden.

När det gäller den naturvetenskapliga forskningen inom området långsiktig säkerhet är tabell 19.1 en bra utgångspunkt. Tabellen ger en bra överblick över den forskning som bedrivs och som

kommer att bedrivas inom ramen för SKB:s forskningsprogram. För varje forskningsaktivitet framgår också om det krävs stora, måttliga eller små resurser. Däremot framgår inte hur kritiska de olika forskningsaktiviteterna är och vilka resultat som behöver vara framme när och varför. Detta är en brist enligt Kärnavfallsrådet. Kärnavfallsrådet anser också att SKB tydligare måste beskriva vad som är styrande för vilka frågeställningar som ska ingå i forskningsprogrammet, dvs. hur SKB identifierar de forskningsområden som finns listade i tabell 19.1. Rådet anser att sådan information är nödvändig för att ändamålsenligheten med SKB:s forskningsprogram ska kunna bedömas.

Kärnavfallsrådet anser däremot inte att det finns något som tyder på att kvaliteten på den forskning som bedrivs av SKB behöver ifrågasättas. Den publiceras internationellt på konferenser och i olika vetenskapliga tidskrifter och genomgår därmed granskning och kvalitetssäkring.

Koppling till teknikutveckling

Den teknikutveckling som sker och planeras återges i Del III i Fud-program 2007 och kommenteras av Kärnavfallsrådet i kapitel 4 i denna rapport. Kärnavfallsrådet konstaterar här att det är av stor vikt att SKB inom ramen för teknikutvecklingen kan kvalitetssäkra t.ex. tillverkning och provning av tekniska komponenter och därmed deras initialtillstånd i slutförvaret. Detta är betydelsefullt eftersom säkerhetsanalysens trovärdighet är beroende av hur realistiska de antaganden är, som görs i säkerhetsanalysen om initialtillståndet. Detta har även påpekats i myndigheternas granskning av SR-Can (se SKI Rapport 2008:19, SSI Rapport 2008:04).

6.5 Kärnavfallsrådets slutsatser

- SKB:s säkerhetsanalyser ska visa att föreslaget slutförvarssystem uppfyller myndigheternas krav på långsiktig säkerhet. Kärnavfallsrådet vill även betona säkerhetsanalysens interna roll som verktyg dels för att följa upp förvarets säkerhet under uppförande och drift dels för att ge riktlinjer för teknikutveckling och forskning.

- SKB behöver därför säkerställa och visa att återkopplingar och informationsöverföring mellan olika delar av SKB:s organisation fungerar, t.ex. avseende den återkoppling som görs från säkerhetsanalys till forskningsprogram, program för detaljerade undersökningar och teknikutveckling.

7 Kapsel

7.1 Kapseltillverkning

Bakgrund

Kapselns funktion är att isolera kärnavfallet från omgivningen under mycket långa tidsperioder (> 100 000 år). Kapseln måste vara beständig mot olika korrosionsangrepp i djupförvarets miljö och tåla de mekaniska påkänningar som kan uppträda även under en glaciationscykel – både isostatiska belastningar och skjuvbelastningar. Kapseln ska ha försumbar negativ termisk, kemisk och mekanisk inverkan på de andra barriärerna och på bränslet. Kapseln ska kunna transporteras, deponeras och hanteras på ett säkert sätt. Kapseltillverkningen ska vara baserad på beprövad teknik. Kapslar med specificerade egenskaper ska kunna tillverkas, förslutas och kontrolleras med hög tillförlitlighet i önskad produktionstakt. Kapselns egenskaper måste kunna kontrolleras mot specificerade acceptanskriterier. De detaljerade konstruktionskraven för kapseln och kraven på långtidssäkerhet ska ha logisk koppling.

SKB's referenskapsel består av en inre behållare av segjärn/gjutjärn och ett yttre hölje av koppar. Tillverkningen av referenskapselns kopparhölje omfattar följande referensprocesser: gjutning av koppargöt, extrusion av kopparrör, smidning av kopparlock och -botten, svetsning av botten med friction stir welding (FSW) samt kvalitetskontroll av komponenter och botten svets med oförstörande provning (OFP). Därtill behövs färdigbearbetning av komponenter och botten svetsen. Förutom extrusion och FSW har SKB kompletterande metoder för både tillverkning av kopparrör och svetsning, dornpressning och smidning för tillverkning av kopparrör samt elektronstrålesvetsning (EB) för svetsning av botten. Tillverkning av kopparlock och -bottnar sker genom smidning.

Tillverkning av insatsen omfattar tillverkning av en stålkassett och gjutning av insatsen samt bearbetning av insatsen och oförstörande provning. SKB valde år 2005 friction stir welding som referensmetod för att försluta kapseln och optimering av denna process pågår.

Tillverkningsmetoderna vidareutvecklas för de olika kapselkomponenterna och provtillverkning pågår. Olika leverantörer utvecklar sina tillverkningsprocesser för att komponenterna ska uppfylla uppställda specifikationer. Metodutveckling pågår också för oförstörande provning av både kapselkomponenter och svetsar för utredning av materialstruktur och förekomst av diskontinuiteter (defekter och materialfel). Tillsammans med kapselns svetsar provas numera också kapselkomponenterna, kopparrör, segjärnsinsats samt lock och botten. Optimering av provmetoderna och utvärdering av tillförlitligheten hos dessa pågår och de första resultaten från provning av kapselkomponenter är snart tillgängliga. Demonstrationer av metoder för oförstörande provning är kopplade till pre-kvalificering av tillverkningsprocesser.

Kopparkapseln

SKB har valt en ren syrefri koppar som uppfyller standarden EN 1976 för Cu-OFE eller Cu-OF1 med ett antal tilläggskrav som berör medelkornstorleken ($< 360 \mu\text{m}$) i materialet (kornstorleken påverkar materialets egenskaper och ultraljudsprovning) och mängden av vissa ämnen (maximal syre- ($< 5 \text{ ppm}$) och vätehalt ($< 0,6 \text{ ppm}$) för optimal elektronstrålesvetsning och varmformning samt maximal svavelhalt ($< 8 \text{ ppm}$) och viss fosforhalt (30–70 ppm) för att minska sulfidutskiljning och öka materialets krypegenskaper).

Ett antal koppargöten har tillverkats, extruderats, dornpressats (också med integrerad botten) och smitts under de senaste åren. Samtidigt har ett stort antal lock och botten tillverkats genom smidning. Utvecklingen av referens- och alternativa tillverkningsmetoder av kopparrör kommer att fortsättas under de kommande åren. Speciellt koncentreras studierna på lokala variationer i materialstrukturen längs extruderade rör och i smidda lock- och bottenämnen. Materialstrukturen påverkar ultraljudsprovningen via kornstorlek men även andra egenskaper såsom textur, variationer i deformationsgrad, restspänningar, typ av korngränser etc. är viktiga. Mera studier krävs på detta område för att kunna ställa krav på

materialstrukturen och hur den påverkar materialegenskaperna och ultraljudsprovningen för att få provningen mer tillförlitlig.

SKB planerar att använda samma referensmetod, friction stir welding, för att svetsa både botten och lock (förslutning). Denna metod förväntas att vara en repeterbar och tillförlitlig metod, som ger en bra materialstruktur och god kvalitet på svetsen.

Gjutjärnsinsatsen

SKB har valt segjärn enligt kraven i standarden EN 1563 grade EN-GJS-400-15U som material för insatsen. I konstruktionsförutsättningarna ges några detaljerade krav på materialstruktur och mekaniska egenskaper för segjärnsinsatsen (t.ex. brott-töjning, min 11 % (vidgjutna provstavar) eller 7 % (provstavar från insatsen)). Materialprovning av insatsmaterial har visat relativt stor spridning i materialegenskaperna hos flera insatser. Den stora spridningen beror på att materialets mikrostruktur innehåller icke nodulär grafit (chunky grafit) och diskontinuiteter (gjutfel) i form av porer och andra defekter. Gjutningsmetoden har utvecklats under provgjutningarna genom förbättringar av kasettinfästning och ökad gjuten längd för att kunna kapa bort orenheter och diskontinuiteter. Analyser av den statistiska fördelningen av materialparametrar och diskontinuiteter har gjorts för att beräkna sannolikheten för plastisk kollaps orsakad av högt tryck eller för brott orsakat av spricktillväxt i regioner med dragspänningar. Sannolikheten för brott har befunnits vara mycket låg i bägge fallen. Men restspänningar, krypning och tidsberoende materialförsprödning har inte tagits hänsyn till och därför måste hållfasthetsanalyserna ännu utvecklas, vilket kan leda till nya krav på OFP.

SKB kommer att vidareutveckla tillverkning av insatser hos flera leverantörer för att klara leveranserna av de 200 insatser som krävs årligen. Insatsen ska kontrolleras med oförstörande provning för att finna diskontinuiteter i materialet. För att kunna visa att kapslar som uppfyller konstruktionskraven kan tillverkas måste olika provningsmetoder utvecklas på grund av insatsens komplicerade geometri. Speciellt kraven på OFP-metoder måste fastställas och verifieras. Om gjutningsprocessen inte kan förbättras, måste någon annan typ av material användas.

Förslutning av kapseln

Referensmetoden, friction stir welding (FSW), är en termomekanisk process i fast tillstånd medan en alternativ svetsprocess, elektronstrålesvetsning (EB; electronic beam welding), är en smältsvetsmetod. Ett stort antal FSW svetsförsök har genomförts, och resultaten har visat att processen är stabil med hög repeterbarhet. Optimering av FSW metoden pågår genom att fastlägga processfönstret och demonstrera processens potential för produktion. För referensmetoden, FSW, måste man kunna visa på vilket sätt svetsmaterialets mikrostruktur (kallbearbetning, mycket finkorniga områden, upplösning av sulfider och linjer av oxidinneslutningar), egenskaper och restspänningar skiljer sig från grundmaterialet, samt hur eventuella föroreningar i svetsen, t.ex. ökad syrehalt, och olika typer av svetsfel påverkar kvaliteten. Olika tester har genomförts på FSW locksvetsar för att bedöma deras mekaniska och kemiska egenskaper. I korttidstester (metallografi, hållfasthetsprovning, korrosionsprovning, krypprovning, kemiska analyser, oförstörande provning osv.) har FSW gett bra resultat. Verifiering av mekaniska långtidsegenskaper av svetsgodset sker genom fortsatt krypprovning. Inverkan av oxider och metallpartiklar i svetsgodset studeras, och metoder att minimera olika diskontinuiteter samt oxider och metalliska partiklar undersöks. Möjligheter att använda FSW för reparation av defekter i svetsar som inte uppfyller kraven undersöks genom lokal omsvetsning. Detaljerade kriterier för acceptabla avvikelser för FSW svetsar har inte utarbetats ännu.

Tillförlitligheten hos elektronstrålesvetsning är ännu inte tillräcklig och fortsatt utvecklingsarbete pågår. Olika tester har genomförts på elektronstrålesvetsade (EB) locksvetsar för att bedöma deras mekaniska och kemiska egenskaper med motsvarande tester som används för FSW svetsar. Kornstorleken och troligen även restspänningarna i EB-svetsar är stora jämfört med grundmaterialet och FSW-svetsgodset, medan de mekaniska och korrosionsegenskaperna i korttidstester är acceptabla. Resultat från långtidstester behövs angående kryp- och korrosionsegenskaper också för EB svetsgods.

Oförstörande provning

Oförstörande provning (OFP) har en avgörande betydelse för att säkerställa att kraven på kapseln uppfylls. SKB har börjat arbeta med olika OFP-metoder för insatser. Ultraljud är den lämpligaste tekniken och används vid utvecklingen som preliminär provningsmetod för diskontinuiteter. I segjärn påverkar materialstrukturen ultraljudsprovningen och segjärnet är svårt att undersöka. Det är ändå möjligt att mäta också nodularitet i segjärn med ultraljudstekniker. Kommande utvecklingsarbete syftar till att utveckla provningsmetoder för segjärnsinsatsen. För att kunna kvalificera dessa tekniker man måste känna till förväntade diskontinuiteter och ha preliminära acceptanskriterier. För att förstå resultaten bättre måste materialstruktur, geometri och provningssystem granskas för att förstå eventuella begränsningar i provningsförfarandet. Tillförlitligheten hos de utvalda metoderna bör studeras för att ta fram underlag inför kvalificeringar av metoder för oförstörande provning av insatser. Kvalificeringsprocessen kräver analys av ett antal referensproppar med simulerande defekter för att visa hur stora defekter systemet kan detektera pålitligt.

Alla kopparkomponenter kontrolleras med OFP för att hitta eventuella avvikelser och diskontinuiteter i materialet och för att bekräfta att tillverkningen fungerar acceptabelt. Ultraljud är den mest fördelaktiga tekniken för kopparkomponenter, men materialstrukturen (främst kornstorleken) påverkar ultraljudsprovningen. Lokala strukturvariationer i kopparrör och kopparlock orsakar ojämn dämpning vid ultraljudsprovning. Därför måste extrusions- och smidesprocessen ännu utvecklas t.ex. genom optimering och genom ökad processkontroll. I framtiden kommer befintliga tekniker av såväl ultraljud och röntgenradiografi att undersökas, optimeras och kvalificeras genom praktiska försök och modellering för OFP av kopparhöljet och svetsar. Förutom ultraljud och röntgenradiografi kan virvelströmprovning användas för att upptäcka defekter på eller nära kopparkapselns yta. Denna metod planeras inte att användas av SKB för att ytnära defekter inte förväntas leda till problem för den långsiktiga säkerheten i förvaret. Eftersom kapselytan måste motstå korrosion är det viktigt att det finns inte några ytnära defekter i en färdig kapsel. Ytprovning är ändå mycket viktig och SKB måste bestämma vilka provmetoder som kommer att användas för detta ändamål.

7.2 Kapselns långtidsegenskaper

Bakgrund

Konstruktionsförutsättningarna utgörs av dels krav på säker hantering och lyftning av kapseln vid inkapsling och deponering, dels grundläggande krav på den långsiktiga säkerheten i slutförvaret. Efter deponering kommer kapseln att stå i luft med hög fuktighet vid en temperatur av 90–100°C, som är kopparkapselns maximala temperatur i slutförvaret, innan vattenmättnad av den omgivande bentoniten skett, vilket sker inom 10–15 år (initialtillstånd). Saltdeponeringar förväntas inte uppkomma på kapselns yta. Den termiska konduktiviteten hos en metall är hundratals gånger högre än i bentoniten och berget. Därför förväntas kapseln att ha en jämn temperatur som långsamt sjunker till omgivningens temperatur inom 10 000 år.

SKB undersöker hur kapselns insats och hölje deformeras på grund av yttre påverkan, t.ex. hydrostatiskt tryck, jordbävningar och glaciation, och av inre påverkan genom bildning av korrosionsprodukter i kapseln. Den stråldos som segjärnsinsatsen utsätts för kan leda till materialförsprödning, som utreds. Korrosion av koppar, både allmän, mikrobiell och spänningskorrosion, har ännu kvarstående öppna frågor. Krypning sker under mekaniska påkänningar på kopparkapseln, vilka kan delas i fyra faser: vattenmättnadsfasen, den tempererade och permafrostfasen, den glaciala fasen samt den postglaciala fasen. Vattenmättnadsfasen inträffar strax efter förslutningen av förvaret. Isostatisk tryckuppbyggnad runt kapseln sker på grund av grundvattentryck och svällning av bentoniten. Tryckojämnheter i kapseln kan uppstå som följd av ojämn svällning av bentoniten eller skillnader i bentonitens täthet, vilket orsakar böjspänningar i kapseln, upp till 55 MPa, och lokal plasticering av kopparhöljet. Under den glaciala fasen orsakar isbildningen en långsam isostatisk tryckuppbyggnad i förvaret, upp till 45 MPa. Enligt hållfasthetsberäkningarna och snabba tryckprov motstår kapseln ett yttre tryck på 110 MPa. Därför bedöms sannolikheten för en kapselkollaps att vara liten, men under den glaciala perioden kan oväntade, tidsberoende effekter uppstå genom krypning av segjärnsinsatsen och kopparkapseln under det mycket långa tidsperspektivet. Under det postglaciala tillståndet sker en långsam trycksänkning i förvaret och jordbävningar kan uppstå, vilket kan

påverka kapseln mekaniskt när befintliga sprickor i deponeringshålen aktiveras och orsakar skjuvningar.

Korrosion

Oxidation av koppar sker redan under deponerings- och hanteringskedet samt den ledande tempererade fasen. I slutförvaret kommer kopparkapslarna att exponeras för både allmän och lokal korrosion av olika typ, i komplexa kemiska, mikrobiella och mekaniska miljöer, som dessutom varierar i tid och rum. Spänningskorrosion i koppar sker när speciella förhållanden med avseende på dragspänning, aerob miljö och vissa föroreningar (ammonium, nitrit, osv.) samt mycket långsam töjningshastighet är närvarande. Spänningskorrosion sker i närvaro av en $\text{Cu}_2\text{O}/\text{CuO}$ -komplex film på kopparytan. Nyligen har experimentella resultat publicerats som antyder att spänningskorrosion kan förekomma också i en sulfidhaltig miljö. Av speciellt intresse är att kvantifiera spänningstillståndet i kopparhöljet och i svetsar och att både på experimentellt och mekanistiskt sätt analysera olika kemiska förhållanden omkring kapseln för att utesluta spänningskorrosionsrisken under reducerande betingelser.

Koppar kan oxidera med syre, klorid-, sulfat- och nitratjoner i grundvattnet. Den viktigaste processen för allmän korrosion är sulfidkorrosion som sker i förvaret under hela tiden. Sulfidjoner i grundvattnet reagerar med koppar och kopparsulfid bildas. Olika kopparoxidfilmers betydelse för korrosion av koppar, särskilt i klorid- och sulfidhaltiga vatten, samt mikrobers möjligheter att överleva i bufferten och möjligheten av biofilm på kapselytan och den eventuella betydelsen av detta ska undersökas. Mikrobiella processer kan ge upphov till bildning av sulfid (sulfatreducerande bakterier) som orsakar kopparkorrosion genom bildning av kopparsulfid. Kopparkorrosion i anaeroba kloridlösningar som innehåller sulfid måste undersökas vidare både från geokemiska och mikrobiella synpunkter. Målet för dessa korrosionsundersökningar är att utveckla en korrosionsmodell som kan användas i säkerhetsanalysen.

För att koppar ska korrodera i vatten krävs löst syre, höga kloridhalter, låga pH-värden eller löst sulfid. Szakalos et al. ("Corrosion of Copper by Water". *Electrochemical and Solid-State Letters*, 10(11) C63-C67, 2007) har nyligen meddelat att korrosion

av koppar genom väteutveckling kan ske även i rent, avjoniserat, syrefritt vatten vid 73°C. Forskarna anser att deras nya resultat visar att korrosionsegenskaperna för kopparkapslar i slutförvaret av använt kärnbränsle inte är tillräckligt bra och att KBS-3 konceptet delvis bör omprövas. Enligt forskarna är korrosionshastigheten av koppar i rent syrefritt vatten av storleksordningen mikrometer per år. Det är nu viktigt att den nya frågeställningen om korrosion av koppar i syrefritt vatten undersöks grundligt.

Krypning

Provning av krypegenskaperna hos koppar har pågått under flera år och nyligen har undersökningarna börjats för EB och FSW svetsar. Effekten av långsam pålastning och krypning i fleraxiellt spänningstillstånd undersöks. En validerad krypmodell måste tas fram för att olika tidsberoende förlopp ska kunna beaktas såsom eventuell postglacial skjuvning av kapseln. Också inverkan av fosfor på kryphållfastheten hos rent koppar, fosforns långtidsstabilitet och roll för krypegenskaper måste utredas vidare för att uppnå en tillförlitlig mekanistisk förklaring. Tillsammans med koppars krypegenskaper måste också krypegenskaper av segjärnsinsatsen förklaras tillsammans med andra tidsberoende fenomen, såsom försprödning och vätets påverkan på segjärn. Kallbearbetningseffekter hos koppar orsakad av tillverkning och hantering måste analyseras noggrant och utvärderas i avseende på krypegenskaper, restspänningar och spänningskorrosion.

Hållfasthet

Av största intresse är att studera vilka diskontinuiteter som kan accepteras i segjärnsinsatsen med hänsyn till den spänningsnivå som kan uppstå. Undersökningen ger underlag till kvalitetskontroll av insatsen med oförstörande provning. Också skador som eventuellt uppstår under hanteringen måste analyseras så att kapselns långsiktiga integritet inte påverkas av effekter som uppstår under hantering.

Postglaciala jordbävningar kan orsaka skjuvlaster och plastisk deformation av kapseln som påverkar såväl kopparhöljet som segjärnsinsatsen. Dessa skjuvningar beror både på geologiska händel-

ser och bentonitbuffertens mekaniska egenskaper. Den totala samverkande spänningsnivån som kan uppstå i kapseln under olika kombinerade belastningar (skjuvning och isostatisk last samtidigt) bör kritiskt fastställas och en skadetälighetsanalys, i vilken både deterministiska och probabilistiska kriterier ingår, bör genomföras. Skjuvningshastigheterna är höga och senare tidsberoende töjningshastigheter i koppar och gjutjärn är långsamma. Därför måste också inverkan av töjningshastigheten på koppar och gjutjärn undersökas i kommande hållfasthetsanalyser. En sammanställande hållfasthetsanalys av kapseln inklusive säkerhetsmarginaler, som garanterar den långsiktiga säkerheten, saknas ännu.

7.3 Kärnavfallsrådets slutsatser

- Material och gjutningsprocess för segjärnsinsatsen måste optimeras så att specificerade krav kan uppfyllas. Annars måste någon annan typ av material användas.
- För att garantera tillförlitligheten under hela kapseltillverkningen och slutförvarsperioden måste kvalitetskrav med avseende på tillverkningsdefekter i kapselns alla delar, inklusive svetsar, utvecklas. Dessa kriterier bör beakta materialstruktur, materialegenskaper och defekter såväl i kopparhöljet som i gjutjärnsinsatsen. Kvalitetskraven måste verifieras med metoder för oförstörande provning (OFP).
- Fortsatta korrosionsstudier erfordras inom olika områden: accelererade långtidsförsök för spänningskorrosion, allmän korrosion i klorid- och sulfidhaltiga vatten med bentonit, och mikrobiell korrosion.
- Mekanismer av kopparkorrosion i syrefritt vatten måste undersökas experimentellt för att bevisa om korrosion av koppar genom väteutveckling kan ske i rent, avjoniserat, syrefritt vatten och i grundvatten med bentonit.

8 Buffert

8.1 Kvalitetskontroll med avseende på bentonitkvalitet i slutförvaret

Eftersom bufferten är en så central komponent i slutförvaret måste uttryck som "tillräckligt bra egenskaper" underbyggas med specifika krav på de viktigaste egenskaperna som svällbarhet¹, hydraulisk konduktivitet², kemisk och fysikalisk stabilitet³ etc. preciseras (se närmare beskrivning under rubriken "Byte av referens" nedan).

En hög halt av montmorillonit är viktig för att få en god svällbarhet men inga ansatser för att fastställa gränsvärden för acceptabel halt har ännu redovisats i forskningsprogrammet.

Övriga icke-svällande sekundära lermineral som vanligen förekommer i bentonit är illit och kaolinit dock oftast i låga halter.

Andra vanliga s.k. primära mineral av betydelse i bentonit är kvarts, fältspater, kalcit, gips, siderit och pyrit.

Den relativa förekomsten av dessa mineral och deras respektive partikelstorleksfördelning påverkar bentonitens egenskaper på olika sätt.

Bland förekommande mineral är kvarts och fältspater (silikater) dominerande (15–25 %) och av dessa är kvarts mer stabil mot omvandling och upplösning i kontakt med vatten. Reaktionen med vatten är starkt pH-beroende och medan kvarts i huvudsak kan förväntas reagera vid höga pH-värden ($\text{pH} > 9$) så sker upplösning och ytomvandlingar på fältspater redan i neutral och svagt sur miljö.

¹ Svällbarhet innebär att en hög densitet kan upprätthållas.

² Hydraulisk konduktivitet innebär låg vattengenomsläpplighet.

³ Kemiska och fysikalisk stabilitet innebär mindre risk för omvandling och god mekanisk hållfasthet.

Det finns några olika sätt att definiera mineralpartiklars ytladdning varav pzc (point of zero charge) är det vanligaste. Pzc kan definieras som det pH-värde då ytan har en nettoladdning lika med 0. Om pH är lägre än pzc för ett visst mineral är ytan positiv och vid högre pH alltså negativ.

Pcz-värden för kvarts och fältspater är ungefär 2–2.5, vilket betyder att båda mineralen har negativt laddade ytor i det för slutförvaret aktuella pH-området och kan därför bidra med att adsorbere positivt laddade joner i buffert och återfyllning.

Partiklar av dessa mineral ökar dock troligen porositeten i bentonit genom sin relativa storlek i förhållande till partiklar av montmorillonit och att de är relativt sett mindre påverkade av vatten. Detta påverkar i sin tur den hydrauliska konduktiviteten.

Kalcit och pyrit har båda effekter på porvattnets pH-värde men på olika sätt. Kalcit är relativt lösligt och är ett basiskt mineral som kan neutralisera syror och upprätthålla alkaliska förhållande i bufferten vilket i allmänhet är en fördel.

Pyrit reagerar med och förbrukar löst syre i vattnet och gör därmed miljön mindre korrosiv för kopparkapseln. Reaktionerna med syre sänker dock pH-värdet och kombinationen med kalcit är därför önskvärd.

Gips är förhållandevis lösligt och bidrar till att kalciumjoner och sulfatjoner kan transporteras i porvattnet och orsaka utfällningar av sekundära mineral. Det har dock ingen större effekt på pH-värdet i bufferten. Gips har liksom kalcit den något ovanliga egenskapen att vara mer svårslöslig vid högre temperatur. Det betyder att de har en tendens att bilda utfällningar nära kopparkapseln (som ju har en högre temperatur) i bufferten.

Grundvattnet innehåller ofta både kalciumjoner och vätekarbonatjoner och med tanke på att det råder mycket höga tryck i bufferten kommer jontransport följt av utfällningar och nybildningar av fasta ämnen att ske.

Rådet anser att SKB bör redovisa ett kvalitetsprogram avseende bentoniten till slutförvaret. En kvalitetskontroll bör omfatta den totala mineralsammansättningen såväl som koncentrationen av organiska och oorganiska föroreningar.

8.2 Några synpunkter på SKB:s forskningsprogram med avseende på buffert

Bentonitbufferten är en av de viktigaste komponenterna i slutförvaret. Bentonitens egenskaper och förväntade processer i buffert och återfyllnad är av avgörande betydelse för den långsiktiga säkerheten och utgör viktiga delar i säkerhetsanalysen. En av buffertens viktigaste uppgifter är att förhindra eller fördröja både transport av radionuklider från en eventuellt läckande kopparkapsel och transport av korrosiva ämnen till kapseln.

Kärnavfallsrådet har i en rad tidigare granskningar av SKB:s forskningsprogram bland övriga synpunkter efterlyst en mer sofistikerad modell för sorption av olika joner i bentonitbufferten. En sådan modell beskrivs i Bilaga 3. I Fud 2007 anser dock SKB att sorption i bentonit inte är ett prioriterat forskningsområde. Rådet uppmanar dock SKB att upprätta transportmodeller genom bentoniten för de viktigaste radioaktiva isotoperna med positiv resp. negativ laddning.

Byte av referens

Under mycket lång tid har forskning och utveckling i SKB:s regi utgått från att det är Natriumbentonit av typ Volclay MX 80 som ska användas och dess goda egenskaper med avseende på svällning, "självläkning", gaspermeabilitet, hydraulisk diffusion, fientlighet mot mikrober, retentionsförmåga mot jontransport, mekanisk flexibilitet mot mindre rörelser i berget och kemisk stabilitet varit noggrant studerade och beskrivna.

I Fud 2004 antydde SKB att man avsåg att testa andra sorters bentonit för att få referenser till MX 80, vilket rådet uppmuntrade i sitt yttrande (Kärnavfall – barriärerna, biosfären och samhället, SOU 2005:47). Rådet uttryckte emellertid en oro över att SKB i ett mycket tidigt skede drog slutsatsen att kalciumbentonit har i stort sett lika bra egenskaper och i Fud 2007 har SKB helt lämnat MX 80 som referensmaterial.

Det är onekligen oväntat snabbt marscherat och i Fud 2007 skriver SKB att "det finns ett flertal natrium- och kalciumbentoniter på marknaden som mycket väl kan uppfylla SKB:s krav".

Mindre svällningspotential

SKB medger att kalciumbentoniten har minskad svällningspotential men anser att den har likvärdiga egenskaper vid samma buffertdensitet.

Rådet har i en tidigare kunskapslägesrapport (Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2001, SOU 2001:35) beskrivit skillnaden mellan absorption av vatten i natrium- och kalciumbentonit på viss detaljnivå.

Litteraturdata visade då att skillnaden i svällningspotential är 2-3 lägre för europeisk bentonit än MX 80.

En långsiktig fördel med kalciumbentonit skulle kunna vara att grundvattnet ofta innehåller kalciumjoner och att ett jonbyte mellan natriumjoner i natriumbentoniten och kalciumjoner i grundvattnet ändå skulle medföra en viss omvandling.

Om man från början använder en kalciumbentonit med högre torrdensitet skulle en sådan långsiktig omvandling möjligtvis vara mindre dramatisk än med motsvarande natrium-bentonit.

Vilka egenskaper är avgörande?

Det finns dock en lång rad av andra egenskaper som också är viktiga för den långsiktiga säkerheten och här är osäkerheten mycket större.

Hur påverkas t.ex. förmågan till självläkning (som ju är kopplad till svällningspotentialen), hydraulisk diffusion, gaspermeabiliteten och retentionsförmågan mot radionuklider och övriga joner samt den kemiska stabiliteten av vilken typ av bentonit som används?

En mycket viktig faktor i sammanhanget är förmågan att motstå erosion, dvs. bildande av mycket små partiklar (av storleksordningen mikrometer) som dels utarmar bufferten, dels kan transportera radionuklider från förvaret.

Så länge man använde sig av MX 80 som referensmaterial hade man ju dess egenskaper att utgå från och jämföra med men hur gör SKB nu?

Hur kommer man att prioritera olika (ibland kanske motstridiga) egenskaper och hur fastställs gränsvärden för dessa?

Bentonitens sammansättning och struktur

Bentonitens sammansättning med avseende på mineralfördelning och föroreningar av olika slag (organiska och oorganiska) är naturligtvis också viktig att veta och bör kontrolleras.

Rådet har gett sina synpunkter på detta i ett särskilt textavsnitt.

Rådet har i tidigare yttrande ansett att SKB bör föreslå gränsvärden för föroreningshalter i bentonitbufferten samt kombinationer av dessa.

Denna uppmaning gäller ännu.

Porvattnets sammansättning i såväl omättad som mättad buffert kommer att vara direkt beroende av bentonitens sammansättning inte minst dess föroreningar.

Forskning om montmorillonitstruktur

SKB anger i Fud 2007 att "teknik för att bestämma montmorillonitens struktur skulle utvecklas". och man säger att "tekniken för att bestämma det svällande mineralets strukturformel kommer att vidareutvecklas"

Det är visserligen alltid viktigt att öka sina kunskaper inte minst genom grundläggande studier men det är ändå litet svårt att förstå varför SKB prioriterar just denna forskning.

På vilket sätt avser man att utnyttja de resultat man förväntar sig att få?

Vattenmättnad

Rådet håller med SKB om att vattentransporten i den omättade bufferten är en komplicerad process. Vattentransporten är beroende av bentonitens sammansättning m.a.p. svällande och icke-svällande komponenter, den temperaturgradient som uppstår från kapseln genom bentoniten, hur homogent vattnet tillförs och med vilken hastighet.

Det är onekligen en av nyckelprocesserna i förvaret och kräver därför mycket forskning och utveckling i form av både experiment och simuleringar framför allt med den typ av bentonit som ska användas i bufferten. De försök och modellberäkningar som hittills gjorts grundar sig såvitt Rådet förstår på MX 80 och nu återstår en lång rad tester med andra typer av bentonit.

Inhomogen vattenmättnad och svällning i olika delar av bentoniten längs med kopparkapseln genererar olika tryck- och skjuvspänningar som kan eventuellt rubba kapselns position i höjd- och/eller sidled.

Under vattenmättnadsfasen kan svälltrycket åtminstone tillfälligt var helt olika i olika delar av deponeringshålet.

Även denna oönskade process påverkas av materialegenskaper hos bentoniten som t.ex. hydraulisk konduktivitet och svällningsegenskaper.

Kanalbildning och erosion

Vattentransport och svällning av bentoniten innebär också det finns risk för kanalbildning och erosion. En okontrollerad erosionsprocess är onekligen ett hot mot buffertens långsiktiga funktion och måste begränsas till ett minimum.

I dessa sammanhang är bentonitens hållfasthet väsentlig (ringar, block och pellets) som i sin tur beror på mineralsammansättning, typ och mängd av föroreningar och densiteten vid kompakteringen.

Rådet uppmanar SKB att betrakta motståndskraft mot erosion som en viktig parameter vid det slutliga valet av typ av bentonit.

Jonbyte/diffusion och speciering av radionuklider

En av buffertens viktigaste roller som teknisk barriär beror på dess förmåga att förhindra transport av radioaktiva ämnen som joner eller kolloider från en ev. skadad kopparkapsel.

Transporten av radioaktiva ämnen genom bentonit har undersökts mycket noggrant och en genomgång av möjliga diffusionsvägar och mekanismer finns en Kunskapslägesrapport från KASAM 2001 (SOU 2001:35).

Rådet har också beskrivit flera av de mekanismer som är aktuella vid transport av olika ämnen genom lermineral i ett särskilt avsnitt av detta yttrande.

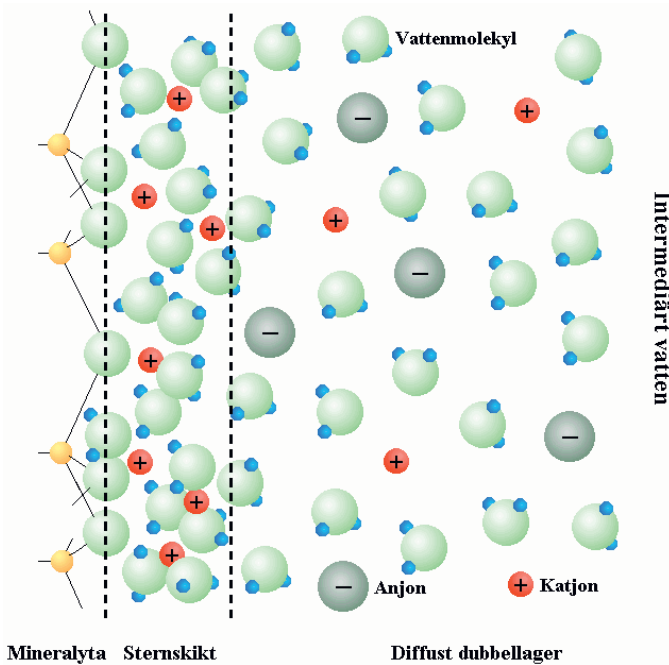
Generellt gäller att transporten av positivt laddade joner (katjoner) och negativt laddade joner (anjoner) är principiellt olika varandra, genom att katjonerna diffunderar genom ytdiffusion i det s.k. Sternskiktet, dvs. skiktet av vatten molekyler som befinner sig närmast mineralytan medan anjonerna enbart diffunderar genom

det s.k. intermediära vattnet längre ut från mineralytorna (se figur 8.1).

Genom att transportmekanismerna för positiva och negativa joner genom bufferten är helt olika specieringen av radionuklider stor betydelse.

De studier av redoxkinetik för olika oxiderade former av radionuklider som aviseras i Fud 2007 har därför rådets fulla stöd.

Figur 8.1 Transporten av positivt och negativt laddade joner



Bildning av kolloider av korrosionsprodukter från kapseln (t.ex. magnetit) och därtill hörande adsorption och transport av radionuklider är också en kritisk faktor. Större kolloidala partiklar kan tänkas reducera antalet flödesvägar genom deponeras i bentonitens porer medan små oladdade kolloidala produkter som är opåverkade av laddningseffekter skulle kunna öka rörligheten av radioaktiva ämnen.

Fördelningen av porernas storlek i bufferten är därför en viktig parameter som i sin tur också beror av bl.a. bentonitens sammansättning. Det är genom dessa porer som oönskade transporter sker

Valet av bentonit är alltså långtifrån någon trivial historia.

Experimentella data tyder på att diffusionskoefficienterna är ungefär tio gånger högre i kalciumbentonit än natriumbentonit (Choi & Oscarson, 1996) vilket visar att sammansättningen har stor betydelse för bentonitens egenskaper.

Montmorillonitomvandling

Omvandlingen från smektit till illit har fått ett särskilt textavsnitt i detta yttrande.

En speciell egenskap hos montmorillonit är att det är ett lågt utbyte av fyrvärd kisel i de tetraedriska skikten (siloxanskikten) i mineralet.

Illit karakteriseras bl.a. av ett utbyte av trevärd aluminium mot fyrvärd kisel i dessa skikt som ger upphov till negativt laddade ytplatser och en starkare adsorption av katjoner av vilka kaliumjoner har avgjort störst betydelse och gör att leran tappar sin egenskap att svälla i vatten.

Omvandlingen från smektit till illit kan förväntas ta relativt lång men den högre temperaturen närmast kapseln och ökad tillgång på kaliumjoner från lakning av krossat berg och betong kan påskynda förloppet.

Rådet har i tidigare yttranden uppmanat SKB att studera betydelsen av en begränsad illitisering och denna uppmaning kvarstår.

8.3 Kärnavfallsrådets slutsatser

- De viktigaste egenskaperna hos materialet i bufferten bör specificeras och gränsvärden med avseende på t.ex. svällningspotential, retentionsförmåga gentemot radionuklider, kemisk stabilitet, hydraulisk diffusion, motståndskraft mot erosion samt halt av föroreningar (oorganiska såväl som organiska) bör fastställas.
- Mekanisk hållfasthet och kemisk stabilitet för kompakterade komponenter i bufferten ska säkerställas.
- Transportmodeller för de viktigaste radioaktiva isotoperna (med positiv och negativ laddning) genom bentoniten bör upprättas.

9 Återfyllning och förslutning

9.1 Återfyllning av deponeringstunnlar

Återfyllning av deponeringstunnlar och deponeringshälens översta delar planeras av SKB att utföras med naturligt svällande lera (Friendlandlera) i form av block, pelletar och granuler. Packningen och svällningen är avgörande för hur stort vattenflödet blir – en komplicerad balansgång mellan tillräcklig vattenmängd för buffertens bevätning och begränsat vattenflöde för hindrandet av erosion. All erfarenhet av packning vid kolonnförsök – också med bentonit – visar, att det lätt uppstår oförutsedda väggeffekter och kanalbildning, även i kolonner med helt släta väggar. Problemen blir inte mindre i sprängda tunnlar med skrovliga väggar, tak och golv samt punktvisa inflöden av vatten. Försök har nu påbörjats i det nyuppförda Bentonitlaboratoriet på Äspö.

Rådet anser att de pågående försöken är mycket angelägna och att försök också måste genomföras med de vattenflöden som kan förväntas i deponeringstunnlarna.

Återfyllningen är en kritisk process i slutförvaret. Kravspecifikationen på återfyllningen har inte ändrats under lång tid (samma krav anges t.ex. i Fud 2004 och Fud 2007) men ändå har SKB ännu inte slutgiltigt bestämt sig för vilket koncept som ska användas. Intrycket är att SKB under ganska lång tid har underskattat de svårigheter som uppstår i samband med återfyllning av borrhålor och sprängda tunnlar och måste nu arbeta med flera koncept parallellt.

Det slutliga valet av material och metod måste i varje fall vara klara i samband med att ansökan om anläggning av slutförvar ska lämnas in. Återfyllning av deponeringshålen sker ju i direkt anslutning till att kopparkapslar och buffert ska deponeras där och de

båda aktiviteterna blir därigenom starkt kopplade till varandra i tid och rum.

Materialval och vattenmättnad

I en teknisk rapport från 2006 (TR-06-14) gjordes modellberäkningar av vattenmättnaden för tre olika koncept: en blandning av bentonit och bergkross (30/70), ren Friedlandlera och en återfyllning med omväxlande bentonit och bergkross (den s.k. sandwichmodellen). Slutsatsen är att tiden för vattenmättnad i återfyllningen varierar beroende på materialet och är betydligt längre (ca 10 ggr) för ren tätpackad Friedlandlera än för en blandning av bentonit/bergkross.

Om kompakterade block av Friedlandlera används blir skillnaderna ännu större. en hydrauliska konduktiviteten i återfyllningen kommer under alla förhållanden att vara betydligt högre än i ett sprickfritt berg men fördelen med kompakterade block av Friedlandlera är att det blir betydligt lättare att kontrollera den kemiska sammansättningen än i en blandning mellan bentonit och bergkross vars sammansättning är mer inhomogen och vars innehåll kommer att vara mer varierande.

Den mineralogiska sammansättningen hos Friedlandlera ges i TR-06-18 och av tabell 1–8 framgår att leran innehåller ca 30 vikt % svällande material (smektiter). Andra huvudbeståndsdelar är kvarts, kaolinit, glimmer, fältspater och illit vilka alla är icke-svällande mineral. De kan dock fylla en annan viktig uppgift, nämligen att ge återfyllningen den stabilitet som krävs för att hålla emot buffertens svällning när den vattenmätts. Denna egenskap hos återfyllningen har av Kärnavfallsrådet prioriterats i tidigare yttranden över SKB:s forskningsprogram. Det är därför enligt Rådets mening viktigt att SKB under den närmaste perioden gör en forskningsinsats för säkerställa att det valda konceptet kan uppfylla detta kriterium.

Gränsytorna är kritiska

SKB avser att täta gränsytor mot tak och väggar i deponeringstunnlarna med hjälp av bentonitpellets. Man kan förvänta sig att vattenmättnaden av återfyllningen kommer att ske via omgivande berg och att insipprande vatten rinner längs tak och väggar. Den

första kontakten med återfyllningen sker alltså genom spalten med bentonitpellets som naturligt nog inte kan ha samma densitet som de innanför liggande kompakterade blocken av Friedlandlera.

Det gäller därför att bentoniten inte följer med vattnet och lämnar ett tomrum efter sig innan den hinner svälla som gör att vattnet därefter kan flöda mer fritt. SKB bör redovisa hur den långsiktiga säkerheten påverkas av eventuella hålrum. Enligt TR-06-18 tabell 1–6 beräknas 20 % av tunnelns area utgöras av pellets. Enligt Rådets uppfattning är det alltså gränssytorna mot berget och bufferten som av olika anledningar utgör de kritiska områdena i samband med vattenmättnaden och kräver därför särskilda insatser i forskningsprogrammet.

Processer vid mättade förhållanden

Vattenmättnaden kan enligt SKB:s egna beräkningar ta en mycket lång tid (hundratals år). Man kan knappast förvänta sig att den hydrauliska konduktiviteten därefter ska vara lika låg som i omgivande berg (sprickfritt). Medeldensiteten kan också förväntas vara lägre än i bufferten på grund av att innehållet av smektiter är lägre och det blir betydligt svårare att åstadkomma en lika tät packning som i deponeringshålet. Vilka konsekvenser får då detta? Förhållandena för bakterietillväxt kan t.ex. förväntas vara bättre än i bufferten. Detta kan i sin tur öka lösligheten av vissa mineral och det kan finnas risk för kanalbildning och erosion. Erosion kan naturligtvis också åstadkommas genom andra processer t.ex. genom upprepad frysning och upptining i återfyllningen. Om radioaktiva kolloider och radionuklider slipper ut genom bufferten kan transporten genom återfyllningen ske betydligt lättare än i omgivande berg åtminstone om detta är sprickfritt. Porerna i återfyllningen kan förväntas vara större och den specifika jonbyteskapaciteten lägre än i bentonitbufferten.

Eventuella transportern av radionuklider är liksom i bufferten beroende av deras sammansättning och laddning dvs. speciationen. Det finns alltså ytterligare en anledning för SKB att bestämma speciationen och red-ox reaktioner hos de viktigaste radioaktiva isotoperna i slutförvaret. Rådet uppmanar SKB att bedriva sådan forskning.

9.2 Förslutning – Återfyllning av andra utrymmen än deponeringstunnlar

Med *förslutning* av slutförvaret omfattas återfyllning och pluggning av alla andra utrymmen än deponeringstunnlarna, nämligen stamtunnlar, transporttunnlar, centralområde samt ramp och schakt för transport och ventilation. Dessutom ingår förslutning av undersökningsborrhål från ytan.

Val av material och metod för förslutning definieras av ett antal specifika krav som anges i avsnitt 16.2. Kraven innebär bl.a. att förslutningen ska säkerställa att återfyllningen av deponeringstunnlarna hålls på plats och att de övre delarna av schakt och ramp ska klara en period med permafrost.

Det återstår att redovisa på vilket sätt dessa krav implicerar val av en viss typ av utformning och material. I Fud 2007 omnämns en rad olika alternativ som krossat berg, blandningar av krossat berg och bentonit samt blandningar av kvartssand och bentonit. Man kan troligtvis utgå ifrån att den bentonitkvalitet som ska användas i förslutningen kommer att vara av lägre kvalitet än i bufferten med avseende på sammansättning och innehåll av svällande komponenter (smektiter). Detta med tanke på kostnaderna.

För att klara de krav som har definierats i Fud 2007 kan utformningen göras så att olika typer av material används i olika delar av förslutningen. Området närmast deponeringstunnlarna bör kännetecknas av en viss styvhet för att motstå svällningen av den lera som kommer att användas i dessa medan andra områden i förslutningen huvudsakligen ska vara täta och förhindra vattenflöden. Rådet finner det förvånansvärt att de problem, som kan uppstå under den förväntade klimatförändringen på grund av växthus-effekten, inte diskuteras, t.ex. högre nivåer och flöden av grundvatten samt förändrad vattenkemi och högre havsnivå, sannolikt redan under byggtiden.

Kravet på att förslutningen ska klara av perioder av permafrost innebär troligen bl.a. att åtminstone området närmast markytan ska innehålla förhållandevis lägre vattenhalt eftersom fruset vatten har en stor sprängkraft. Förslutningen kan alltså utformas sektoriellt av områden med delvis olika egenskaper som totalt sett uppfyller önskvärda krav. Den exakta utformningen av förslutningen ska bestämmas av bergets egenskaper med avseende på t.ex. sprickor på olika djup, men det gäller att då veta vilka egenskaper olika mate-

rialval – och blandningar av material – har och hur dessa kan samverka på bästa sätt.

Förslutningsaktiviteterna ligger av allt att döma långt bort i tiden, kanske 2-3 generationer. Det har därför hittills inte ansetts vara nödvändigt att avsätta resurser för att slutgiltigt bestämma metod och material för processen. Däremot är det viktigt att SKB kan redovisa en referensutformning av förslutningslinjen på ett sådant sätt att de initialvärden som behövs för säkerhetsanalysens beräkningar, kan bedömas vara trovärdiga. Detta måste kunna redovisas tydligt senast i säkerhetsanalysen (SR-Site) som bifogas ansökan om en slutförvarsanläggning.

9.3 Kärnavfallsrådets slutsatser

- Det slutliga valet av material och metod för återfyllning måste vara klart senast i samband med att ansökan om att anlägga ett slutförvar lämnas in.
- Gränstorna mellan återfyllningen och bufferten respektive berget kräver särskilda forskningsinsatser.
- SKB behöver överväga de problem som kan uppstå under den förväntade klimatförändringen (på grund av växthuseffekten), t.ex. högre nivåer och flöden av grundvatten samt förändrad vattenkemi och högre havsnivå, sannolikt redan under bygg-tiden.
- Den slutliga utformningen av förslutningen ska bestämmas av bergets egenskaper med avseende på t.ex. sprickor på olika djup och salthalt. Detta förutsätter dock kunskap om vilka egenskaper olika materialval – och blandningar av material – har och hur dessa kan samverka på bästa sätt.

10 Geosfär

10.1 Bergbyggnadsteknik

Svensk bergbyggnadsteknik framställs i en mycket positiv dager ("lång erfarenhet", "utveckling av världsledande teknik"), men det hade varit på sin plats att också påtala de brister i teknik och utförande, som på senare år framkommit främst vid tunnelarbeten. Att utvecklingsbehovet i detta sammanhang verkligen är stort framgår med all tydlighet av figur 12.1, där endast fyra delområden har känd och beprövad teknik, medan elva delområden har teknik, som först måste testas och två eller tre delområden har teknik, som inte är känd eller tillräckligt utprovad. Vid jämförelse med de andra teknikområdena i Fud 2007 är utvecklingsbehovet sålunda störst inom bergtekniken enligt SKB:s egen bedömning. Man kan då fråga sig, dels varför dessa insikter inte kommit fram tidigare, dels hur man ska hinna utveckla tekniken fullt ut. Det gäller här att utföra mycket kvalificerade bergarbeten med stor precision och säkerhet – inget moment får misslyckas!

Kraven på de metoder och den utrustning som ska användas vid bygget av slutförvaret förefaller realistiska. Det finns ett implicit krav som skulle kunna formuleras på följande sätt:

- Driften av förvaret ska ordnas så att deponeringen av de olika kapslarna inte stör varandra

SKB nämner två beprövade metoder för stabilisering av borrhål, att installera perforerade rostfria plåtar, eller att stabilisera dem med cement. Man bör observera, att vid cementstabiliseringen ska cementen vara cement med låg pH, samma typ som man har utvecklat för injektering, för att inte höja pH i grundvattnet. En annan sak är, att alla borrhål inom området är potentiella kortslutningar för grundvattnet (dvs. kontakt uppstår mellan olika grund-

vattenförande horisonter), varför borrhålen bör injekteras så snart som möjligt.

Bergkartering

Bergkartering av tunnlar och deponeringshål är av stor vikt, varför det är mycket tillfredsställande att nya metoder som laserscanning ger snabbare och noggrannare kartering och att geofysiska borrhålsinstrument, t.ex. ultraljudmätning, utvecklats, som ger förbättrade möjligheter till geologisk tolkning av bergets egenskaper, t.ex. identifiering av sprickors orientering. Förhoppningsvis kan detta också innebära utveckling av metodik för systematisk klassning av bergets heterogenitet.

Rådet har påtalat behovet av sådan metodik vid två tidigare Fudgranskningar (2002:63, 2005:47). Sådan klassning krävs dels för att kunna göra en objektiv jämförelse mellan olika delområden eller tunnelavsnitt, dels för att få möjligheter att verifiera det statistiska angreppssätt, som nyttjas vid modellering.

Bergspänningsmätningar

Bergspänningsmätningar är av synnerlig vikt. Samma metoder har använts i bägge områdena och de har fungerat på avsett sätt i Oskarshamn och ner till 250-400 m djup i Forsmark (enligt rapporten "Platsundersökning Forsmark 2002-2007") men tyvärr inte på större djup i Forsmark, där de unika bergförhållandena påverkat resultaten av mätningarna (SKB:s Rapport R-07-26). Överborrningsmetoden fungerar dåligt i det kvartsrika berget i Forsmark, vilket ger förhöjd temperatur vid borrningen med utbildning av mikrosprickor, som stör mätresultaten, särskilt i den tunnväggiga överborrningscylinder som använts. I Rapport R-07-26 anges, att endast 30% av försöken med överborrningsmetoden har blivit lyckade och att överborrningscylindern borde modifieras. De hydrauliska metoderna har också visat sig ha stora begränsningar. Slutsatsen i nämnda rapport är att metoden med hydraulisk spräckning i vertikala borrhål för att mäta horisontalspänningar inte är tillämplig i den geologiska miljön i Forsmark! Enligt rapporten "Platsundersökning Forsmark 2002-2007" finns endast "få trovärdiga resultat på 500 m djup", men man anser ändå att resultaten

stämmer bra med den genom indirekta observationer "uppskattade spänningen". I Fud 2007 s. 335 anges att metoderna förefaller "ge en tämligen samstämmig bild av spänningssituationen ner till nivåer omkring eller något över de studerade djupen för ett slutförvar" (jämför 250-400 m resp. 450-500 m) I Rapport R-07-26 står däremot, att resultaten från hydraulisk spräckning var signifikant lägre än resultaten från överborrning! Uppgifterna om resultaten av bergspänningsmätningarna är sålunda delvis motsägelsefulla och dessutom är resultaten osäkra. Detta är en mycket besvärande situation för SKB, som dock anser att ytterligare utveckling av metoder för bergspänningsmätningar i borrhål från markytan inte är motiverade och att en övergång till grövre dimensioner i borrhålen är alltför kostsam. Man ska i stället avvakta information om spänningstillståndet genom deformationsmätningar i samband med tunneldrivningen. Men då har man ju redan valt plats och kanske hamnat fel!

Det finns också svårigheter med deformationsmätningar i samband med tunneldrivning. I våra styva skandinaviska bergarter och de spänningstillstånd som kan väntas på förvarsnivån, är det mycket svårt att få representativa mätningar för spänningstillståndet. Ett bättre alternativ kunde vara ett system baserat på hydraulisk spräckning på kort avstånd, ca 15 till 30 m, där man kunde göra ett stort antal mätningar och statistiskt korrigera spridning och osäkerheter.

Rådet finner det besvärande, att hittills utförda, lyckade bergspänningsmätningar i Forsmark är få och osäkra på planerat förvarsdjup (450-500 m enligt Fud 2007 s. 63)). De långtgående slutsatser, som dras av resultaten, kan påverka såväl platsvalet som konstruktionen och byggandet samt på längre sikt också beständigheten av förvaret. Rådet anser det därför nödvändigt, att kunskaperna om bergspänningarna förbättras, framför allt på planerat förvarsdjup i Forsmark, avsevärt förbättras, innan slutligt val av plats görs. Enligt uppgift finns dock ännu inte publicerade resultat som eventuellt kan klarlägga vissa osäkerheter.

Hydrotester

Hydrotestutrustningar av två typer kommer att tas fram, bl.a. för snabb mätning i sonderingsborrhål.

Det finns existerande metoder för hydrotester. Ett problem med dem är att det tar relativt lång tid att få mättningsresultat eftersom vattenflödet i berg med liten permeabilitet också är litet. Mätningstiden kan ge svårigheter för planering av åtgärder vid byggnad.

Ett annat problem är påverkningar av öppna borrhål till grundvattenbalansen i berggrunden. Det finns i alla planerade områden mycket salthaltigt grundvatten nedanför den planerade förvarsnivån. Om borrhål tränger in i detta område, det finns en viss risk, att det salta vattnet stiger uppåt. Detta medför en utökad korrosionsrisk i förvaret.

Mätning av vattenflöden i ramp och tunnlar. Det finns beprövade, enkla mätsystem för vattenflöde i ramp och tunnlar, s.k. mätdammar. Finmaterialproblem med dessa går att lösas med rätt design.

Ett annat problem är att en del av det inkommande vattnet avdunstar, och aldrig når golv och dammar. Vattenmängden är inte stor, men när man har strikta mål med vattentäthet för utrymmen, kan denna effekt ändå vara betydande. SKB borde utreda storleken av denna effekt.

Tätning med injektering

Kärnavfallsrådet anförde redan vid granskningen av Fud 2001 (SOU 2002:63), att nya rön från injektering med kiselstoft borde studeras liksom olika metoder för injektering i sprickor för att åstadkomma "en bestående begränsning av vattengenomsläppligheten i det berg, som kommer att omge djupförvaret utan att den kemiska miljön påverkas negativt". Men först i Fud 2004 drog SKB samma slutsats och sedan dess har FoU-satsningar gjorts såväl på injekteringsmetoder som injekteringsmedel. Det återstår trots detta många problem att utreda, t.ex. att injekteringsbruk inte tränger in i de finaste sprickorna och metoder att utveckla, t.ex. för kontroll av vatteninflödet. Behoven framgår i figur 12.1. Ett omfattande program har lagts fram för forskning, t.ex. om erosion respektive beständighet av bruk, i såväl egen regi på Äspö som vid högskoleinstitutioner och andra huvudmän.

SKB har i laboratorie- och pilotskala, tillsammans med Posiva, i stort sett lyckats uppfylla de krav man har bestämt för injekterings-

material och –resultat. Det finkorniga låg pH cementet och silica fume/sol känns som fungerande lösningar. Dessa måste dock testas i full produktionskala.

Rådet anser att ytterligare forskning och utveckling inom detta område är nödvändig och brådskande, varför ett detaljerat tidschema borde presenteras med angivelser av vilka moment, som måste vara färdiga vid olika brytpunkter.

Borring och sprängning

SKB har gjort ett omfattande arbete i optimering av borring och sprängning. Det ser ut som att metoden med fördel kan användas för att uppnå de mål beträffande EDZ och tunnelform som man har angivit.

Med försiktig sprängning är det möjligt att mikrosprickning orsakad av borrhålsladdningen kan styras så att den inte bildar något sammanhängande system, och därmed inte markant ökar bergets permeabilitet i tunnelväggar. Detta återstår dock att bevisa med fullskaletester.

Emulsionssprängämne SSE har ett antal fördelar i sprängningen. Det finns dock ännu olösta problem. Dagens laddningsmaskiner fungerar ännu inte tillräckligt pålitligt, så att man kunde reglera laddningsfaktorn i olika hål med önskat sätt. Laddningsmaskiner ska utvecklas och testas markant mera, förrän de kan tas i drift vid uppförande av slutförvaret.

För bergförstärkning kan SKB i princip använda samma beprövade metoder som i infrastrukturtunnlar. Den enda skillnaden är behovet för en låg pH cement, som man redan har diskuterat i punkt 12.4.

Omvänd stigortsborring är en etablerad teknologi som väl fyller de krav man har givit för deponeringshål. Avfasning av deponeringshålet är mera problematisk. Det kan bli tidskrävande med båda föreslagna metoder, linsågning och vattenjet. SKB bör utreda möjligheten att deponera kapslar utan avfasning av deponeringshålet, vilket innebär högre tunnel eller annan typ av deponeringsmaskin.

SKI framförde vid granskningen av Fud 2004, att SKB borde överväga fullortsborring av deponeringstunnlar och deponeringshål. Det är därför anmärkningsvärt, att en uttömmande jämförelse mellan konventionell borring/sprängning och fullortsborring

inte redovisas. Med en ytterst knapphändig motivering förordas försiktig borrhning och sprängning i alla tunnelsystem i slutförvaret. Hela detta avsnitt behandlar nyvunnen kunskap om skadezonen eller den störda zonen (EDZ) och hur sprickbildning ser ut i denna zon. Åtgärder för att minska zonen omfattning och att kontrollera zonen utbredning och egenskaper, framför allt dess hydrauliska, samt att täta zonen är av central betydelse för lagrets funktion och säkerhet. Zonen hydrauliska egenskaper kommer nu att studeras i ett storskaligt mätförsök runt en sprängd tunnel med realistiska förhållanden. Geofysiska mätmetoder borde prövas och utvecklas. En särskild grupp kommer att etableras på Äspö med specialisering på ortdrivning med injektering. Utveckling av metoder för bergförstärkning och borrhning av deponeringshål kommer att ingå i programmet.

Rådet vill framhålla att allt detta är i högsta grad nödvändiga insatser, som bör tidplaneras i detalj och utföras på ett kvalificerat sätt. Rådet kräver en motivering, varför fullortsborrhning övergivits samt en bättre beskrivning av den störda zonen utbredning och egenskaper vid borrhning - försiktig sprängning.

10.2 Geosfären

Berggrundens värmeledningsegenskaper

Berggrundens värmeledningsegenskaper är av stor betydelse för värmespridningen från kapseln och därmed för deponeringsgeometrin, främst avstånden mellan kapslarna. Ett generellt samband mellan densitet och värmeledningsförmåga har demonstrerats och verifierats genom laboratorieundersökningar på borrhärnor. Borrhålsloggning med gammasonder har prövats för mätning av densitetsvariationer.

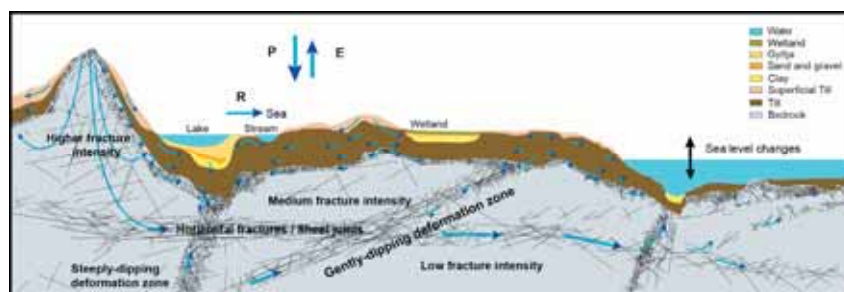
Rådet anser att fortsatt utveckling av rationella och billiga fältmetoder, särskilt fullskalemeter är angelägna programpunkter.

Grundvattenströmning

Programmet för grundvattenströmning i Fud 2004 var ambitiöst och dessutom tillförde myndigheterna och Rådet förslag och synpunkter, som helt eller delvis beaktats; dock inte Rådets förslag om bestämning av grundvattenbildningens storlek på stort djup med

flera av varandra oberoende metoder. Genomförandet av det omfattande programmet har gjorts dels i samband med platsundersökningarna, dels vid säkerhetsanalysen; dessutom i form av fristående projekt. Många värdefulla resultat har uppnåtts, dels modellutveckling, dels om platsspecifika förhållanden, bl.a. har ny, intressant kunskap erhållits om den ytnära hydrogeologin (se figur 10.1) och om sambandet mellan geosfär och biosfär. Simuleringar vid öppet förvar över påverkansområdet vad gäller sänkt grundvattenyta, inflöden av grundvatten till förvaret samt uppransporten av saltvatten har gett viktig information för framtida design och byggande.

Figur 10.1 Begreppsmodell av de ytnära grundvattenförhållandena i en tvärsnitt från inlandet till kusten vid Forsmark



Källa: SKB Rapport R-07-49.

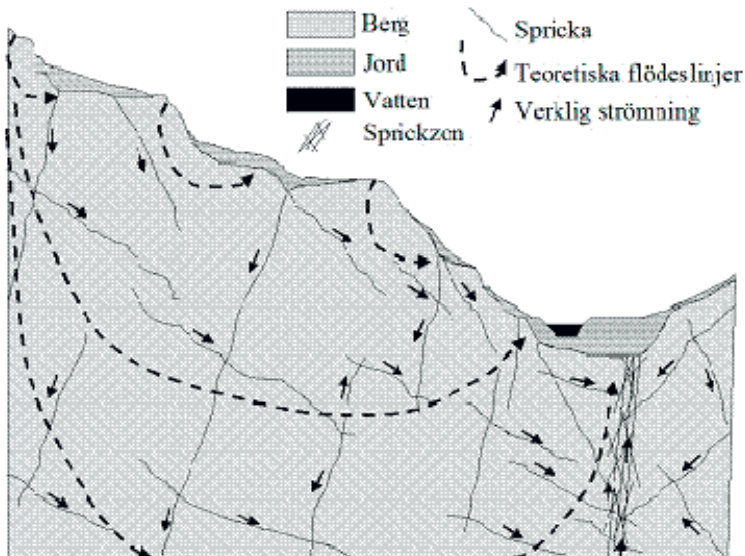
Figuren bygger på ett mycket stort faktaunderlag. Den visar att grundvattnets strömningsmönster styrs dels av topografin, dels av främst horisontella och flacka sprick- och deformationszoner men också av brant stående sprickzoner.

Rådet anser att ytterligare aspekter om förändringarna vid öppet förvar bör utredas dels förändringar i grundvattenkemin på grund av syresättning och "kortslutning", dvs. kontakt uppstår mellan olika grundvattenförande zoner, vilket t.ex. kan ge andra salthalter, dels ändrade bergspänningsförhållanden.

Storregional grundvattenströmning är ett principiellt viktigt problemområde, som på förslag från myndigheterna och rådet, blivit föremål för en mycket omfattande modellering i östra Småland. Resultaten visar, att de topografiska förhållandena i landskapet betyder mest för strömningen, vilket gör att ett stort antal

in- och utströmningsområden för grundvatten utbildas i detta småkuperade landskap, dvs. i huvudsak lokala flödesprocesser även från förvarsdjup. Medianlängden på flödesvägarna är ca två kilometer, medan flödesvägar på mer än tio kilometer är ytterst få. Vidare framgår att sprickzoner och diabasgångar har betydelse för det lokala strömningsmönstret, vilket tidigare framhållits i Kärnavfallsrådets kunskapslägesrapporter 2001 och 2004 (se figur 10.2). Storregionala krosszoner tycks dock inte påverka det storskaliga strömningsmönstret, vilket är förvånansvärt. Slutsatsen skulle alltså bli, att ett inlandsförvar inte skulle vara att föredra framför ett kustnära – förutom vad gäller salthalten.

Figur 10.2 In- och utströmningsområden samt grundvattnets strömningsmönster i en dalgång med varierande topografi och tunt jordtäckte på sprickigt, hårt berg.



Källa: SOU 2004:67; Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2004.

Det verkliga strömningsmönstret avviker kraftigt från det teoretiska beroende på sprickor och sprickzoner (Olofsson et al. 2001).

SSI har granskat rapporten med hjälp av två externa experter och har vissa invändningar, främst att SKB inte låtit utvärdera och jämföra specifika platser, trots att sådan identifierats.

SSI har därför begärt kompletteringar på vissa punkter, bl.a känslighetsanalyser av modelleringsresultaten, systematisk analys av hur topografiska skalor påverkar flödesmönstret på några specifika platser samt bestämning av spridningen av flödes- och transportegenskaperna inom några intressanta områden.

Rådet tillstyrker SSI:s begäran och vill framhålla vikten av studier av ett mindre antal områden av olika karaktär (topografi, berggrund med olika vattengenomsläpplighet, barriäregenskaper respektive stora sprickzoner, jordlagerförhållanden). För att reducera osäkerheter om dylika parametrars utbildning i terrängen och t.ex. grundvattenytans läge i inströmningsområden (av betydelse för grundvattenbildningens storlek och strömningsmönstrets utformning) och jordlagren i utströmningsområden vore kompletterande, enkla fältundersökningar av värde inom utvalda, begränsade områden. Kanske kan då topografins dominerande effekt modifieras, om t.ex. täta jordarter i terrängens lågpunkter förhindrar utströmning. Likaså borde modellens sidoränder kontrolleras i några punkter, där sprickzoner eller diabasgångar skär ränderna, vilket kan innebära att ytvattendelare (= sidoränder) och grundvattendelare inte sammanfaller. Tilläggas bör att topografins betydelse också studeras i ett pågående doktorandarbete på KTH med stöd av SKI. Intressant är att områden med olika topografi (Forsmark, Oskarshamn, Vetlanda och Älvdalen) därvid modelleras.

SKB:s program för grundvattenströmning upptar i huvudsak vidareutveckling av de hittills använda modellerna, t.ex. en ny rutin för partikelspårning, ytterligare förbättringar av identifiering av in- och utströmningsområden samt simulering av grundvatten över en eller flera glaciationscykler.

Rådet anser programmet angeläget, men saknar programpunkter för modellering av de ändrade hydrologiska och hydrogeologiska förhållandena vid en förväntad klimatförändring på grund av växthuseffekten, vilka berörs i Kunskapslägesrapporten 2007.

Rörelser i intakt berg

Ny värdefull kunskap har tagits fram bl.a. beträffande den positiva betydelsen av små mothåll (vid försök med en trycksatt gummi-blåsa) för att förhindra bergets spjälkning i deponeringshål, medan en negativ effekt genom termiskt inducerad spjälkning kan uppstå i torra deponeringshål, om buffert och pelletfyllning inte tillräckligt

snabbt tar upp vatten. Ett kvarstående och betydande problem är - som tidigare berörts i 10.1 - att de använda metoderna för att mäta bergspänning visat sig fungera dåligt på större djup i Forsmark. Överborrningsmetoden kan ge överskattade värden på större djup och hydrauliska metoder orsakar enbart flacka sprickor.

Rådet har tidigare påpekat (SOU 2002:63), att relationen mellan landhöjningens intensitet i olika områden och sprickornas öppenhet och därmed deras vattenavgivande förmåga borde studeras. Norska studier har visat ett tydligt samband, vilket påpekats i Rådets kunskapslägesrapport 2001. Effekten kan framför allt ha betydelse på lång sikt och bidra till diskussionen om nord/syd- lokalisering.

Rådet finner det viktigt att genomföra generella studier på vilken effekt rådande bergspänningar har på vattengenomsläppligheten i sprickor i olika riktningar - i en del riktningar kan genomsläppligheten öka, i andra minska, vilket kan ha betydelse för detaljdesignen av förvaret.

Termisk rörelseförmåga

Det finns en relativt liten risk att kapslarna orsakar någon större termisk rörelse. Om analyserna skulle visa detta, kan dock effekten minskas genom att öka avståndet mellan kapslarna.

Reaktivering - rörelse längs befintliga sprickor

Nyvunnen kunskap gällande maximala skjuvrörelser betingade av jordskalv visar, att dessa blir avsevärt mindre än nu gällande kapsel-skadegräns ned till 200 meters avstånd från skalv av magnitud sex. I en radarsatellitstudie har inga rörelser kunnat observeras i något regionalt lineament eller någon sprickzon i Forsmarksområdet, däremot i lösa sediment och fyllnadsmassor.

I slutförvaret kan risken starkt reduceras genom att inte deponera några kapslar in i områden närmare än 20 till 30 meter från sådana strukturer. De föreslagna simuleringsförsöken och testerna fyller väl sin plats.

Programmet fortsätter med - enligt Rådets uppfattning - angelägna projekt bl.a. simuleringar av effekterna av större jordskalv, utveckling av analyserna dels av förändringar av genomsläpplig-

heten i sprickor i närområdet vid bygge, termisk påverkan och under en glaciationscykel, dels av stabilitetsförhållandena och spänningsutvecklingen i jordskorpan under en glaciationscykel.

Rådet finner det däremot olämpligt, att mätningarna med Global Positioning System (GPS) i Forsmark för att kartlägga eventuella pågående berggrunds rörelser längs vissa zoner planeras avslutas detta år. Rådet har tidigare framhållit (SOU 2005:47) att GPS- mätningarna i såväl Forsmark som Oskarshamn borde fortsätta en längre tid såsom i Finland, men med färre antal stationer respektive måttillfällen än hittills. Instrumenteringen och bearbetningstekniken utvecklas, varför allt noggrannare och säkrare resultat erhålls. Dessa kan vara ett värdefullt underlag vid behandlingen av platsansökan men mätningarna bör sedan fortsätta vid den valda platsen för långtidsövervakning vid byggande och drift av förvaret.

Ett tillägg i kontrollprogrammet kunde vara att så snart som möjligt installera ett mikroseismiskt monitoringssystem vid det valda slutförvarsområdet.

Sprickbildning

Denna problematik behandlades till stor del i 26.2.5. Modellering av sprickbildningen är dock viktig, och framsteg har gjorts, speciellt med beräkningskoden Fracod. Detta kan möjligen tillämpas i samband med tester föreslagna i avsnitt 26.2.5 i Fud-rapport 2007.

Tidsberoende deformationer

Det föreslagna programmet är bra. Inom ramen av det finska KYT (nationell kärnavfallsforskning) har man gjort en del modellering och testning gällande tidsberoende deformationer i bergmassor. Samordning med dessa arbeten kunde vara av värdefull.

Advektion/blandning – grundvattenkemi

Platsmodeller för såväl Forsmark som Laxemar har tagits fram, varvid både grundvattenkemiska och hydrogeologiska data nyttjats. Datormodellerna har upparbetats. Inom programmet kommer verifiering av blandningsmodellen M3 att "avslutas under de närmaste åren" – ett tidsbesked, som borde preciserats bättre, då koden är

central i många sammanhang. Beräkningar av salthaltens utveckling vid kommande klimatförändringar över långa tidsintervall kommer att genomföras. Även här krävs en förklaring över tidsbegreppet. Är det fråga om en glaciationscykel eller är det klimatförändringar p.g.a. växthuseffekten?

Diffusion – grundvattenkemi

Rådet anser det mycket lovvärt att försöka nyttja data från landisförhållandena på Grönland för att kontrollera modellerna för grundvattenflöde och salthaltsfördelning.

Sorption av radionuklider

Viktiga resultat har framkommit om sorption av uran och teknetium, men också att mätningar med olika metoder ger skilda resultat, bl.a. att vanliga batch-sorptionsmätningar är behäftade med stor osäkerhet och förmodligen överskattar sorptionen på grund av att färskas ytor skapas vid dessa försök på krossat bergmaterial.

Rådet finner det mycket angeläget, att programmet för radionuklidsorption genomförs enligt programmet. Det är därvid av stor vikt, att det noga anges hur och i vilken form (speciation) respektive radionuklid förekommer – se särskild bilaga om sorption.

Mikrobiella processer

Värdefull kunskap har erhållits dels om olika mikroorganismer i djupa grundvatten, dels om mikrobiella processer, t.ex. att flertalet av de undersökta radionukliderna sorberades i lägre mängd på bergytter med biofilm än på rena bergytter.

Rådet vill understryka behovet av fortsatt forskning dels om naturligt förekommande mikrober i Äspölaboratoriet, dels att resultaten tas med i det fortsatta modelleringsarbetet, särskilt mikrobiella processer, som kan inverka såväl negativt (sulfatreduktion) som positivt (syrekonsumtion) på förvarets säkerhet.

Kolloider i grundvatten

Rådet vill framhålla att kolloidbildning och transport av partiklar från bentonit med sorberade radionuklider är processer, som bör studeras ingående, liksom kolloidtransport av utfälda radionuklider.

Integrerad modellering – hydrogeokemisk utveckling

Hydrokemiska och hydrogeologiska modeller (samt en modell för mineralreaktioner) har använts med framgång för att ge en detaljerad bild av grundvattenkemin på de båda platserna under den tempererade perioden efter förvarets förslutning.

Rådet finner det mycket anmärkningsvärt, att man därvid förutsätter att "under den kommande 1 000-årsperioden förväntas dagens situation råda", dvs. man räknar inte med någon klimatförändring på grund av växthuseffekten. Rådet anser det nödvändigt att modelleringsarbetet kompletteras med olika scenarier för klimatförändringar under denna period enligt Bolins slutsatser i Kärnavfallsrådets Rapport 2007:3.

Integrerad modellering – radionuklidtransport

Mycket värdefulla resultat har framkommit vid de omfattande spårämnesförsök, som genomförts på Äspö med såväl sorberande som icke-sorberande spårämnen. Resultaten visar bl.a. dels att retentionsegenskaperna är olika för skilda flödesvägar, dels att små sprickor kan ha stor betydelse för retentionen av radionuklider.

Rådet finner det mycket värdefullt, att de utförda försöken planeras bli slutrapporterade i vetenskapliga artiklar, att den utvecklade metodiken implementeras i en programkod, som ska användas i säkerhetsanalysen, samt att en platsspecifik transportmodell för sprickor på Äspö upprättas. Det är också viktigt att transportmodellering fortsätter för att öka förståelsen av transport i de ytnära jordlagren och i övergångszonen mellan geosfär och biosfär.

10.3 Kärnavfallsrådets slutsatser

- Förbättrade kunskaper om bergspänningar på planerat förvarsdjup i Forsmark är nödvändiga. Generella studier bör genomföras avseende vilken effekt rådande och förändrade bergspänningar kan ha på vattengenomsläppligheten i sprickor i olika riktningar och därmed konsekvenserna för detaljdesignen av förvaret. Dessutom bör mätningar av eventuella berggrörelser i såväl Forsmark som Oskarshamn fortsätta en period under behandlingen av platsansökan och sedan i den utvalda platsen en längre tid vid byggande och drift av förvaret.
- Ytterligare FoU om injektering för tätning av sprickor är nödvändig. En tidplan för olika moment i detta FoU-program bör redovisas.
- Bättre redovisning av den s.k. störda zonens utbredning och egenskaper vid försiktig sprängning bör göras liksom en motivering varför fullortsborrning övergivits.
- Ytterligare aspekter om förändringar vid öppet förvar bör utredas såsom förändringar i grundvattenkemin, "kortslutning", dvs. sammankoppling av olika grundvattenförande zoner samt ändrade bergspänningsförhållanden.
- De ändrade hydrologiska, hydrogeologiska och hydrokemiska förhållandena vid en förväntad klimatförändring bör modelleras. Fortsatt modellering av transport och hydrokemi i det ytnära grundvattnet och i övergångszonen mellan geosfär och biosfär bör genomföras med beaktande av olika klimatscenarier.

11 Biosfär

11.1 Bakgrund

Biosfären, eller de ytnära ekosystemen, är den del av jordklotet där de flesta organismer, växter, djur och människor lever. Ett eventuellt utsläpp av radioaktiva ämnen från förvaret kommer att ge en stråldos till människor och andra organismer. Kunskap om omsättningen av radioaktiva ämnen i biosfären och de stråldoser de leder till är en viktig del av säkerhetsanalysen. Biosfärforskningsprogrammet syftar till att ge ett förbättrat underlag till säkerhetsanalysen. Denna kunskap behövs dels för att visa att myndigheternas krav beträffande dosgränser kan uppfyllas, dels för att kunna jämföra olika lokaliseringar, tekniska lösningar och anläggningstyper.

Biosfärsprogrammet har tagit ett viktigt steg framåt i och med att SKB nu kan göra platsspecifika ekosystembaserade modeller som behandlar flödet av radioaktiva ämnen i olika ekosystem och som också börjar kunna ta hänsyn till hur landskapet förändras i tid och rum. SKB beräknar också stråldosen till människan på ett nytt sätt, baserat på flöden av vatten och organiskt kol i ekosystemen. Organiskt bundet kol används nu som en indikator på hur mycket radioaktiva ämnen som kan uppehållas i och röra sig mellan olika ekosystem i s.k. processbaserade modeller. Detta är ett intressant alternativ till de modeller med kompartiment och överföringsfaktorer dem emellan som tidigare använts och där man jämfört innehåll per vätviktseenhet i olika steg i modellerna. Denna nya metodiken har använts för säkerhetsanalysen för SR Can. Platsdata har kunnat utnyttjas i större utsträckning än tidigare.

De remissvar som inkommit beträffande Fud-program 2004 redovisas och kommenteras. Många av synpunkterna har tagits till vara vid utarbetandet av det nya programmet och för andra finns en plan för senare agerande. Nyvunnen kunskap redovisas separat, vilket är bra för läsaren. Materialet i underlagsrapporterna är omfattande.

11.2 Kärnavfallsrådets överväganden och bedömning

Kärnavfallsrådet 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.

Rådet välkomnar de fortsatta och intensifierade satsningarna inom biosfärområdet. Kapitel 27 i Fud-program 2007 fortsätter och fördjupar Fud-program 2004. De studier som nu genomförs och planeras kommer att vara viktiga stöd för såväl säkerhetsanalysen som MKB-processen.

Frågan om (dagens) biosfärsförhållanden som platsvalskriterier (för mycket långlivat avfall) har varit föremål för diskussion mot bakgrund av biosfärens förändring i samband med variationer i klimat (växthuseffekten), landhöjning alternativt höjning av vattenståndet etc. För mycket långa tider erbjuder geosfären en mer stabil barriärfunktion. För kortare tider (inklusive markbaserade anläggningar och aktiviteter såsom transporter, som är kopplade till slutförvaret) är det dock viktigt att hänsyn tas till biosfärsförhållandena på platsen. Även för slutförvaret självt finns en inledande tid där (nuvarande) biosfärsförhållanden är av betydelse för säkerheten. Så är fallet om man får en frigörelse av aktivitet under drifttiden (med öppet förvar). SKB framhåller att man tar hänsyn till biosfären i platsvalet. Man har bl.a. identifierat ett antal biosfärsrelaterade faktorer, som kartläggs för aktuella platser. Det är dock fortfarande oklart hur resultaten av biosfärsarbetet ska integreras i säkerhetsanalysen och vilken betydelse biosfären kommer att få för lokaliseringen. Det är därför angeläget att modellarbetet kompletteras med känslighetsanalyser av modelleringsresultaten. Kärnavfallsrådet anser också att SKB om möjligt även bör göra en analys av hur resultaten av platsundersökningar i några andra intressanta områden påverkar dosberäkningarna. Rådet saknar även

ett program för modellering av förhållanden vid en förväntad klimatförändring på grund av växthuseffekten.

Enligt Kärnavfallsrådet är det – som tidigare påpekats – angeläget att de data som redovisas fortsatt görs väl tillgängliga för nationell och internationell granskning. Det är därför positivt att SKB:s resultat i ökande omfattning publiceras i vetenskapliga tidskrifter. Ett särskilt temanummer med elva artiklar i tidskriften *Ambio* har varit ett sätt att sprida informationen om SKB:s biosfärsprogram. Dessutom har ca 30 artiklar och 80 rapporter publicerats sedan Fud 2004.

I ett läge då såväl universitet som myndigheter tvingas dra ner på sina forskningsinsatser får SKB själv en dominerande roll inom forskningen på området och står också för anslagen till flera universitetsbaserade forskargrupper. Det är bra att SKB ökar sina ambitioner, men en fara för trovärdigheten att samhället får mindre och mindre möjlighet till oberoende granskning av resultaten.

Platsundersökningsprogrammet och modellutvecklingen, transportprocesser och hydrologiska samband

Inom dessa områden har SKB under senare år gjort viktiga satsningar. Platsundersökningarna i Forsmark och Laxemar har resulterat i två noggranna beskrivningar av ekosystemen där ur hydrologisk, oceanografisk, geologisk, kemisk och ekologisk synpunkt. Motsvarande systemekologiska beskrivningar och modellberäkningar finns vad Rådet kan förstå inte för Åspö, vilket vore önskvärt för att ytterligare illustrera hur resultaten av platsundersökningarna påverkar dosberäkningarna.

Kärnavfallsrådet ser positivt på att SKB ökat det nationella samarbetet genom nätverket *Surfac Net* för ytnära ekosystem (med representanter för en rad forskargrupper som från olika utgångspunkter arbetar i området) samt genom att stödja forskningsprojekt vid svenska universitet och högskolor.

SKB utvecklar i samarbete med Posiva (Finland) ett program *Pandora* för dosberäkningar i biosfären. Programmet, som användes vid säkerhetsanalysen av SR-Can, medger användning av ovan nämnda s.k. processbaserade modeller. Rådet ser denna utveckling som ett viktigt och intressant komplement till de kompartmentmodeller som använts hittills. Läsaren saknar dock systematiska jämförelser mellan resultaten av de gamla och nya

modellerna och resultat av processbaserade modeller utvecklade av andra författare.

Viktigt är också, att transportmodellering fortsätter för att öka förståelsen av transport i övergångszonen mellan berg och jord (geosfär och biosfär). Likaså krävs en förbättrad integration i modelleringen av transporter mellan yttnära vatten (ner till 150 m djup) och grundvattnet på förvarsdjup (som görs med modeller som går ner till 2 000 m djup).

Terrestra och akvatiska ekosystem, ekosystemens betydelse

SKB konstaterar att de terrestra ekosystemen jordbruksmark, skog och myr kännetecknas av att de har en grundvattenyta som ligger nära markytan. Därmed blir den dominerande transportprocessen till dessa system rotupptaget, kapillärkraften och grundvattentytans nivåfluktuation. Myrar och våtmarker är tillsammans med brunnar viktiga recipienter vid de tilltänkta lokaliseringarna. I det mycket långa tidsperspektiv, som det är fråga om för ett slutförvar för använt kärnbränsle, kommer det att ske stora förändringar på förvarsplatsen. Detta gäller bl.a. jordlagren, de hydrologiska förhållandena och biosfären.

Kärnavfallsrådet anser att kunskaperna om jordbruksmarken som ekosystem bör fördjupas, med särskild hänsyn till framtida uppodling av tidigare ackumulationsbottnar i vattendrag, sjöar och hav samt användande av myrmarker, som kan innehålla förhöjda halter av radionuklider.

Upptag i skogsprodukter, t.ex. svampar (framför allt mykorrhizabildande) och vilt, kan ge betydande stråldosbidrag via födan. Mossar och finsediment tillhör de system där man har anledning att förvänta anrikning av radionuklider.

Kärnavfallsrådet har vid tidigare granskning även pekat på vikten av att studera variationerna av biosfärparametrarna med tiden.

De akvatiska ekosystemen utgörs av rinnande vatten, sjöar och hav. I utströmningsområden kommer radionukliderna att passera sedimentlager och själv sedimentera. Kortsiktigt kan detta minska utflödet men långsiktigt bygga upp radionuklidinnehållet, som senare kan frisättas. Betydande grundforskning utförs beträffande vattenkemi, säsongsdynamik, vidareutveckling av systemekologiska modeller, omröring av djur i sediment, inventeringar av fauna och flora i grunda bottnar, modeller av sedimenta-tions-miljön osv.

Det är angeläget att bevaka halterna av radioaktiva ämnen i sedimenten i Östersjön. De största ansamlingarna av radioaktiva ämnen kommer t.ex. att finnas i grunda havsbassänger. Detta är områden som kan bli aktuella för jordbruksproduktion när landhöjningen gör att de blir torrlagda. Man bör också uppmärksamma transport av radioaktiva ämnen ut ur Östersjön och vidare längs svenska syd- och västkusten.

Radionuklider och andra ämnen. Biosfärmodellernas tillämpning

Kärnavfallsrådet förutsätter att den samlade miljökonsekvensbedömningen, som ska göras enligt bestämmelserna i 6 kapitlet 5 § miljöbalken, även kommer att innehålla en värdering av riskerna för kemisk-toxiska effekter av utläckande ämnen t.ex. tungmetaller. SKB bör därför även tillämpa sina modeller på omsättningen av stabila ämnen, som exempelvis tungmetaller från bränslet vilka genom sin kemiska toxicitet kan påverka miljö och människor. Kärnavfallsrådet anser det viktigt att redovisningen av resultaten från biosfärstudierna bör utformas med hänsyn till allmänhetens intresse av att förstå de totala riskerna med ett djupförvar för använt kärnbränsle.

Miljöövervakning

Kärnavfallsrådet förutsätter att det fastställs ett miljöövervakningsprogram för kontroll av förvarets omgivningar och som baseras på de omfattande platsundersökningar som görs. Programmet måste vara utformat så att påverkan från förvaret kan särskiljas från naturliga variationer i miljön. Ett alternativ kan vara att finna organismer/arter som kan utgöra lämpliga indikatorer för ev. påverkan på biosfären. Kärnavfallsrådet konstaterar i detta sammanhang att det fortfarande 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) ska tillämpas.

Monitering i och kring förvaret

Kärnavfallsrådet tog upp denna fråga redan i sitt yttrande över Fud-program 98. I Fud 2007 finns mycket lite om kontrollen av förvarets funktion (även om monitering är nämnt i figur 11.2). Vad SKB avser med monitering bör närmare preciseras. Kärnavfallsrådet anser att detta är en viktig fråga när det gäller att ge saklig information till allmänheten samt att det är angeläget att myndigheterna här formulerar sina krav. Kärnavfallsrådet anser att det är angeläget att det fortsatta forsknings- och utvecklingsarbetet belyser förutsättningarna för val av mätbara parametrar som kan ge en bild av förhållandena i och kring slutförvaret och spåra eventuell frigörelse av radionuklider. Det bör tydligt framgå av redovisningen hur man kommit fram till eventuella riktvärden för de olika parametrarna.

11.3 Kärnavfallsrådets slutsatser

- SKB måste tydligare belysa hur resultaten av biosfärarbetet integreras i säkerhetsanalysen och MKB-processen och vilken betydelse biosfären kommer att få för lokaliseringen.
- SKB bör ta fram känslighetsanalyser av modelleringsresultaten beträffande biosfären.
- SKB bör ta fram ett program för modellering av förhållandena vid en förväntad klimatförändring.

12 Klimatutveckling

Inledningsvis kan konstateras att angreppssättet i säkerhetsanalysen med definition av tre klimatsystem som är av betydelse för förvaret – *tempererat tillstånd*, *permafrosttillstånd*, *glacialt tillstånd* – är välfunna. Tidsutdräkten för dessa tillstånd under senaste glaciationscykeln (Weichsel) är, som riktigt påpekas, främst viktig i mer absoluta? termer, inte exakt hur de egentligen inföll i specifika åldersintervall, i syftet att ge en analogi till hur en framtida glaciation kan tänkas påverka ett slutförvar.

Kärnavfallsrådet vill dock framhålla att det enligt Bert Bolin i rådets rapport 2007:3 är lämpligt att skilja mellan följande tre tidskalor: 1900- och 2000-talens klimatförändring, de efterföljande ca 1 000 åren och de därpå närmaste ca 100 000 åren.

12.1 Inlandsisdynamik och glacial hydrologi

För en rekonstruktion av Weichselglaciationernas utbredning har en termodynamisk inlandsismodell utnyttjats. En sådan bygger på klimatdata tagna t ex ur iskärnearkiv och havsnivåförändringsdata till skillnad från så kallad "invers" modellering som utgår från geologiska "gränsvärden" i form av känd, daterad utbredning i form av t.ex. israndlägen och daterade stratigrafiska sekvenser. Svagheten i modelleringen är uppenbart känd, men valet av metod kan på inget sätt kritiseras då vi har mycket dåliga geologiska data att utgå ifrån vad gäller både Tidig- och Mellan-Weichsel, speciellt på grund av svårigheten med att datera material bortom gränsen för ^{14}C -metoden. I Fud-programmet anges emellertid att "SKB kommer enligt planerna att studera hur vissa specifika delar av den senaste glaciationen gick till i Skandinavien för att minska nuvarande osäkerhet i de geologiska tolkningarna. Därför planeras dateringar och korrelationer av befintliga interstadiala sedimentprover och lagerföljder från

utvalda nyckellokaler i Sverige". Hur denna forskning ska bedrivas, initieras, och av vem, beskrivs dock inte närmare.

Det bör därför påpekas att sådant arbete nyligen initierats/håller på att initieras vid flera av våra universitet, speciellt med avseende på MIS¹ 3 och denna interstadiala relation till isutbredning under MIS 4. På flera punkter indikerar nyvunna geologiska resultat att det presenterade modelleringsresultatet med en isutbredning under MIS 4 ner i södra Skandinavien, följt av deglaciation långt upp i norra Sverige under MIS 4 är riktig, men detta är ett scenario som ännu vilar på mycket få dateringar. Ett sådant scenario skiljer sig avsevärdt från vår uppfattning bara 5-6 år tillbaka i tiden, då uppfattningen var att inlandsisen nådde södra Sverige endast under MIS 2 och att norra Skandinavien täcktes av is under större delen av MIS 3.

Vidare anges att SKB planerar att - i samarbete med Posiva - initiera ett projekt på Grönland syftande till att använda den grönländska inlandsisen som en analogi, främst avseende hydrologiska och geokemiska förhållanden. Beskrivningen är mycket rudimentär och lämnar bara en diffus bild av vad som avses göras, av vem, och tänkta tidsramar. Rådet anser dock det planerade projektet synnerligen angeläget och tillstyrker detta.

12.2 Isostatiska förändringar och strandlinjeförskjutning

Avsnittet är kortfattat, och för att förstå bakomliggande resonemang måste rapporten TR-03-23 närmare penetreras. Det är uppenbart att ett omfattande arbete lagts ner för att förutse framtida havsytehöjningar, prognostiserade från tillgängliga landhöjningsdata och modellering. Rådet finner föreslaget program för förfinande av prognoser för havsytehöjning i scenariot för ett varmare klimat utmärkt.

12.3 Permafrosttillväxt

Föreslaget program för vidare förståelse av permafrostutbredning i olika scenarier och dess betydelse för hydrogeologin är ambitiöst och av stort intresse. Rådet vill särskilt framhålla studierna av

¹ MIS = Marina Isotopstadium (se vidare SKB rapport TR-06-36).

effekten av frysning av återfyllnadsmaterialet i deponeringstunnlarna som särskilt angelägna.

12.4 Klimat och klimatvariationer

Två projekt har initierats dels för att kvantitativt studera extrema klimatsituationer genom klimatmodellering, dels för att studera extrema klimatsituationer under senaste glaciala cykeln genom studier av lakustrina avlagringar. Mycket liten bakgrundsinformation ges, speciellt om det senare.

Rådet anser att båda projekten vara av stor vikt, särskilt att simulera den framtida klimatutvecklingen med en ökad halt av växthusgaser. Som påpekades i inledningen av detta kapitel bör tre skilda tidsskalor beaktas. Förändringarna under de närmaste 100 åren kan få praktiska konsekvenser för de undersökta förvarsområdena genom att nederbörden kan öka och därmed ytavrinningen och grundvattenbildningen. Likaså kan vegetationen och markanvändningen förändras. Risken är betydande att vattenståndet i havet ökar, vilket dock delvis kompenseras genom den pågående landhöjningen. Vad som kommer att hända under det följande årtusendet är svårare att bedöma, men enligt Bert Bolin kommer utvecklingen mot ett fuktigare och varmare klimat att fortsätta i regionen och närmast påminna om klimatet under varmetiden Eem. Havsytestigningen kan bli upp till sex meter.

12.5 Kärnavfallsrådets slutsatser

- SKB:s klimatforskningen bör utvecklas efter tre olika tidsskalor: de närmaste 100 åren, de efterföljande 1 000 åren och de närmaste 100 000 åren
- De erhållna resultaten måste efterhand beaktas i planering, projektering och byggande av slutförvaret. Som påpekats på skilda ställen i remissyttrandet har inte alltid hänsyn tagits till den nya kunskapen om klimatförändringarna.

13 Återtag

13.1 Bakgrund

Frågan om återtag av deponerat använt kärnbränsle eller kärnavfall i annan form är en fråga som sedan länge varit föremål för diskussioner i Sverige och internationellt (t.ex. inom IAEA och NEA). Allmänt kan sägas att frågan är av intresse av flera skäl. Det använda kärnbränslet kan komma att ses som en resurs och därför vara av intresse att återvinna t.ex. om ny teknik utvecklas. Möjligheten finns också att man önskar återta det deponerade bränslet med hänsyn till säkerheten. Många frågeställningar relaterade till teknik och säkerhet men också etik har diskuterats (se SOU 2007:38).

Det finns inget krav på återtag i svensk lag, men eftersom SKB hävdar att återtag kan ske så bör SKB ändå belysa möjligheter och risker med återtag. Kärnavfallsrådet har i flera kommentarer i samband med Fud-granskningar återkommit till den s.k. KASAM-principen som formulerades redan i slutet av 1980-talet: Ett slutförvar bör *utformas så att det dels gör kontroll och åtgärder onödiga, dels inte omöjliggör kontroll och åtgärder*. Om möjligheten till kontroll innebär att den långsiktiga säkerheten blir mindre än om vi avstår från en sådan kontroll, så bör vi prioritera den långsiktiga säkerheten.

13.2 Kärnavfallsrådets slutsatser

- SKB:s ambitionsnivå för att belysa möjligheter och risker med återtag är tillräcklig.

14 Samhällsvetenskaplig forskning

14.1 SKB:s samhällsforskningsprogram

Kärnavfallsrådet har i sin verksamhet kontinuerligt tagit upp olika samhälleliga och etiska frågeställning samt tidigare uppmärksammat behovet av samhällsvetenskapligt och humanistiskt inriktad forskning inom kärnavfallsområdet. Behovet av ökad kunskap om kärnavfallsfrågans samhälls- och demokratiaspekter har också framförts av de berörda kommunerna.

SKB bedriver och finansierar forskning med samhällsvetenskaplig och humanistisk inriktning inom ramen för sitt "Samhällsforskningsprogram". Våren 2004 skedde den första utlysningen av forskningsmedel genom att en inbjudan gick ut till ett antal universitet och högskolor att inkomma med idéskisser inom fyra forskningsfält (se nedan).

Som ett förberedande arbete inför uppbyggnaden av ett program för samhällsvetenskaplig forskning kartlade SKB under 2003 den samhällsvetenskapliga forskning som har anknytning till kärnavfallsfrågan. Två förberedande forskningsseminarier genomfördes av SKB under 2002 och 2003, då bl.a. forskare, företrädare för kommuner och myndigheter gavs möjlighet att komma med synpunkter på forskningsprogrammets upplägg och innehåll.

Under 2005, 2006 och 2007 har SKB hållit ett seminarium per år på forskningsprogrammets tema och man har också under dessa år givit ut sammanfattande och mer populärt inriktade rapporter (*Samhällsforskning 2005, 2006, 2007*). Syftet med den samhällsvetenskapliga forskningen som SKB stödjer är i Fud-program 2007 beskrivet som att (s. 397):

1. Bredda perspektivet på kärnbränsleprogrammets samhällsaspekter. Därmed underlättas möjligheterna att utvärdera och bedöma programmet i ett större sammanhang.

2. Ge djupare kunskap och bättre underlag för plats- och projektanknutna utredningar och analyser. Därmed utnyttjas kunskap och resultat från samhällsforskningen till att höja kvaliteten på olika beslutsunderlag.
3. Bidra med underlag och analyser till forskning, som rör samhällsaspekter av stora industri- och infrastrukturprojekt. Därmed kan kärnbränsleprogrammets erfarenheter tas tillvara för andra likartade projekt.

SKB har fokuserat på följande fyra *"generella forskningsområden"* (s. 398) som bedöms vara relevanta:

- Socioekonomisk påverkan – samhällsekonomiska effekter.
- Beslutsprocesser.
- Opinion och attityder – psykosociala effekter.
- Omvärldsförändringar.

SKB skriver i Fud 2007 att *"Huvudinriktningen för de forskningsområden som SKB stödjer ska vara mot tillämpad forskning, men det kan även finnas gränssnitt mot grundforskning"* (s. 398).

14.2 Kärnavfallsrådets synpunkter

Utgångspunkter

Kärnavfallsrådet har enligt sina regeringsdirektiv i uppdrag att ge "sin självständiga bedömning" av Fud-programmen. Granskningen av SKB:s samhällsforskningsprogram i Fud-program 2007 utgår från rådets tidigare framlagda synpunkter eller utredningar om behoven och inriktningen av samhällsvetenskapligt- och humanistiskt inriktad forskning kopplad till slutförvarsfrågan i allmänhet. Granskningen redogör för nytillkomna synpunkter och inbegriper en bedömning av vilken inriktning och roll SKB:s samhällsforskningsprogram har och bör ha ur rådets perspektiv.

Rådets tidigare synpunkter finns att hämta i främst:

- Kärnavfallsrådets granskning av Fud-program 2004 (SOU 2005:47), samt
- Kärnavfallsrådets kunskapslägesrapport 2007 (SOU 2007:38, Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2007, Nu levandes ansvar, framtida generationers frihet).

Vidare används som underlag i rådets genomgång av Fud 2007 Kärnavfallsrådets Rapport 2007:6 (Strålände forskningsutsikter?). Den utgör en kartläggning av omfattningen och inriktningen på den nuvarande svenska samhällsvetenskapliga och humanistiska forskningen om kärnavfallsfrågan och som finansieras av kärnavfallssektorns aktörer och andra forskningsfinansiärer.

SKB:s formulering av syftet med samhällsforskningsprogrammet

Kärnavfallsrådet har följande synpunkter på hur syftet är formulerat i sin helhet i Fud 2007.

Formuleringarna av målgruppen för forskningsresultaten är oklara. Syftet under punkt 2 ovan, (s. 397 i Fud 2007) anges vara att ge bättre underlag för plats- och projektanknutna utredningar och analyser – vi tolkar det som att man syftar på SKB:s egna utredningar och analyser. Samtidigt säger SKB i ett senare textavsnitt (s. 398) att målgruppen för forskningsprogrammet är framför allt beslutsfattare lokalt och nationellt. Syftet med forskningsprogrammet som det angetts under inriktningen socio-ekonomisk påverkan, sägs också vara att öka förståelsen för påverkan på enskilda orters ekonomi och befolkningssammansättning. Vidare påpekas i Fud 2007 att samhällsforskningen i första hand inte är kommunspecifik vilket motsäger syftet i punkt 2 ovan. I SKB:s rapport från 2007 om samhällsforskningsprogrammet (*Samhällsforskning 2007. Betydelsen för människorna, hembygden och regionen av ett slutförvar för använt kärnbränsle*. SKB 2007.) sägs också att: "Omvärlden ställer krav på att SKB ska kunna svara på frågor om hur en lokalisering av ett slutförvar påverkar den ort där anläggningen byggs." (SKB 2007 s. 6).

Kärnavfallsrådet finner heller inte någon beskrivning eller diskussion av hur SKB själva avser att använda resultaten från forskningen – utöver det som sägs i syftespunkt 2 ovan.

Kärnavfallsrådet anser att de tre syftena ovan i princip är rimliga för ett samhällsforskningsprogram men anser att formuleringarna är alltför vaga för att bidra till en djupare förståelse av programmets roll i SKB:s arbete och för lösningen av slutförvarsfrågan. Rådet saknar formuleringar som t.ex. att forskningsprogrammets ska bidra till att lagstiftningens krav på beslutsunderlag som belyser samhällsaspekter uppfylls (framfördes redan av rådet i samband med granskningen av Fud-program 2004) samt att de synpunkter som framförts från regering, myndigheter, berörda kommuner och frivilligorganisation m.fl. (avseende behovet av att belysa samhällsfrågor och etiska frågor) i rimlig mån kan tillgodoses.

Vi återfinner inte några tydliga hänvisningar till övriga delar av Fud 2007. Kärnavfallsrådet konstaterar att SKB:s samhällsforskningsprogram och resultaten från detta kommer in mycket sent i planerings- och tillståndprocessen. Det gör det än mer angeläget att Fud-program 2007 skulle kunnat visa på hur samhällsforskningsprogrammets forskningsresultat kan stödja lösningen av slutförvarsfrågan, bidra till ansökan bl.a. genom att visa på konsekvenser i olika avseenden och kopplade till val av lokalisering och teknislösningar etc. Rådet finner inte heller att SKB i Fud 2007 beskriver eller resonerar kring hur långt in i framtiden samhällsforskningsprogrammet kan eller bör drivas. Detta har dock beskrivits för Fud-programmets tekniska och naturvetenskapliga delar. I Fud 2007 saknas således ett program för de kommande delarna av samhällsforskningsprogrammet. Kärnavfallsrådet ser att formuleringarna av syftet skulle kunna vara mer tydliga och kopplade till specifika kunskapsbehov i SKB:s eget arbete bl.a. när det gäller arbetet med MKB:n.

Fyller samhällsforskningsprogrammet SKB:s eget syfte?

Det är Kärnavfallsrådets uppfattning att SKB:s samhällsforskningsprogram bidrar till SKB:s formulerade syfte 1, dvs. till en breddning av "kärnbränsleprogrammets samhällsaspekter" och att det underlättar "möjligheterna att utvärdera och bedöma programmet i ett större sammanhang" jämfört med om forskningsprogrammet inte funnits. Vår granskning visar dock att det finns ett antal väsentliga luckor i programmet. Vissa av dessa luckor kan och bör fyllas av SKB:s samhällsforskningsprogram. Andra luckor bedömer vi inte kommer att fyllas på grund av forskningsprogrammets inriktning

de projekt som idag ingår. Dessa luckor bör fyllas av forskning finansierad från andra källor än SKB.

Kärnavfallsrådet anser att SKB:s samhällsforskningsprogram i princip fyller en mycket viktig funktion när det gäller att ta fram kunskap för direkt tillämpning i utveckling, planering och diskussioner om lösningar etc. för slutförvarsfrågan. Rådet anser att SKB:s roll är just att i första hand stödja tillämpad sektorsforskning av direkt praktisk nytta för utveckling, planering, ansökningar etc., dvs. den forskning som är tänkt att ske under punkt 1 och 2 ovan. I relation till punkt 2 ovan har rådet dock svårt att se att SKB ännu lyckats med att koppla ihop forskningsprogrammets olika delar och resultaten med olika plats- och projektanknutna undersökningar.

Vi bedömer att SKB kan bidra även till forskning av generell karaktär, dvs. den som utmålats under punkt 3. En sådan forskning har dock och kommer fortsatt att vara begränsad och ha avgörande luckor. SKB säger också att deras sektorsforskning har ett mer begränsat fokus är vad exempelvis forskning finansierad av Vetenskapsrådet eller Riksbankens jubileumsfond kunnat ha (SKB 2007 s. 12) vilket stöder Rådets bedömning.

Synpunkter på SKB:s samhällsforskningsprogram i relation till de behov Kärnavfallsrådet identifierar

Kärnavfallsrådet framför följande synpunkter på kunskapsbehov som ej täcks av SKB:s samhällsforskningsprogram:

1. Framtidsperspektiv och ekonomi i ett regionalt och nationellt perspektiv saknas. Det saknas t.ex. belysning av sådana viktiga beslutsparametrar som den långsiktiga samhälleliga resursåtgången för alternativa lösningar av avfallsfrågan.
2. Forskning om ekonomiska, politiska m.fl. omvärldsförändringar saknas. Denna synpunkt framfördes redan av kommuner och kärnavfallsrådet i granskningen av Fud 2004 mot bakgrund att SKB i Fud 2004, bilaga A talade om snabba, genomgripande och oförutsägbara samhällsförändringar. Vi avser här behov av forskning om förändringar i samhällsutvecklingen som har betydelse för t.ex. säkerheten i slutförvaret när det gäller mänskligt intrång, kunskapsöverföring av slutförvarets lokalisering, materialförsörjning under byggnadsskedet, teknikutveckling etc. Forskningen kan t.ex. gälla konsekvenser för kärnavfallsprogrammet av en kursändring gällande energipolitiken t.ex.

kärnkraftens framtid. Utgångspunkten i Fud-programmet är att den nuvarande kursen med avvecklingen av kärnkraften bibehålls. Miljödebatten under det senaste halvåret har dock lett till att frågan om avveckling kommit att diskuteras. Det kan även gälla forskning om möjliga framtida samhällsförändringar av betydelse för slutförvarsproblematiken. I Kärnavfallsrådets kunskapslägesrapport behandlas frågor om säkerheten och de tre barriärerna – den naturliga, den tekniska och den sociala (SOU 2007:8 s. 78). Alla tre barriärerna bidrar till att det använda kärnbränslet inte skadar människor och miljö. Forskning om den sociala barriären handlar t.ex. om säkerhetskulturen hos genomförande aktörer, beslutsprocessen, attityder, kollektivt minne, om skydd i form av delaktighet, informationsbevarande och samhällelig kontroll. Behovet av sådan forskning är inte tillfredsställande tillgodosett i SKB:s samhällsforskningsprogram.

3. En bredare och mer kritiskt granskande och reflekterande forskning saknas. Forskingen kan avse olika lokala, regionala och nationella aktörers roller, samspel, normer, värdegrund, etik, syn på kunskap, kunskapsgenerering och användning, val, agerande, makt etc. kopplad till slutförvarsprocessen historiskt, idag och framåt i tiden. En specifik fråga när det gäller kunskapsgenerering, kunskapens användning etc. är miljökonsekvensbeskrivningens roll i SSI:s, SKI:s och miljödomstolens bedömningar vid deras bedömning av SKB:s ansökan. Ett annat exempel är t.ex. en analys av de normer, den värdegrund som ligger till grund för de risk- och säkerhetsanalyser som SKB genomför, den säkerhetsfilosofi SKB har samt de vägval som gjorts i planeringsprocessen. Vidare kan denna forskning t.ex. gälla olika aktörers (medias, myndigheters, frivilligorganisationers etc.) roller och maktbalanser för opinionsbildning, beslutfattande, demokrati m.m. specifikt för slutförvarsfrågan. I denna forskning kan också ingå internationella jämförelser och jämförande perspektiv på det svenska kärnavfallsprogrammet. Lösningen av slutförvarsfrågan har en sådan dignitet – ur t ex risksynpunkt för människors hälsa och miljö, ur ekonomisk synvinkel, etiskt och politiskt – att den förtjänar en bred belysning i syfte att bidra till samhällelig utveckling och lärande.

Ytterligare synpunkter som rådet har på SKB:s samhällsforskningsprogram är följande:

- Det finns i programmet forskningsprojekt som visar bl a att verksamhetsutövaren SKB har haft en dominerande roll i samråden. Dock finns inget i Fud-program 2007 som tyder på SKB planerar att förändra samråden.
- SKB betonar behovet av kunskap om riskuppfattning för att kommunikationen mellan planerare och beslutsfattare och allmänhet ska kunna fungera. I Kärnavfallsrådets Rapport 2007:6 framkommer dock att behovet av forskning om riskuppfattning är relativt väl tillgodosedd generellt sett.
- En stor del av samhällsforskningsprogrammet avser hur opinion och attityder uppkommer och förändras. I Kärnavfallsrådets översikt av pågående forskning i Sverige (Rapport 2007:6) framkommer dock att relativt många projekt redan finns inom detta fält. I rådets rapport efterfrågas i stället fördjupade studier av konflikter mellan olika riskbedömningar, hur de görs, och hur de kommuniceras.

14.3 Kärnavfallsrådets slutsatser

Kärnavfallsrådet konstaterar att forskningsprogrammet påbörjats sent i slutförvarsprogrammet och att programmet följaktligen ej helt kunnat fylla den kunskapsproducerande potentialen när det gäller att bidra till ansökans samhällsfrågor jämfört med om programmet påbörjats i ett tidigare skede. Rådet lägger därför inga förslag när det gäller förändringar i forskningsprogrammets syfte inför att ansökan ska lämnas in. Dock har forskningsprogrammet en viktig roll att fylla när det gäller att även under granskningskedet lägga fram forskningsresultat av nytta för t.ex. kommuner, regering, myndigheter m.fl. aktörer. Vidare kommer konstruktions- och driftskedet för slutförvarsansläggningen att pågå under lång tid vilket motiverar att samhällsforskningsprogrammet fortsätter till vissa delar enligt förslag nedan.

Rådet bedömer att det finns angelägna forskningsfrågor som ej kommer att fyllas av SKB:s samhällsforskningsprogram vilket räknats upp under bl.a. punkt 3 i avsnitt 15.2.4 Detta pekar enligt rådets mening på behovet av samhällsvetenskaplig och humanistisk forskning kopplad till slutförvarsproblematiken som har en bredare

och mer kritiskt reflekterande inriktning än SKB:s samhällsforskningsprogram och är finansierad av annan aktör än SKB.

- Samhällsforskningsprogrammet bör kompletteras med studier av framtida ekonomiska konsekvenser av kärnavfallsfrågans hantering, främst ekonomiska kostnads-nyttoanalyser. Detta behövs bl.a. för att bedöma den samhälleliga resursåtgången för alternativa lösningar.
- Forskningsprojekt angående omvärldsförändringar och säkerhetskultur (för precisering se punkt 2 i avsnitt 14.2.4) bedömer vi vara ett mycket angeläget forskningsfält eftersom sådan forskning kan bidra till att belysa den sociala barriären för säkerheten i slutförvarslösningen.
- SKB:s samhällsforskningsprogram bör fortsätta efter att ansökan lämnats in 2010 och utvecklas på liknande sätt som Fud-programmet för naturvetenskap och teknik.

15 LOMA och rivning

15.1 Bakgrund

I Fud-program 2007 ges endast en mycket översiktlig redovisning av frågor om låg- och medelaktivt avfall (LOMA) och rivning. SKB anger dock att man i nästa Fud-program, Fud-program 2010, kommer att redovisa dessa frågor utförligare.

Loma-programmet omfattar allt låg- och medelaktivt avfall som ska slutförvaras i SKB:s anläggningar. De anläggningar som omfattas av Loma-programmet är både SKB:s befintliga och framtida egna anläggningar för slutförvaring av avfall från de svenska kärnkraftverken. Mellanlagring av långlivat låg- och medelaktivt avfall från kärnkraftverken i BFA (bergrum för avfall vid Oskarshamnverket) ingår också i programmet.

Inför avvecklingen och rivningen av kärnkraftverken avser SKB att genomföra rivningsstudier i syfte att uppskatta kostnader och avfallsmängder, såväl radioaktivt som inaktivt och friklassat material. Studierna baseras på de strategier och tekniker som tas fram i samarbete med kraftverksägarna. SKB ska enbart ta hand om det radioaktiva avfallet, men i studierna kalkylerar SKB volymerna och kostnaderna för allt rivningsavfall.

I Fud-program 2004 anger SKB att tidsplanen för rivning av de svenska kärnkraftverken inte är fastlagd. Kraftföretagen bedömer att drifttiden för reaktorerna kan komma att uppgå till 60 år eller mer. SKB:s planering och kostnadsuppskattning bygger på att reaktorerna drivs i 40 år för att därefter rivs så snart som möjligt.

Kärnavfallsrådet har i tidigare yttranden bl.a. framhållit följande:

- SKB:s och reaktorinnehavarnas planering behöver konkretiseras ytterligare, bl.a. avseende rivningslogistiken.
- Regeringen bör se till att frågor om behovet av miljökonsekvensbedömningar av en storskalig kärnkraftsavveckling, innefattande rivning av kärnkraftverken, får en bättre belysning. Innebörden av gällande EU-direktiv och bestämmelser i miljöbalken behöver klarläggas inför rivning av kärnkraftverk.

Även SKI och SSI har liksom Kärnavfallsrådet framhållit att frågorna om Loma och rivning bör ges större uppmärksamhet. Detta innefattar både tidplaner för rivning (t.ex. frågan om tidig rivning av de redan avställda Barsebäcksreaktorerna, samt tidpunkter för färdigställande av slutförvar för olika typer av rivningsavfall) och ansvarsfördelning mellan reaktorinnehavarna och SKB. I regeringsbeslut om Fud-program 2004 gav regeringen stöd för denna uppfattning. Bl.a. påpekar regeringen (i likhet med SKI och SSI) att SKB bör se över skälen till att vänta med ett slutförvar för långlivat avfall tills merparten av alla kraftverk rivits.

15.2 Kärnavfallsrådets överväganden

Det finns ett antal frågor som SKB (men även myndigheterna SKI och SSI) har lyft fram som behöver behandlas utförligare än vad som hittills skett. Detta gäller t.ex. indelning i avfallstyper, redovisning av vart de olika avfallskategorierna avses slutförvaras, nuklidmätningar, korrelationer mellan olika radionuklider etc.

Vidare bör frågan om strategier för rivning diskuteras t ex tidig rivning när slutförvar finns tillgängliga för rivningsavfallet eller tidig rivning som kan ge behov av mellanlager. Här kan det finnas olika intressen t.ex. vad gäller de redan avställda reaktorerna i Barsebäck och reaktorprogrammet i övrigt.

Även om det är klart att ansvarsfördelning vid rivning i stort sett innebär att SKB ansvarar för FoU samt planering, byggande och drift av nödvändiga anläggningar och att kärnkraftverken har ansvar för själva rivningsarbetet, så kan frågan om ansvarsfördelningen mellan kärnkraftverken och SKB behöva diskuteras ytterligare framför allt vad denna ansvarsfördelning innebär i det praktiska arbetet att förbereda och genomföra rivning av anläggningar.

Dessa frågor diskuterades vid den av Kärnavfallsrådet arrangerade utfrågningen om rivning under november månad 2007 (se Kärnavfallsrådets Rapport 2007:7). Vid rådets utfrågning betonades vikten av att berörda kommuner inbjuds att delta i dialogen vid rivning av kärnkraftverk.

Enligt Kärnavfallsrådets uppfattning vore det av värde att förstå hur alla typer av kärnavfall (och använt kärnbränsle) kan tas om hand i Sverige och vilka verksamheter och anläggningar som behövs för detta. Den avgränsning till KBS-3 systemet som nu görs av SKB vad gäller systemanalys innebär en fokusering på hur det använda kärnbränslet tas omhand men omfattar inte hur drift- eller rivningsavfall från anläggningar och verksamheter inom och utom KBS-3 systemet tas om hand (t.ex. låg- och medelaktivt avfall från reaktorerna eller från Clab). Enligt Kärnavfallsrådet bör systemanalysen ses som ett värdefullt verktyg som kan användas för att studera samband mellan olika komponenter i komplexa system. En systemanalys för systemet av anläggningar som ligger inom ramen för programmet Loma och rivning bör vara av värde för en bred förståelse av behov av FoU och för prioriteringar inom detta område. Frågor av detta slag diskuterades under den av Kärnavfallsrådet arrangerade utfrågningen om systemanalys i april 2008.

15.3 Kärnavfallsrådets slutsatser

SKB bör på ett mer utförligt sätt än hittills redovisa planeringen för omhändertagande av låg och medelaktivt avfall (Loma) och hur rivningen av kärntekniska anläggningar ska genomföras. En sådan redovisning är planerad av SKB i samband med Fud-program 2010. Kärnavfallsrådet vill särskilt fästa uppmärksamheten på följande frågor:

- SKB bör precisera och motivera när rivningen av olika anläggningar ska ske. Önskemålet om tidig rivning kan ställas mot behovet av att ha slutförvar färdiga att ta emot rivningsavfall innan rivningsarbetet inleds. Kärnavfallsrådet anser därför att det finns ett behov av en systemanalys omfattande alla de anläggningar och verksamheter som inryms i SKB:s redovisning av LOMA och rivning.

- Frågor om beslutsprocessen för rivning och omhändertagande av avfallet behöver utredas. Behovet av miljökonsekvensbedömningar av rivning av kärnkraftverken bör belysas. Innebörden av gällande EU-direktiv och bestämmelser i miljöbalken behöver klarläggas inför rivning av kärnkraftverk
- Kärnavfallsrådet vill betona vikten av en transparent beslutsprocess avseende avställning och rivning där kommunerna inbjuds att delta i dialogen.

Bilaga 1

Det svenska kärnavfallsprogrammet

Redovisning och granskning av program för forskning och utveckling

Enligt 12 § lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhets (kärntekniklagen) ska 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 eller däri uppkommet kärnämne som inte används på nytt" (10 § 2) och för "att på ett säkert sätt avveckla och riva anläggningar som inte längre behövs" (10 § 3). Programmet ska upprättas vart tredje år, omfatta en tid av sex år och ska lämnas in till Statens kärnkraftinspektion (SKI).

Reaktorägarna har uppdragit åt SKB att upprätta detta program. Det senaste, Fud-program 2007 – Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall, redovisades av SKB i september 2007.

Varje Fud-program granskas av SKI, som genom ett remissförfarande bjuder in ett stort antal organisationer att lämna synpunkter. Dessa synpunkter sammanställs av SKI, som med ett eget yttrande lämnar sina synpunkter till regeringen.

Parallellt med SKI:s ingående granskning går programmet också igenom av Kärnavfallsrådet, som lämnar ett eget yttrande till regeringen. Med SKI:s och Kärnavfallsrådets yttranden som grund beslutar sedan regeringen om programmet uppfyller kärntekniklagens krav (bl.a. avseende allsidighet). Regeringen kan föreskriva villkor för den fortsatta forsknings- och utvecklingsverksamheten som anses vara nödvändiga. Under förutsättning att SKB följer

uppställda villkor och i övrigt beaktar de påpekanden som gjorts av regeringen och dess myndigheter kan Fud-programmen anses ha fått samhällets stöd och godkännande. Det bör emellertid framhållas att regeringen, vid sin prövning av framtida ansökningar om tillstånd enligt kärntekniklagen och tillåtelse enligt miljöbalken formellt sett inte är bunden till vad som har uttalats i tidigare beslut med avseende på Fud-programmen.

Grundläggande principer för ansvarsfördelningen mellan staten och kärnkraftsföretagen

Ansvarsfördelningen mellan staten och kärnkraftsföretagen när det gäller hantering och slutförvaring av använt kärnbränsle m.m. bygger på fyra grundläggande principer som har slagits fast av riksdagen. Dessa principer återspeglas i dag främst i kärntekniklagen och i lagen (2006:647) om finansiella åtgärder för hanteringen av restprodukter från kärnteknisk verksamhet. Principerna finns i vissa delar också uttryckta i internationella konventioner som Sverige har anslutit sig till och alltså har förbundit sig att följa. De fyra principerna kan uttryckas enligt följande¹.

- Kostnaderna för slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall ska täckas av intäkterna från den produktion av energi som gett upphov till dem. Med hänsyn till de långa tidsperioder som krävs för hantering och slutförvaring kommer utgifter att uppstå långt efter det att produktionen vid ett kärnkraftverk har upphört. Det innebär att medel för framtida utgifter för hantering och slutförvaring av använt kärnbränsle m.m. fortlöpande måste tas ur intäkterna från energiproduktionen och att medlen fonderas för användning när de behövs.
- En reaktorinnehavare ska svara för att använt kärnbränsle och kärnavfall tas om hand på ett säkert sätt. Det innebär att reaktorinnehavarna ska svara för att behövliga åtgärder för hantering och slutförvaring faktiskt kommer till stånd. De måste se till att tekniskt kunnande, kompetens, utrustning, handläggning m.m. finns tillgängliga i tillräcklig utsträckning och utnyttjas.

¹ För en något utförligare redovisning med källhänvisningar hänvisas till en av Statens kärnkraftinspektion i december 2006 upprättad rapport, *Statens ansvar för slutförvaring av använt kärnbränsle* (SKI Rapport 2007:01 s. 3–4).

- Staten har ett övergripande ansvar för använt kärnbränsle och kärnavfall. I detta ligger dels ett övergripande ansvar att tillse att slutförvaringen kommer till stånd, dels ett sistahandsansvar för slutförvaringen i meningen att staten själv tvingas att ta på sig en beställar- och finansieringsroll om kärnkraftsindustrin inte har förmåga att utföra uppgiften eller av annat skäl avstår från att göra det.
- Varje land ska ta ansvar för det använda kärnbränsle och kärnavfall som uppkommer i landet. Av detta följer att slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall från kärnteknisk verksamhet i ett annat land inte får förekomma i Sverige annat än i rena undanstatsfall.

Frågorna kring kärnavfallshanteringen är inte enbart tekniska, de kräver också ett politiskt beslutsfattande. Och, som framhölls i Kärnavfallsrådets rapport 2007 om kunskapsläget på kärnavfallsområdet, detta beslutsfattande måste ske under en viss osäkerhet, där också ett icke-beslut innebär ett ställningstagande (jfr SOU 2007:38 s. 21–24, 79 och 84–87).

Hantering, planering och finansiering

Grunden för utvecklingen av det svenska kärnkraftsprogrammet började läggas redan under 1940-talets senare del. Detta arbete fortsatte under 1950- och 1960-talet. Ansökan om koncession till det som skulle bli den första kärnkraftsreaktorn i Sverige, O1, lämnades in år 1965. Den reaktorn togs i kommersiellt bruk år 1972. Under åren 1969–1972 beställde ägarna till de blivande kärnkraftverken i Oskarshamn, Ringhals, Barsebäck och Forsmark ytterligare sju reaktorer.

Frågor om hur avfallet från kärnenergiproduktionen skulle hanteras uppmärksammades under denna tid av utveckling och uppbyggnad endast sporadiskt i den allmänna debatten. Vid ingången av 1970-talet skedde emellertid en förändring. Efter några år – i stort sett samtidigt som den första reaktorn vid Oskarshamn kärnkraftverk togs i bruk och sju andra reaktorer var beställda – stod avfallsfrågan plötsligt i centrum för den energipolitiska debatten

Kring årsskiftet 1972/1973 beslöt regeringen om direktiv för en parlamentariskt sammansatt kommitté för att utreda frågor "rörande högaktivt avfall från kärnkraftverk". Kommittén – känd under benämningen AKA-utredningen – föreslog i mitten av 1970-talet ett system av anläggningar som liknar det system som nu till vissa delar finns i Sverige och som SKB planerar att utveckla. Det fullständiga systemet omfattar bl.a. de befintliga avfallsanläggningarna CLAB (centralt mellanlager för använt kärnbränsle) och SFR (slutförvar för låg- och medelaktivt driftavfall) samt planerade slutförvar för bl.a. högaktivt avfall. AKA-utredningen ledde aldrig till någon proposition om ny lagstiftning, men dess arbete fick mycket stor betydelse för planeringen av omhändertagande av avfallet från de svenska kärnkraftverken och från annan kärnteknisk verksamhet.

I den s.k. villkorlagen, som började gälla under år 1977 och upphävdes när den nu gällande kärntekniklagen trädde i kraft år 1984, ställdes krav på en "helt säker" slutförvaring av det använda kärnbränslet för att tillstånd skulle ges att ladda en reaktor. Kärntekniklagen kräver en "säker" hantering och slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall och den lägger entydigt ansvaret för forskning, utveckling och genomförande på reaktorägarna². Enligt lagen ska dessa redovisa ett forsknings- och utvecklingsprogram vart tredje år. För att upprätta och utveckla detta program (numera kallat Fud-program) och för att ta hand om det radioaktiva avfallet och det använda kärnbränslet från reaktorerna har ägarna av de svenska kärnkraftsreaktorerna bildat det ovan nämnda bolaget SKB, som alltså ägs av dem gemensamt.

Redan i början av 1980-talet beslutade riksdagen om en särskild finansiering av de framtida kostnaderna för att på ett säkert sätt ta hand om det använda kärnbränslet och att riva de kärntekniska anläggningarna. Finansieringssystemet innebar i princip att kärnkraftsföretagen betalar en särskild avgift till staten. Den avgiften tas ut med visst belopp per kWh levererad el från kärnkraftverken (för år 2008 uppgår avgiften till i genomsnitt ca 0,8 öre/KWh). Kärnkraftsföretagen har rätt att ur avgiftsmedlen löpande få ersättning

² I förarbetena till kärntekniklagen (se prop. 1983/84:60 s. 46) underströk regeringen att ytterst stränga krav på säkerhet och strålskydd måste ställas på omhändertagande och slutförvaring av det använda kärnbränslet och fortsatte: "Det är därför angeläget att forsknings- och utvecklingsarbetet rörande avfallsfrågorna inte avmattas sedan laddningstillstånd har lämnats. Mot denna bakgrund framstår det som olyckligt om en metod – som i villkorlagen – anges som 'helt säker', vilket skulle kunna ge intryck av att fortsatt forsknings- och utvecklingsarbete är mindre angeläget. Begreppet 'helt säker' bör därför inte överföras i ny lag."

för sådana kostnader som de redan har för åtgärder som syftar till en säker hantering och slutförvaring av det använda kärnbränslet. Resterande medel fonderas för framtida behov. Utöver avgiften ska kärnkraftsföretagen bl.a. ställa vissa ekonomiska säkerheter för de beräknade kostnaderna. Nu gällande bestämmelser finns i lagen (2006:647) om finansiella åtgärder för hanteringen av restprodukter från kärnteknisk verksamhet jämte en anslutande förordning (2007:161).

Fonderingssystemet har hittills fungerat väl. Det har t.o.m. år 2007 täckt kostnader för att ta hand om använt kärnbränsle, inklusive forskning och utveckling av system för slutförvaring, som har uppgått till närmare 21 miljarder kronor i löpande penningvärde³. Enligt de senaste gjorda kostnadsberäkningar behövs ytterligare ca 67 miljarder kronor (2007 års penningvärde). Av detta belopp finns i dag ca 39 miljarder kronor fonderade. Mellanskillnaden på ca 28 miljarder kronor kommer enligt beräkningarna att täckas dels av avkastningen från redan fonderade medel, dels genom fortsatta avgiftsinbetalningar så länge reaktorer är i drift⁴.

Val av alternativa slutförvarsmetoder

I det internationella idéutbytet kring slutligt omhändertagande av kärnavfall har fem olika strategier övervägts:⁵

- "Kvittblivning" genom utskjutning i rymden.
- Deponering i otillgängliga områden på vår planet, exempelvis under Antarktis istäcke eller i havsbottensediment på stort djup.

³ Uppgiften är hämtad från Kärnavfallsfondens årsredovisning 2007. I Fud-Program 2007 (s. 34) anges de hittillsvarande för det svenska kärnavfallsprogrammet uppgå till ca 27 miljarder kronor och de totala kostnaderna sedan starten till ca 94 miljarder kronor. Återstående kostnader utgör alltså ca 67 miljarder kronor. Det bör observeras att beloppen är i Fud-program 2007 angivna i 2007 års penningvärde, sedan starten till ca 94 miljarder kronor. Återstående kostnader utgör alltså ca 67 miljarder kronor. Det bör observeras att beloppen är i Fud-program 2007 angivna i 2007 års penningvärde.

⁴ I samband med att Fud-program 2004 presenterades beräknades de framtida kostnaderna till ca 55 miljarder kronor. De viktigaste orsakerna till att de framtida kostnaderna år 2007 beräknas till ett betydligt högre belopp (67 miljarder kronor) är att volymerna av använt kärnbränsle nu beräknas bli större än tidigare eftersom industrin numera räknar med att de kvarvarande reaktorerna kommer att vara i drift längre än vad som antagits tidigare, att kostnaderna för den framtida rivningen av kärnkraftsverken har räknats upp samt att den senaste beräkningen är utförd i 2007 års penningvärde.

⁵ För en utförligare redovisning av dessa strategier hänvisas till Kärnavfallsrådets rapport *Kunskapsläget på kärnavfallsrådet 2007 – Nu levandes ansvar, framtida generationers frihet* (SOU 207:38 s. 37–46).

- Långtidslagring av det använda bränslet i ett övervakat förvar – eventuellt i avvaktan på den fortsatta utvecklingen av andra strategiska och tekniska alternativ, ibland kallat "nollalternativet".
- Kärntechnisk omvandling, transmutation, av avfallet för att Slutförvaring av avfallet djupt ner i berggrunden.

De två första strategierna har avförts från diskussionen av uppenbara skäl (oacceptabla säkerhetsrisker och/eller brott mot gällande internationella konventioner). Den tredje strategin innebär att man överlämnar åt dem som kommer att leva under kommande sekler att komma fram till en långsiktigt hållbar lösning. Stora forsknings- och utvecklingsinsatser har påbörjats internationellt kring den fjärde strategin, transmutation. Men med dagens kunskap om teknologi och ekonomi kring denna strategi har det hittills i vårt land inte ansetts acceptabelt att den skulle utgöra basen för ett långsiktigt handlande. I stället har strategin i Sverige inriktats på det femte huvudalternativet, slutförvaring av använt kärnbränsle djupt ner i berggrunden. Det finns även en bred internationell enighet bland tekniska experter att geologisk förvaring (i berggrunden eller i andra geologiska formationer) är den mest passande metoden för långtidslagring av de farligaste formerna av radioaktivt avfall. En sådan inriktning föredras av de flesta länder, som har ett forsknings- och utvecklingsprogram för högaktivt avfall eller använt kärnbränsle.

SKB har under årens lopp redovisat flera olika alternativ när det gäller val av metod för slutförvaring av använt kärnbränsle i den svenska berggrunden:

- KBS-3-metoden (se vidare nedan).
- Långa tunnlar (inkapslat bränsle placeras utspritt i ett antal ca 5 km långa tunnlar).
- WP-Cave (inkapslat bränsle placeras i en burliknande bergkonstruktion på 300–500 meters djup).
- Djupa borrhål (inkapslat bränsle deponeras i hål som borrar från markytan och på ett djup av 2–4 km).

Den s.k. KBS-3 metoden (som innebär att det använda kärnbränslet placeras i kopparkapslar med en insats av gjutjärn, en omgivande barriär av bentonitlera, med en placering i ett tunnel-system i berg på 400–500 meters djup) har utvecklats successivt

under en lång följd av år och har återkommande redovisats och granskats. KBS-3 metoden har av regeringen accepterats som huvudlinjen i det fortsatta utvecklingsarbetet. I ett regeringsbeslut i november år 2001 med anledning av SKB:s komplettering av Fud-program 98 (den s.k. Fud-K rapporten) godtog regeringen denna metod som en "planeringsförutsättning" för de platsundersökningar som SKB nu genomför i Forsmark (Östhammars kommun) och Laxemar (Oskarshamns kommun). Regeringen har dock i samma beslut understrukit "att ett slutligt godkännande av viss metod för slutförvaring inte kan göras förrän i samband med ett framtida ställningstagande till ansökningar om tillstånd enligt miljöbalken och kärntekniklagen att uppföra ett slutförvar för använt kärnbränsle".

Val av alternativa platser för slutförvaring

Från slutet av 1970-talet fram till mitten av 1980-talet genomfördes djupborrningar och mätningar i ett tiotal områden, senare benämnda *typområdesundersökningar*, i olika delar av Sverige. Dessa undersökningar i fält avbröts sedan de på flera håll mötts av protester från ortsbefolkningen. I början av 1990-talet påbörjade SKB en platsvalsprocess som har byggt på frivillig samverkan med ett antal kommuner där s.k. *förstudier* genomfördes. Syftet med dessa förstudier var att klarlägga om det inom de undersökta kommunerna fanns geologiska och andra förutsättningar att närmare identifiera platser där det kunde vara lämpligt att placera ett slutförvar för använt kärnbränsle. År 2000 identifierade SKB tre platser som lämpliga för fortsatta studier och bad om de tre berörda kommunernas tillåtelse att bedriva s.k. *platsundersökningar*. Två av de tillfrågade kommunerna, Oskarshamn och Östhammar, ställde sig positiva. I båda dessa kommuner hade nästan enhälliga fullmäktige ställt sig bakom beslutet om tillåtelse, dock formulerade man samtidigt ett antal villkor för sin positiva inställning.

De geologiska undersökningar som SKB har genomfört för att få underlag för val av plats för ett slutförvar för använt kärnbränsle – med KBS-3-metoden som planeringsförutsättning – bedrevs alltså från början med syfte att kartlägga de geologiska förutsättningarna i stora delar av Sverige. En sådan plats ska uppfylla grundläggande krav enligt bestämmelser i kärntekniklagen, miljöbalken samt Kärnkraftinspektionens och Strålskyddsinstitutets föreskrifter.

Men valet av plats ska också ha politiskt stöd, dvs. både den berörda kommunen och regeringen ska acceptera lokaliseringen.

Regeringens beslut att acceptera KBS-3 metoden som en planeringsförutsättning (se avsnitt 1.4) gjorde det möjligt för SKB att starta platsundersökningarna i Forsmark och Laxemar. Dessa platsundersökningar avslutades kring årsskiftet 2007/2008.

Bilaga 2

Beskrivning av buffertens kemiska sammansättning

I Fud 2007 används i olika sammanhang namn på lermineral i redogörelser för olika processer i bentonitbufferten. Således förekommer namn som *montmorillonit*, *pyrofyllit*, *smektit*, *illit* och *klorit* tillsammans med oorganiska föreningar (mineral) som *kvarts*, *fältspater*, *glimmer*, *plagioklaser*, *amorft kisel*, *kalcit*, *pyrit*, *siderit* och *gips*. De senare betraktas i detta sammanhang som föroreningar i bentoniten även om de flesta av dem utgör naturliga komponenter i leror.

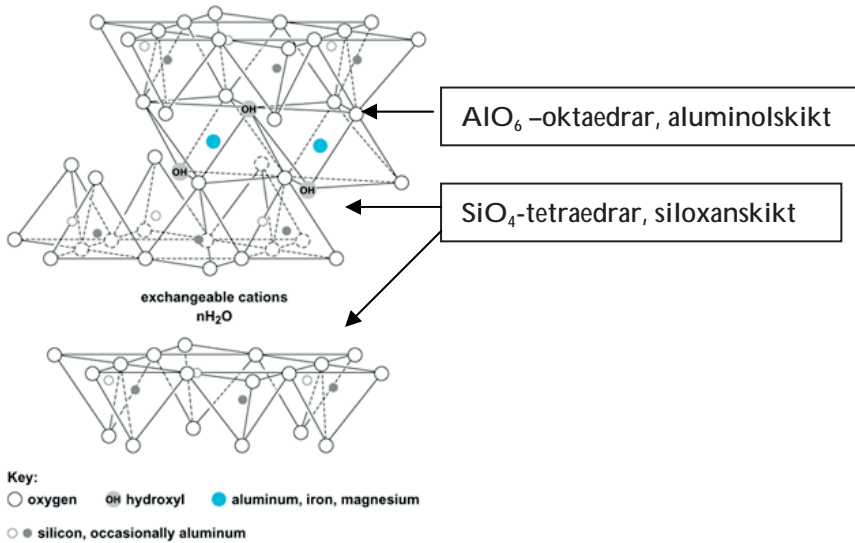
Det kan därför vara på sin plats att reda ut begreppen för att öka förståelsen för de processer som beskrivs i forskningsprogrammet. En lera (t.ex. bentonitlera) är ett allmänt namn på ett oorganiskt material som generellt består av mycket små partiklar (< 2mm). Leran innehåller i allmänhet s.k. primära lermineral av vilka de viktigaste är olika typer av *fältspater*. Fältspater kan indelas i två huvudgrupper som kallas *alkalifältspater* och *plagioklaser*. Alkalifältspater består av en blandning av KAlSiO_3 (ortoklas) och NaAlSiO_3 (albit) och plagioklasernas sammansättning varierar mellan ytterligheterna NaAlSiO_3 (albit) och $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (anortit).

Leran innehåller också s.k. sekundära lermineral och *smektit*, *montmorillonit*, *pyrofyllit*, *illit* och *klorit* är exempel på sådana.

Det finns ett relativt stort antal olika typer av sekundära lermineral med sammanfattnings-namnet fyllosilikater (skiktssilikater).

En undergrupp utgörs av de s.k. 2:1 mineralen som består av två skikt med hopkopplade SiO_4 -tetraedrar (s.k. siloxanskikt). Kristallstrukturen är uppbyggd så att mellan siloxanskikten finns ett skikt med AlO_6 – oktaedrar (s.k. aluminolskikt) (se figur 1).

Figur 1 Lermineralers kristallstruktur (smektiter)



Den kemiska formeln för en ideal 2:1 lera t.ex. *pyrophyllit* är $\text{Si}_8^{\text{IV}}\text{Al}_4^{\text{VI}}\text{O}_{20}(\text{OH})_4$ men olika variationer är vanliga.

Mellan siloxanskikten är ofta olika typer av katjoner (positiva joner) koordinerade antingen via hydroxylgrupper (OH-grupper) och kallas då *kloriter* eller som individuella katjoner med eller utan omgivande vattenhölje t.ex. i *smektiter*.

I allmänhet är varken de tetraedriska siloxanskikten eller det mellanliggande oktaedriska aluminolskiktet helt intakta. I SiO_4 -skikten kan en del av Si^{4+} bytas ut mot Al^{3+} och AlO_6 -skiktet kan Al^{3+} substitueras mot t.ex. Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} eller Cu^{2+} . Processen kallas isomorf substituering. Om de substituerade (utbytta) jonerna har högre positiv laddning än de substituerande (ersättande) jonerna (t.ex. $\text{Al}^{3+} \leftrightarrow \text{Mg}^{2+}$) kommer nettoeffekten att bli att skiktet blir negativt laddat.

Montmorillonit som är huvudbeståndsdelen i bentonit tillhör gruppen smektiter. I montmorillonit har substitutionen i huvudsak skett i det oktaedriska skiktet, dvs. Al^{3+} har delvis bytts mot Mg^{2+} och Fe^{2+} vilket alltså ger upphov till en negativ ytladdning. Detta sker alltså i det oktaedriska aluminolskiktet medan det tetraedriska siloxanskiktet är bevarat mer eller mindre opåverkat. Den negativa laddningen kompenseras av adsorberade katjoner (positiva joner)

mellan siloxanskikten. Dessa kan relativt lätt kan bytas ut och tillsammans med vatten ger de montmorilloniten dess unika egenskaper som ett svällande och krympande lermineral.

Den ideala kemiska formeln för montmorillonit är $M_{0,33}H_2OAl_{1,67}(Fe^{2+},Mg^{2+})_{0,33}Si_4O_{10}(OH)_2$ där M står för adsorberade och utbytbara katjoner (Na^+ , Ca^{2+}) mellan skikten.

I andra typer av smektiter har substitutionen i stället skett i siloxanskiktet ($Si^{4+} \leftrightarrow Al^{3+}$) vilket innebär att den negativa laddningen uppstår där. Det betyder också att adsorberade katjoner i allmänhet sitter starkare bundna till ytorna och är inte lika lätta att byta ut.

Illit är ett mellanting mellan *smektit* och *glimmermineral* t.ex. muskovit med den kemiska formeln $K_2Al_2(OH)_2(AlSi_3O_{10})$. Illit innehåller mer Si^{4+} , Mg^{2+} och H_2O men mindre Al^{3+} och K^+ än muskovit. K^+ är däremot den dominerande katjonen mellan skikten tillsammans med Ca^{2+} , Mg^{2+} och ibland NH_4^+ (ammoniumjon). Illit sväller mycket lite i vatten.

Kvarts eller kiseldioxid förekommer i flera former med olika kristallstruktur. SiO_4 -tetraederna har gemensamma hörn och bildar molekyler med utsträckning i tre dimensioner.

Kiseldioxid är en s.k. sur oxid som angrips av alkaliska lösningar (högt pH).

Amorf kiselsyra har formeln $Si(OH)_4$ eller bättre $SiO_2 \cdot 2H_2O$.

Kalcit består av kalciumkarbonat och har formeln $CaCO_3$. När kalciumkarbonat utfälls i vattenlösning vid rumstemperatur bildas just kalcit (kalkspat) medan utfällning vid högre temperatur ger en annan fas (aragonit) med samma sammansättning men annan struktur.

Kalcit är ett alkaliskt mineral som reagerar och neutraliserar sura lösningar (lågt pH).

Siderit eller järnspat har den kemiska formeln $FeCO_3$ och är alltså järnkarbonat och innehåller tvåvärda järnjoner (Fe^{2+}) som kan oxideras i luft till Fe^{3+} och då bildas $FeO(OH)$

Både siderit och kalcit löses i koldioxidhaltigt vatten.

Ett annat järnhaltigt mineral som förkommer i bentonit är *pyrit*, FeS_2 . Även pyrit oxideras av syre i luft och då bildas bl.a. sulfatjoner och lösningen blir sur (lågt pH).

Gips består av kalciumsulfat och har formeln $CaSO_4 \cdot 2H_2O$.

Den mineralogiska sammansättningen av *Friedlandlera* ser helt annorlunda ut. *Friedlandlera* innehåller betydligt mer *kvarts*, *glimmer*, *kaolin*, *illit* och *fältspater* och har inte samma förmåga att svälla som bentonit och med avgjort sämre jonbyteskapacitet.

Kaolin är ett icke-svällande lermineral av s.k. 1:1-typ, dvs. kristallstrukturen innehåller ett siloxanskikt och ett aluminolskikt.

Bilaga 3

Sorption och ytkemiska reaktioner i bufferten

Rådet vill i samband med sin granskning av Fud 2007 antyda vad som kan innefattas i en mer sofistikerad modell och vad en sådan skulle kunna bidra med för att öka förståelsen av sorptionsprocesser i bufferten och återfyllningen.

Bufferten ska förhindra att kolloider och radionuklider tränger ut från en skadad kapsel (Fud 2007 s. 309).

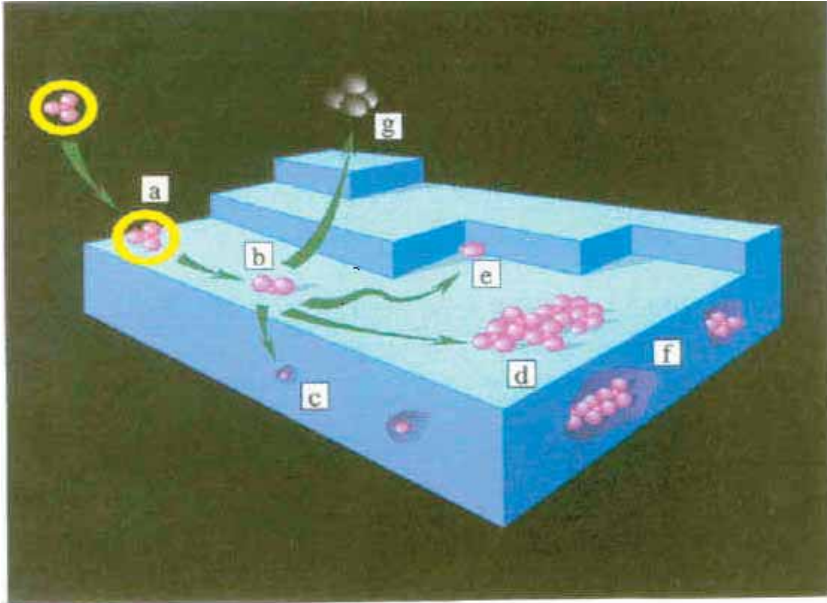
Adsorptionen utgör en av de primära processer som påverkar transport av föroreningar och även av radionuklider i leror (t.ex. i bentonitbufferten). Det finns både fysikaliska och kemiska drivkrafter inblandade. Fysikaliska orsaker till adsorption är t.ex. elektrostatiska effekter (laddningseffekter) som beror på att olika laddningar attraherar varandra medan lika laddningar repelleras.

De viktigaste kemiska drivkrafterna för adsorption utgörs av olika typer av kemisk bindning.

Bufferten och återfyllningen i ett slutförvar kan beskrivas som en högkoncentrerad mineralsuspension åtminstone när den vattenmättats. Mineralpartiklarnas ytor utgör tillsammans adsorbenter med en mycket stor total area. Det är dessa ytor i kontakt med omgivande vatten som utgör den aktiva delen i buffert och återfyllning och de är alltså ytornas egenskaper som bestämmer hur väl t.ex. bufferten kan uppfylla sin tänkta funktion.

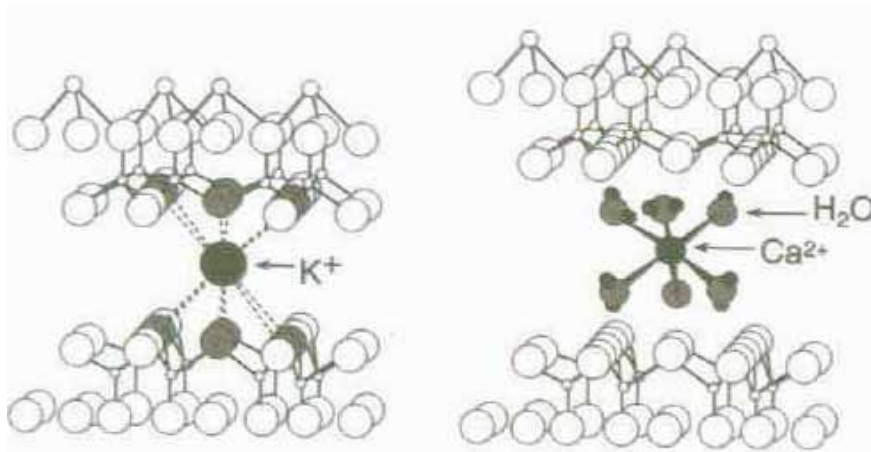
Det finns en mängd olika mekanismer för adsorption av en jon i gränssytan mineral/vatten (figur 1).

Figur 1 Olika mekanismer för adsorption av joner på lermineral



- a) Adsorption av joner via bildning av s.k. yttersfärskomplex.
- b) Reaktion med specifika ytplatser "sites" på mineralpartikeln och bildande av innersfärskomplex.
- c) Diffusion genom ytan följt av en isomorf substitution.
- d) Diffusion längs med mineralytan och bildning av ytutfällning.
- e) Diffusion på ytan till en plats (avsats eller ojämnhet) som maximerar antalet bindningar till den adsorberade jonen
- f) Om mineralpartikeln växer kan ytutfällningen bäddas in i kristallstrukturen.
- g) Den adsorberade jonen kan diffundera tillbaka till omgivande lösning antingen som ett resultat av dynamisk jämvikt eller som ett resultat av redox-reaktioner (t.ex. övergång från oxiderande till reducerande förhållanden).

Figur 2 och Figur 3 Exempel på innersfär- respektive yttersfärkomplex



Positiva joner (katjoner) kan adsorberas både som innersfär- och yttersfärskomplex beroende på jonens egenskaper dvs. jonstorlek, laddning, hydratiseringsenergi (den energi som frigörs när jonen omges av ett vattenhölje) m.m. En jon som adsorberas som ett yttersfärskomplex behåller ofta sitt hölje av vattenmolekyler. Jämför t.ex. kalium- och kalciumjonen i figur 2 och figur 3.

En annan avgörande faktor är pH-värdet i lösningen (suspensionen) och samma jon kan bilda ett yttersfärskomplex vid lägre pH och ett innersfärskomplex vid ett högre. En hög jonstyrka gynnar också bildning av innersfärskomplex som betyder att jonen sitter starkare bunden till ytan. Det gäller t.ex. adsorption av blyjoner (Pb^{2+}) på montmorillonit där yttersfärskomplex bildas vid låg jonstyrka (0.006 M) om $pH < 6.5$ och innersfärskomplex bildas vid högre jonstyrka (0.1 M) och högre pH-värde ($pH > 6.7$).

Kaliumjonen (K^+) bildar alltså innersfärskomplex med ytan medan kalciumjonen (Ca^{2+}) bildar yttersfärskomplex med samma yta. (se fig. 2 och 3). Kaliumjonen binds kemiskt till ytan medan kalciumjonen binds elektrostatiskt dvs. genom jonen och ytan har olika laddning. Kaliumjonerna avger då sitt omgivande "hölje" av vatten medan kalciumjonerna behåller det. Det gör att kaliumjonerna blir svåra att laka ut och adsorptionen leder till att mineralet tappas mycket (det mesta) av sin svällande förmåga. Illit innehåller adsorberade kaliumjoner

Mekanism b) kan ge upphov till negativa laddningar på partikel-ytorna genom att joner med lägre positiv laddning t.ex. Mg^{2+} eller Fe^{2+} adsorberas och sedan substitueras (byter ut) en jon med högre laddning t.ex. Al^{3+} i mineralet. Nettoeffekten blir en minskad positiv laddning och alltså ett överskott på negativ ytladdning. Detta gör att de flesta lermineral t.ex. montmorillonit har en negativ totalladdning och pH-värdet behöver teoretiskt sänkas till c:a 2.5 för att ytan ska bli positivt laddad. Den negativa ytladdningen kompenseras av positiva joner (katjoner) mellan siloxan-skikten (se figur 3). Det kan vara hydratiserade natriumjoner eller kalciumjoner dvs. joner med ett omgivande "hölje" av vatten.

De redovisade mekanismerna d), e) och f) i figur 1 är några av orsakerna till att mineral som t.ex. kalцит, gips och pyrit förekommer i bentoniten som föroreningar.

Mekanism g) innebär att om förhållanden ändras t.ex. pH, jonstyrka, temperatur och redox-nivå (t.ex. från oxisk till anoxisk) ändras kan adsorberade joner åter diffundera till omgivande lösning och transporteras till ett nytt ställe i bufferten och någon eller några av de andra mekanismerna blir aktuella på nytt.

Transporten beror av jonladdningen

Transport av radionuklider och övriga joner genom bentoniten blir principiellt mycket olika beroende på deras laddning.

Mineralpartiklarnas negativa laddning vid de pH-värden som förekommer i slutförvaret innebär att positiva joner (katjoner) adsorberas och transporten fördröjs medan negativt laddade joner (anjoner) repelleras och i allmänhet diffunderar snabbare genom bufferten (eller återfyllningen).

När det gäller adsorption av negativa komplexjoner (anjoner) är situationen mer komplicerad. Eftersom de dominerande mineral-ytorna i buffert och återfyllning är negativa är elektrostatiske effekter som beror på olika laddning inte aktuella.

Däremot kan anjoner adsorberas på vissa ytplatser (på engelska "sites") genom att ett jonbyte med hydroxylgrupper (OH-grupper) från ytan eller genom s.k. vätebindning som innebär att vattenmolekyler eller hydroxylgrupper (OH-grupper) på mineral-ytan interagerar med de vattenmolekyler som omger anjonen.

För bentoniten gäller att de s.k. siloxanskikten mellan "flaken" av montmorillonit består av Si –O-- Si bindningar som gör ytan relativt hydrofob dvs. vattenavvisande. Dessa ytor interagerar med olika joner huvudsakligen genom elektrostatiske attraktion som beror på olika laddningar mellan adsorbent och adsorbator. Kanterna på "flaken" är däremot mer hydrofila och innehåller =AlOH sites vars laddning beror på pH-värdet i suspensionen. Därför kan kanterna reagera med negativa joner antingen via specifik kemisk (kovalent) bindning eller via vätebindning.

Det finns ett antal jämvikt-baserade adsorptionsmodeller som utgår från att en mineralyta i en vattensuspension omges av ett lager av vattenmolekyler som är mer mindre strukturerade beroende på ytans laddning. Orsaken till detta är att vattenmolekylen är en dipol, dvs. den innehåller både en positiv och en negativ del. Detta lager av vattenmolekyler kallas det elektriska dubbellagret (EDL) och dess tjocklek beror t.ex. på ytladdningens storlek och suspensionens jonstyrka (tjockare lager vid låg jonstyrka). Reaktionen i och omkring EDL är avgörande för olika joners adsorption på ytorna. (För illustration av EDL se figur 8.1 i textavsnitt om Buffert).

Laddningsfördelningen från mineralytan genom EDL kan beskrivas genom en rad olika modeller vilka utgör grunden för att åstadkomma en termodynamisk adsorptionsmodell som kan beskriva komplexbildning på ytorna som funktion av olika koncentrationer och pH. Denna modell beskriver bildning av s.k. yt-komplex som är termodynamiskt motiverade och kan användas tillsammans med data för bildning av komplex i lösning och upplösning/utfällning av svårslösliga föreningar.

Det är alltså en kort beskrivning av vad Rådet i tidigare granskningar betecknat som en sofistikerad adsorptionsmodell.

Bilaga 4

En systemanalytisk betraktelse av säkerhetsanalysen

I detta appendix använder vi ett systemanalytiskt betraktelsesätt för att ge perspektiv på säkerhetsanalysen. Enligt Checkland kan system indelas i fyra klasser:

Natural systems (NS). De naturliga systemen kan studeras, beskrivas och förutsägas av naturvetenskaperna. Människan som naturvarelse ingår i dessa system, men har dessutom förmåga att skapa och utnyttja följande tre system.

Designed physical systems (DPS). Ursprung är människan och ett ändamål. Ett DPS har således tillkommit genom en viljeakt. Exempelvis har människan utvecklat kärnkraftverken för att producera elektricitet. DPS kan beskrivas med samma teorier som NS.

Designed abstract systems (DAS). Liksom DPS har DAS ursprung i människan och ett ändamål. Skillnaden mot DPS är att DAS är ett abstrakt system. Ett bra exempel är modellsystem för säkerhetsanalys.

Human activity systems (HAS). Ursprunget är vår självreflektion och vår därigenom vunna förmåga att ställa upp mål, t.ex. att bygga ett slutförvar eller att utveckla ett modellsystem för säkerhetsanalys. HAS reflekterar över och bestämmer självt målen för sin verksamhet, liksom medlen för att nå målen.

Vi väljer här behandla säkerhetsanalysen som en aktivitet, med andra ord ett mänskligt system som vi betecknar HAS (säk). Det bygger självt upp ett DAS (säk) och använder det för att beskriva säkerheten hos ett DPS (slutförvar) inbäddat i ett NS (omgivande berg). HAS kan inte beskrivas och förutsägas på samma sätt som för övriga system. I brist på konstitutiva modeller för HAS fungerar CATWOE som ett verktyg som erfarenhetsmässigt visat sig

fungera för att definiera sådana system. Det består av följande delar:

- Customers (kunder): De som utnyttjar resultaten av verksamheten (egentligen transformationerna, se nedan).
- Actors (aktörer): De som genomför transformationerna.
- Transformation (transformation): Förändring av systemet från ett tillstånd till ett annat.
- Weltanschauung (Synsätt): Synsätt som gör transformationerna meningsfulla i ett sammanhang.
- Owners (ägare): De som kan stoppa systemet, dvs. dess transformationer.
- Environment (omgivning): Omgivning till systemet som tas för given vid transformationerna.

Nedan beskrivs i korthet innebörden av dessa begrepp för slutförvarsprogrammet.

Kunder

Under slutförvarsprogrammets forsknings- och utvecklingskede utgjordes kunderna till säkerhetsanalysen av i huvudsak två kategorier:

- FoU-personal anställda eller anlitade av SKB, SKI, och SSI.
- Styrelsemedlemmar i SKB, SKI och SSI samt KASAM.

Senare kom SKB:s program in i ett nytt skede med förundersökningar inom ett antal kommuner med syfte att finna möjliga platser för ett slutförvar och därefter platsundersökningar i två kommuner. Därmed blev säkerhetsfrågan ett aktuellt ämne för debatt på lokal nivå i en helt annan omfattning än tidigare. Kundkretsen har därmed vidgats till att omfatta också t.ex. berörda kommuner.

Ställningstagande till SKB:s kommande ansökan, inklusive val av plats för ett slutförvar kommer till sist att vara ett beslut på högsta politiska nivå och vara baserat på ett komplext beslutsunderlag. Det är viktigt att största möjliga samstämmighet kan uppnås om vari detta beslutsunderlag ska bestå och att beslutet föregås av en bred diskussion som bör inkludera också miljögrupper. Även dessa blir

därmed kunder till säkerhetsanalysen. Under åren har SKB, myndigheterna och kommunerna (var och en utifrån sina respektive roller) genom både informella och formella metoder sökt engagera dem och berörd allmänhet i en gemensam kunskapsuppbyggnad kring slutförvarets problematik.

Ytterst utgör säkerhetsanalysernas resultat också underlag för regeringsbeslut om t.ex. lokalisering av ett slutförvar. Därmed kan också regeringen sägas vara en kund, om än indirekt via strålsäkerhetsmyndigheten och miljödomstolen.

Aktörer

Gruppen av aktörer har varit stabil sedan början av 1980-talet och bestått av relativt små, men successivt växande, grupper av FoU-personal anställda eller anlitade av SKB, SKI och SSI.

Transformation

Man kan ha olika uppfattningar om vad säkerhetsanalysen transformerar. Det kan vara t.ex. vara tekniskt-vetenskaplig information:

T1 *HAS(säk) transformerar fristående information om alla relevanta tekniskt – naturvetenskapliga områden till sammanhängande information om anläggningens totala säkerhet och de olika områdenas betydelse för säkerheten.*

Andra tänkbara transformationer kan särskilt med tanke på de nya kunderna vara:

T2 *HAS(säk) transformerar FoU personalens bilder av alla relevanta tekniskt – naturvetenskapliga processers betydelse för slutförvarets säkerhet till bekräftade bilder eller nya bilder av deras betydelse.*

T3 *HAS(säk) transformerar personer osäkra om ett förslaget förvars säkerhet till personer som är övertygade om förvarets säkerhet respektive övertygade om att förvaret inte är säkert.*

T4 *HAS(säk) transformerar obegriplig och detaljerad teknisk och vetenskaplig information och bedömningar om slutförvarets funktion*

till ett beslutsunderlag som ansvariga beslutsfattare vågar använda när man motiverar att tillstånd ges till säkra anläggningar (eller tillstånd inte ges till osäkra.

Transformationen T1 används främst av FoU personal på SKB och myndigheterna för att själva skapa sig en bild av säkerheten och för att övertyga varandra. Anledningen till att andra transformationer måste aktualiseras är att synsättet S1 delvis kan ifrågasättas (se nedan). I korthet förutsätter T1 att man tror på den vetenskapligt tekniska positivism som beskrivs i S1.

T2 har ungefär samma kundkategori som T1 men motiveras främst av en mer modest inställning till vad en säkerhetsanalys över huvudtaget kan göra (dvs något mindre vetenskapligt positivistiskt). T3 riktar sig mot nya kundkategorier (intresserade personer i berörda kommuner, handläggare i regeringskansliet, insiktsfull allmänhet), medan T4 har som direkta kundkategorier styrelser, kommunpolitiker och även regeringen.

Synsätt

Det synsätt som dominerade i säkerhetsanalysens tidiga skede var följande

S1 Säkerhetsanalys är ett rationellt och effektivt sätt att inrikta informationsinhämtning och bearbeta information för att förbättra riskhantering. Den är också ett rationellt och effektivt sätt att lösa konflikter mellan olika specialister beträffande betydelsen av "deras" system och specialistkunskap för den totala säkerheten.

Detta den tekniska positivismens synsätt mot vilket man kan ha en rad invändningar, t.ex.:

i) Säkerhetsanalysen spänner över många ämnesområden och det är omöjligt för en person att veta om alla delar genomförs med den vetenskapliga och tekniska stringens som man själv skulle vilja kräva.

ii) Fullständighet och visshet är ouppnåeliga mål i en säkerhetsanalys – den måste grundas på bedömningar. Detta innebär att transformationen kan ifrågasättas.

iii) Säkerhetsanalysen är svår att förstå för den oinvidige. Det finns en risk att dess resultat bara accepteras av dem som varit inblandade i dess framtagande.

Invändningarna i) och ii) kan vara motiv för att byta till ett något "mjukare" synsätt:

S2 Säkerhetsanalys är ett kontrollerbart objektivet förfarande att sammanställa och bearbeta stora mängder information för att bedöma ett föreslaget slutförvars säkerhet.

De nya kundkategorier som berörs av transformationerna T3 och T4 berörs säkert av invändning iii). Beroende på inställning kan kunderna i T3/T4 möjligen acceptera synsättet S2. Det finns dock en risk att de anser följande synsätt vara mer relevant:

S3 Säkerhetsanalys är ett svårgenomträngligt, svårkontrollerat och därigenom ett lätt manipulerbart system av datormodeller och procedurer, med vilket man kan bearbeta den information som användaren tycker är viktig och som modellerna kan hantera.

För att motverka att de kunder som är beroende av säkerhetsanalys i transformationerna T3 och T4 utvecklar ett synsätt av typen S3 krävs medvetna ansträngningar för att göra säkerhetsanalysen förståelig och transparent. Om inte detta kan göras i dialog mellan aktörer och kunder finns en uppenbar risk att säkerhetsanalysens betydelse som beslutsunderlag undermineras och att "ägarnas" stöd upphör.

Ägare

Systemet kan upphöra genom att 80-talskunderna (SKB, SKI och SSI) upphör att använda det. Som antytts ovan finns också risken att säkerhetsanalysen massivt misskrediteras av de nya kunderna, så att de ursprungliga ägarna tvingas sluta använda det.

Omgivning

Omgivningen utgörs av det avfallsproducerande systemet, och i ett vidare perspektiv av kärnkraftens politiska debatt.

Sammanfattning

Säkerhetsanalysens kundkrets har utökats från att vara begränsad till grupper med expertkunskaper med ett i huvudsak positivistiskt synsätt till att inkludera beslutsfattare och intresserad allmänhet. Detta ökar behovet av att göra den mer förståelig och transparent. Det innebär också att den nu har två roller. En roll är intern inom expertgrupperna och den representeras av transformationerna T1 och T2 ovan. Den andra rollen, som främst manifesteras av transformationen T4, är extern och vänder sig till det politiska beslutsfattandet och också därmed allmänheten, främst inom berörda kommuner men också i vidare mening.

Statens offentliga utredningar 2008

Kronologisk förteckning

1. Barlastvattenkonventionen – om Sveriges anslutning. N.
2. Immunitet för stater och deras egendom. UD.
3. Skyddet för den personliga integriteten. Bedömningar och förslag. Ju.
4. Omreglering av apoteksmarknaden. S.
5. Könsmiskriminerande reklam. Kränkande utformning av kommersiella meddelanden. IJ.
6. Fastighetsmäklaren och konsumenten. Ju.
7. Världsklass! Åtgärdsplan för den kliniska forskningen. U.
8. Bidrag på lika villkor. U.
9. Transportinspektionen. En myndighet för all trafik. + Bilagor. N.
10. 21 + 1 → 2. En ny myndighet för tillsyn och effektivitetsgranskning av socialförsäkringen. S.
11. Frihet för studenter – om hur kår- och nationsobligatoriet kan avskaffas. U.
12. Finansiella sektorn bär frukt. Analys av finansiella sektorn ur ett svenskt perspektiv. Fi.
13. Bättre kontakt via nätet – om anslutning av förnybar elproduktion. + Annex: Grid issues for electricity production based on renewable energy sources in Spain, Portugal, Germany, and United Kingdom. N
14. Timmar, kapital och teknologi – vad betyder mest? En analys av produktivitetsutvecklingen med hjälp av tillväxtbokföring. Fi.
15. LOV att välja – Lag Om Valfrihetssystem. S.
16. Förtursförklaring i domstol. Ju.
17. Frivux – valfrihet i vuxenutbildningen. U.
18. Evidensbaserad praktik inom social tjänsten – till nytta för brukaren. S.
19. Att slutförvara långlivat farligt avfall i undermarksdeponi i berg. M.
20. Patentskydd för biotekniska uppfinningar. Ju.
21. Permanent förändring. Globalisering, strukturomvandling och sysselsättningsdynamik. Fi.
22. Ett stabstöd i tiden. Fi.
23. Konsulär katastrofinsats. UD.
24. Svensk klimatpolitik. M.
25. Ett energieffektivare Sverige + Bilaga. N.
26. Värna språken – förslag till språklag. Ku.
27. Framtidsvägen – en reformerad gymnasieskola + Bilagedel. U.
28. Apoteksdatalagen. S.
29. Yrkehögskolan. För yrkeskunnande i förändring. U.
30. Forskningsfinansiering – kvalitet och relevans. U.
31. Miljödomstolarna – domkretsar – lokalisering – handläggningsregler. M.
32. Avskaffande av revisionsplikten för små företag. Ju.
33. Detaljhandel med vissa receptfria läkemedel. S.
34. Lättare att samverka – förslag om förändringar i samtlagen. Fi.
35. Digital-TV-övergången. + Engelsk översättning. Ku.
36. Svenska Spels nätpoker. En utvärdering. Fi.
37. Vårdval i Sverige. S.
38. EU, allmännyttan och hyrorna. + Bilagor. Fi.
39. Framtidens polisutbildning. Ju.
40. Bredband till hela landet. N.
41. Människohandel och barnåktenskap – ett förstärkt straffrättsligt skydd + bilaga. Ju.
42. Normgivningsmakten. Expertgruppsrapport. Ju.

43. Tre rapporter till Grundlagsutredningen.
Ju.
44. Transportinspektionen.
Ansvarslag för vägtrafiken m.m. N.
45. Rapporter från en mr-verkstad. IJ.
46. Handel med läkemedel för djur. S.
47. Frågor om hyra och bostadsrätt. Ju.
48. En utvecklad havsmiljöförvaltning. M.
49. Aktiekapital i privata aktiebolag. Ju.
50. Skyddet för samhällsviktig verksamhet.
Fö.
51. Värdigt liv i äldreomsorgen. S.
52. Legitimation och skärpta behörighetsregler. U.
53. Styra rätt! Förslag om Sjöfartsverkets organisation. N.
54. Obligatorisk arbetslöshetsförsäkring. A.
55. Kustbevakningens rättsliga befogenheter. Fö.
56. Mångfald som möjlighet. Åtgärder för ökad integration på landsbygden. Jo.
57. Skattelättnader för hushållstjänster. Fi.
58. Egenansvar – med professionellt stöd. IJ.
59. Föreningsfostran och tävlingsfostran.
En utvärdering av statens stöd till idrotten. Ku.
60. Personnummer och samordningsnummer.
Fi.
61. Krisberedskapen i grundlagen.
Översyn och internationell utblick.
Expertgruppsrapport Ju.
62. Myndighet för miljön
– en granskning av Naturvårdsverket. M.
63. Förstärkt skydd för företagshemligheter.
Ju.
64. Kontinuitet och förändring. + Lättläst + Daisy. Ku.
65. Sekretess och offentliga biträden i utlänningsärenden. Ju.
66. Arbetsförmåga?
En översikt av bedömningsmetoder i Sverige och andra länder. S.
67. Enklare redovisning. Ju.
68. Bygg – helt enkelt! M.
69. Välja fritt och välja rätt. Drivkrafter för rationella utbildningsval. Fi.
70. Slutförvaring av kärnavfall. Kärnavfallsrådets yttrande över SKB:s Fud-program 2007. M.

Statens offentliga utredningar 2008

Systematisk förteckning

Justitiedepartementet

- Skyddet för den personliga integriteten.
Bedömningar och förslag. [3]
- Fastighetsmäklaren och konsumenten. [6]
- Förtursförklaring i domstol. [16]
- Patentskydd för biotekniska uppfinningar.
[20]
- Avskaffande av revisionsplikten för små
företag. [32]
- Framtidens polisutbildning. [39]
- Människohandel och barnåktenskap – ett för-
stärkt straffrättsligt skydd+ bilaga. [41]
- Normgivningsmakten.
Expertgruppsrapport XI. [42]
- Tre rapporter till Grundlagsutredningen. [43]
- Frågor om hyra och bostadsrätt. [47]
- Aktiekapital i privata aktiebolag. [49]
- Krisberedskapen i grundlagen.
Översyn och internationell utblick.
Expertgruppsrapport. [61]
- Förstärkt skydd för företagshemligheter. [63]
- Sekretess och offentliga biträden i utlännings-
ärenden. [65]
- Enklare redovisning. [67]

Utrikesdepartementet

- Immunitet för stater och deras egendom. [2]
- Konsulär katastrofinsats. [23]

Försvarsdepartementet

- Skyddet för samhällsviktig verksamhet. [50]
- Kustbevakningens rättsliga befogenheter. [55]

Socialdepartementet

- Omreglering av apoteksmarknaden. [4]
- 21 + 1 → 2. En ny myndighet för tillsyn
och effektivitetsgranskning av social-
försäkringen. [10].
- LOV att välja – Lag Om Valfrihetssystem. [15]
- Evidensbaserad praktik inom socialtjänsten
– till nytta för brukaren. [18]

- Apoteksdatalagen. [28]
- Detaljhandel med vissa receptfria läkemedel.
[33]
- Vårdval i Sverige. [37]
- Handel med läkemedel för djur. [46]
- Värdigt liv i äldreomsorgen. [51]
- Arbetsförmåga?
En översikt av bedömningsmetoder i
Sverige och andra länder. [66]

Finansdepartementet

- Finansiella sektorn bär frukt.
Analys av finansiella sektorn ur ett svenskt
perspektiv. [12]
- Timmar, kapital och teknologi
– vad betyder mest?
En analys av produktivitetstutvecklingen
med hjälp av tillväxtbokföring. [14]
- Permanent förändring.
Globalisering, strukturomvandling
och sysselsättningsdynamik. [21]
- Ett stabsstöd i tiden. [22]
- Lättare att samverka
– förslag om förändringar i samtjänstlagen.
[34]
- Svenska Spels nätpoker. En utvärdering. [36]
- EU, allmännyttan och hyrorna.
+ Bilagor. [38]
- Skattelättnader för hushållstjänster. [57]
- Personnummer och samordningsnummer. [60]
- Välja fritt och välja rätt. Drivkrafter för
rationella utbildningsval. [69]
- Utbildningsdepartementet**
-
- Världsklass! Åtgärdsplan för den kliniska
forskningen. [7]
- Bidrag på lika villkor. [8]
- Frihet för studenter – om hur kär- och
nationsobligatoriet kan avskaffas. [11]
- Frivux – valfrihet i vuxenutbildningen. [17]
- Framtidsvägen – en reformerad gymnasieskola
+ Bilagedel. [27]

Yrkehögskolan. För yrkeskunnande i förändring. [29]
Forskningsfinansiering – kvalitet och relevans. [30]
Legitimation och skärpta behörighetsregler. [52]

Jordbruksdepartementet

Mångfald som möjlighet. Åtgärder för ökad integration på landsbygden. [56]

Miljödepartementet

Att slutförvara långlivat farligt avfall i undermarksdeponi i berg. [19]
Svensk klimatpolitik. [24]
Miljödomstolarna – domkretsar – lokalisering – handläggningsregler. [31]
En utvecklad havsmiljöförvaltning. [48]
Myndighet för miljön – en granskning av Naturvårdsverket. [62]
Bygg – helt enkelt! [68]
Slutförvaring av kärnavfall. Kärnavfallsrådets yttrande över SKB:s Fud-program 2007. [70]

Näringsdepartementet

Barlastvattenkonventionen – om Sveriges anslutning. [1]
Transportinspektionen. En myndighet för all trafik. + Bilagor. [9]
Bättre kontakt via nätet – om anslutning av förnybar elproduktion. + Annex: Grid issues for electricity production based on renewable energy sources in Spain, Portugal, Germany, and United Kingdom. [13]
Ett energieffektivare Sverige + Bilaga. [25]
Bredband till hela landet. [40]
Transportinspektionen. Ansvarslag för vägtrafiken m.m. [44]
Styra rätt! Förslag om Sjöfartsverkets organisation. [53]

Integrations- och jämställdhetsdepartementet

Könsdiskriminerande reklam. Kränkande utformning av kommersiella meddelanden. [5]
Rapporter från en mr-verkstad. [45]
Egenansvar – med professionellt stöd. [58]

Kulturdepartementet

Värna språken – förslag till språklag. [26]
Digital-TV-övergången. + Engelsk översättning. [35]
Föreningsfostran och tävlingsfostran. En utvärdering av statens stöd till idrotten. [59]
Kontinuitet och förändring. + Lättläst + Daisy. [64]

Arbetsmarknadsdepartementet

Obligatorisk arbetslöshetsförsäkring. [54]

Statens råd för kärnavfallsfrågor (Kärnavfallsrådet) är en vetenskaplig kommitté under Miljödepartementet med uppgift att utreda frågor om kärnavfall och om avställning och rivning av kärntekniska anläggningar samt att ge regeringen råd i dessa frågor. Kärnavfallsrådet ska vidare identifiera och analysera frågeställningar inom kärnavfallsområdet som har väsentlig betydelse för beslutsprocessen och bedömningen av slutförvarets långsiktiga säkerhet och se till att dessa frågor blir genomlysta. Huvuduppgifter är att:

- redovisa en självständig bedömning av kunskapsläget på kärnavfallsområdet,
- granska Svensk Kärnbränslehantering AB:s (SKB) Forsknings-, utvecklings- och demonstrationsprogram (Fud), samt
- bidra till en genomlysning och dialog inom kärnavfallsområdet genom att anordna utfrågningar och seminarier.

Kärnavfallsrådets ledamöter är kvalificerade vetenskapsmän från svenska och nordiska universitet och högskolor. De representerar oberoende sakkunskap inom områden som är av betydelse för hantering och slutförvaring av använt kärnbränsle och annat radioaktivt avfall såsom teknik och naturvetenskap samt etik, humaniora och samhällsvetenskap.

Denna rapport utgör Kärnavfallsrådets yttrande över Svensk Kärnbränslehantering AB:s Fud-program 2007 – ”Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall”.

Kärnavfallsrådet
Miljödepartementet
103 33 Stockholm
www.karnavfallsradet.se



Fritzes

ett Wolters Kluwer-företag

106 47 Stockholm Tel 08-690 91 90 Fax 08-690 91 91 order.fritzes@nj.se www.fritzes.se

ISBN 978-91-38-23022-0 ISSN 0375-250X

