

Statens kärnkraftinspektion  
Box 27106

102 52 STOCKHOLM

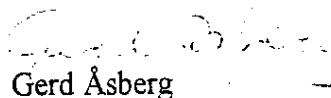
**Granskning av Svensk Kärnbränslehantering AB:s Forsknings-  
program 92**

Rektorsämbetet vid Chalmers tekniska högskola överlämnar bifogade  
yttrande över Svensk Kärnbränslehantering ABs forskningsprogram 92  
som utarbetats av professorerna Ulf Lindblom, Anders Rasmuson och  
Imre Pázsit.

På rektorsämbetets vägnar



Anders Sjöberg



Gerd Åsberg

C:\RAIKÄRNBR,bs

**Statens Kärnbränsleinspektion**

**Yttrande över Svensk Kärnbränslehanterings  
FUD-Program 92**

**Remissgruppen vid Chalmers tekniska högskola**

**Professorerna Ulf Lindblom  
Anders Rasmuson  
Imre Pázsit**

**Göteborg januari 1993**

Innehåll	sid
Allmänt	3
Kärnavfall och behandlingsmetoder	4
Typ och mängd av avfall	4
Inkapsling	5
Djupförvaring	6
Demonstrationsförvaring	7
Säkerhetsanalyser	7
Stödjande FoU	8
Bränsle	8
Geovetenskap	8
Kemi	9
Äspölaboratoriet	9
Prioritering och kostnader	10

## Allmänt

SKB har i FUD-Program 92 önskat definiera inriktningen för fortsatt forskning, utveckling och teknisk demonstration av hur slutförvaring av radioaktivt avfall skall ske i Sverige. Huvuduppgiften är att visa hur det utbrända kärnbränslet slutgiltigt skall behandlas och förvaras.

SKB:s synsätt är utpräglat "processtekniskt"; slutförvaringen ses som det sista steget i en kemisk-fysikalisk industriprocess. Detta sista steg får inte bli "den svaga länken" i kedjan uranbrytning-bränsletillverkning-reaktordrift-mellanlagring-slutförvaring, utan måste hålla lika hög säkerhetsklass som övriga delmoment.

Vid Chalmers tekniska högskola har SKB:s FUD-Program 92 behandlats av professorerna Ulf Lindblom, Anders Rasmuson och Imre Pázsit med biträde av professor Ingemar Olefjord. En huvudavsikt med remissgruppens arbete har varit att söka klarlägga huruvida SKB:s material, som ju innebär en styrkekoncentration riktad mot en enda huvudlinje vad avser slutförvaringen, är rimlig och motiverad mot bakgrund av dagens kunskapsläge. Är, med andra ord, tiden mogen att sortera bort andra alternativ till slutförvaring? En dylik urvalsprocess ställer rimligtvis stora krav på helhetssyn och balans i de bedömningar som görs inom SKB:s projektledning. Ett sådant, holistiskt synsätt får dock ej hindra att detaljerad "nyckelkunskap" kommer fram i tid.

Huvudanledningen till den kunskapsosäkerhet som vidlåter den "sista länken" i kärnbränslekedjan, dvs slutförvaringen, är tveklöst tidsperspektivet. En strålningsnivå motsvarande rik uranmalm uppnås först efter 100 000 år. Osäkerheter i prognoser blir följden, bl a avseende

- \* kapselsprickor (p g a korrosion, bergdeformationer)
- \* långtidsbeständighet återfyllnadsmaterial
- \* grundvattenrörelser, istid, permafrost, jordskalv
- \* mänskligt intrång
- \* transportprocesser och fördröjning

SKB:s arbetssätt är att söka reducera kunskapsosäkerheten genom översäkra uppskattningar och expertbedömningar i varje led. Sådan information infogas i olika modeller, med vilkas hjälp man önskar ge en systemteknisk bild av förhållandena i och omkring förvaret i en avlägsen framtid.

En lika fundamental som självklar brist i angreppssättet är att validering framåt i tiden av modellernas riktighet svårligen kan åstadkommas. Detta är desto allvarligare som företagna, komparativa studier av exempelvis spridningsmodeller för radionuklider visar att skillnaden mellan prognoser kan uppgå till fyra tiopotenser\*. S k naturliga analoger kan dock i viss mån anses vara en form av validering.

---

\*Gunnar Bengtsson, SSI: "Slutförvaring av Avfall". IVA 1992-12-03

På flera ställen refereras till att säkerhetsanalysen SKB 91 visar att säkerheten för ett slutförvar endast i ringa utsträckning beror av det omgivande bergets förmåga att fördröja och sorbera utläckande radioaktiva ämnen (t ex på sidan 76 i huvudrapporten). En tillräcklig fördröjning sägs ges av de tekniska barriärerna. Om så är fallet kan man ifrågasätta den fortsatta stora satsningen på karakterisering av bergets barriäregenskaper (Åspö etc).

En annan kommentar som CTH remissgrupp vill rikta till SKB med anledning av det planerade arbetet berör parameterintervall i analyser. Problemet karaktär innebär att mångfalden parametrar måste reduceras successivt. Görs någon bedömning (typ "störningsanalys") av effekterna av att en viss parameter elimineras?

I och med att SKB:s slutförvaringsprojekt nu går in i ett mer tekniskt skede, där man avser att skaffa sig erfarenheter av förvarsbygge i full skala, har man samtidigt markerat att man anser att forskningen nått dithän att erforderligt kunskapsunderlag för ett byggande existerar. CTH:s remissgrupp har analyserat denna fråga och kommit fram till att så är fallet i allt väsentligt, dvs vad avser allmän strategi, systemval, inkapsling, djupförvaring och stödjande FoU.

CTH:s remissgrupp har dock under arbetet identifierat ett antal frågeställningar som ej beaktats i rimlig grad av SKB; vidare önskar gruppen lämna förslag på inriktning av de förestående insatserna på flera punkter. Dessa synpunkter återfinns i den fortsatta texten.

CTH:s remissgrupp vill som en allmän kommentar påpeka att den språkliga och bildmässiga utformningen av det av SKB presenterade materialet tyvärr fått en tendentiös och alltför tillrättalagd karaktär. Det är oklart vilken målgrupp SKB avser att påverka med detta. Det är CTH:s remissgrupp uppfattning att materialets trovärdighet skulle ökat med en ödmjukare ansats. Inskjutna meningar av typen "problemet är svåranalyserat ...", "... resultatet är inte användningsfritt ...", skulle, enligt vår mening, snarast höja det presenterade materialets kvalitet. Det är stundtals svårt att tränga igenom rapportens "glacerade" språk och ritteknik för att finna de bakomliggande svårigheter som framställningen egentligen avser.

## **Kärnavfall och behandlingsmetoder**

### Typ och mängd av avfall

Några kommentarer om avfallet från använt bränsle. Det verkar som beräkningar, mätningar och prognoser angående avfallet och tillhörande tekniska problem är alla baserade på avfall från användning av reaktorerna under en bestämd tid (till 2010) med bestämd bränsletyp, utbränning osv. Eftersom dessa parametrar ej kan garanteras vara de slutligen gällande (även om avvikelser från planerna ej är särskilt sannolika), borde det ingå i FUD-planen att undersöka följderna av ändring i dessa förutsättningar, dvs hur typ och mängd av avfall från bränsle påverkas av en eventuellt fortsatt drift av reaktorerna efter 2010, respektive användning av annan typ av bränsle, drifttyp (t ex annan anrikning, andra laddningsscheman,

högre utbränning, även MOX bränsle). Det är viktigt att planeringen av slutförvaret inte låser sig helt i ett enda alternativ av reaktor- och bränsleanvändning.

Vidare, med tanke på eventuella planer om senare återvinning av kvarvarande (respektive under lagring nyproducerad) fissilt material, bör dessas mängd också tas med i beräkningen.

En detalj är att referenserna till litteratur innehållande bränsledata är felaktiga i rapporten.

## Inkapsling

### Svetsning av Cu

Frågan rörande fogning av kapselkärlet till dess lock är inte löst. Man har lyckats identifiera problemställningen, men inga genombrytande framsteg tycks ha skett sedan remissbehandlingen av KBS:3, som genomfördes för snart 10 år sedan. Det konstateras att elektronstrålesvetsning är den mest intressanta hopfogningsmetoden. Det var jämte hetisostatisk pressning huvudalternativet i KBS:3. I den nu aktuella rapporten hänvisas till ett pågående EUREKA-projekt och att man har för avsikt att utföra provsvetsning av grova kopparsektioner. Det framhålls att fogningsmetoden skall väljas om ca två år. Detta förefaller optimistiskt i överkant med tanke på den ringa insatsen som man åstadkommit under den senaste tioårsperioden. Det är troligt att man idag är lyckligt okunnig om de tekniska och metallurgiska problem som måste lösas innan en tillfredsställande fog kan erhållas.

### Provningskontroll

Man medger att man inte är på det klara med om man måste utföra utvecklingsarbete beträffande oförstörande provningsmetod för att prova svetsfogarna eller om man kan lita på existerande teknik. Det är självfallet av största vikt att man genom provning kan kontrollera att förekommande defekter inte överstiger en viss på förhand accepterad storleksnivå. I KBS:3 framhölls att ultraljudprovning av tjockväggiga kopparprover är en alltför okänslig metod för att säkerställa ett defektfritt förband. I det nya programmet hänvisar man inte till någon alternativ metod eller möjlighet att förbättra existerande ultraljudprovningsteknik, förutom datortomografi.

### Korrosion

I sur miljö och höga kloridjonshalter kan koppar korrodera utan närvaro av syre om anaeroba sulfatreducerande bakterier finns närvarande. Många mikroorganismer, men ej alla, förgiftas av koppar. Det framgår inte klart från underlagsrapporten i vad mån denna problemställning beaktats. Man talar om att eventuellt korrosionsangrepp begränsas av tillgången på organiskt material. Om inte denna fråga är utredd så är det nödvändigt att det görs. Det kan visa sig att vid det aktuella pH-värdet så är farhågorna för bakteriell korrosion försumbar.

## Djupförvaring

Som en konklusion av tidigare FoU-verksamhet drar SKB slutsatsen att det finns "... naturvetenskapliga och tekniska förutsättningar ..." i Sverige för en säker slutförvaring. Det är osäkert om man här avser kompetensmässiga förhållanden eller existerande naturresurser. Vidare sägs att det svenska urberget ger de nödvändiga geologiska förutsättningarna och att "... det bästa sättet att gå vidare ... är att välja, undersöka och utvärdera specifika kandidatplatser." (s. 60). \*

CTH:s remissgrupp ansluter sig till SKB:s bedömning att urberget genom sin geologiska historia och dess nutida karaktär kommer att bibehålla sina primäregenskaper, dvs mekanisk och kemisk stabilitet och låg genomsläpplighet under avfalllets farlighetstid. En helhetssyn på "systemet" leder emellertid till att det är de mänskliga ingreppen i berget, snarare än berget självt, som bör utgöra svagheter i systemet.

De tillverkade hålrummen i KBS-3 layouten har ej, som omgivande berg, tidigare varit utsatta för årmiljoner av spännings- och deformationspåverkan. Stabilitet hos ett hålrum är alltid en fråga om tid. Reologins lagar säger att varje hålrum i ett belastat kontinuum strävar att sluta sig, men att tiden härför varierar beroende på faktorer som geometri, berghållfasthet och återfyllningsmaterialets egenskaper. Jämfört med vår kunskap om berget, är osäkerheten beträffande sand/bentonitblandningars beständighet och uppträdande i tunnel- och schaktsystem fundamental.

Ett sätt att minska konsekvenserna av denna osäkerhet vore att utesluta alternativet nedfartsramp, som är ett större ingrepp, och välja ett borrat schakt som tillfartsalternativ.

SKB avser att utveckla lämplig tätningsteknik "för de behov som kan finnas vid detaljundersökningar och utbyggnad av djupförvaret". (s. 63) CTH:s remissgrupp ställer frågan vad dylik tätning kan ha för relevans i tidsperspektivet 10 000 år eller längre.

SKB tar upp byggbarheten (s. 66) som ett tekniskt krav på kandidatplatsen. CTH:s remissgrupp anser att problemen att bygga relativt små tunnlar på begränsat djup i gott urberg är små jämförda med övriga tidsavhängiga problem med slutförvaring. SKB gör sig här skyldig till brist på helhetssyn.

SKB ställer vidare som krav på kandidatplatsen att den skall vara "lätt att tolka". (s. 66). Som en allmän kommentar vill CTH:s remissgrupp här påpeka att, oavsett entusiasm och finansiell styrka hos projektören, geologi sällan eller aldrig kan prognosticeras på detta sätt. Det är snarare vanligt med förhållandet "ju mer undersökning - desto komplexare geologi".

---

\* Hänvisning avser SKB FUD-Program 92 (Huvudrapport)

Sammanfattningsvis kan sägas som en kommentar till lokaliseringsfaktorerna (Tabell 9-1, s. 67) att CTH:s remissgrupp under tekniska/geovetenskapliga faktorer saknar långtidsegenskaper hos återfyllnadssystemet i tunnlar och schakt samt analys av grundvattenströmning i imperfektioner i detta system.

Vidare anser CTH:s remissgrupp att framtida brunnborrning är ett distinkt hot mot den långsiktiga miljön i förvarets närhet. Detta problem borde ägnas mer diskussion i SKB:s FUD-rapport.

### **Demonstrationsförvaring**

CTH:s remissgrupp anser att fördelarna med ett demonstrationsförvar är betydande och överväger nackdelarna. För att fördelarna verkligen skall kunna utnyttjas krävs dock att hög flexibilitet finns kvar i beslutskedjan ända fram till demonstrationsfasens slut. Det skall alltså vara möjligt att ta upp det deponerade bränslet för alternativ hantering. I princip skall också ett nytt platsval vara möjligt att genomföra.

Oklart hur man ska bygga ut (jmf s. 49) demonstrationsförvaret till fullskala med de störningar i berget som inducerats i demonstrationsskedet. Ett demonstrationsförvar torde öka behovet av mellanlagring av bränsle.

Som också påpekas i huvudrapporten ska man ha klart för sig att ett demonstrationsförvar inte kan demonstrera slutförvarets långsiktiga säkerhet.

### **Säkerhetsanalyser**

Här igen bör nämnas att någon verifiering av säkerhetsbedömningar ej kan erhållas. Problemet här är ej enbart tidsperspektivet, utan det faktum att säkerhetsanalyser är oundvikligen av statistisk karaktär (t ex Probabilistic Safety Analysis). Eftersom djupförvaret är en anordning av singulär ("one of its type") karaktär kan underlag för skattning av sannolikhet till olika händelser ej lätt inhämtas. Dessutom är värdet av statistiska slutsatser också begränsat i det fallet. Gradvis förbättring av modellerna med inhämtning av erfarenheter från förekommande eventuella incidenter, såsom de som har inträffat i kraftindustrin, är ej heller tillämpbar. Remissgruppen anser att detta problem borde bättre framhållas i programmet. Man saknar också diskussioner om lämplighet av experimentella studier av olika "olyckor" för att få bättre underlag till modellering av möjliga händelseförlopp (jämför med det internationella Marviken-projektet där transport av aerosoler, genererade i experiment som simulerade härdsälta, men med icke-aktivt material, studerades).



## Stödande FoU

### Bränsle

Bränslets egen kapsling kommer ej att utgöra en viktig barriär i systemet. Det lär ej finnas ett uttryckligt behov av stödande FoU för bränslet vad avser utformning av slutförvar. Däremot behövs kompetens i bränsleteknik att tillgå i framtiden för att tillgodose eventuella behov i samband med återvinning av fissilt material, eventuella skador i systemet osv. Det är oklart hur denna speciella kompetens kommer att upprätthållas och det kan bli ett problem redan i ett relativt kort tidsperspektiv. Frågan är hur kompetensutveckling och även rekrytering sker när kärnkraften stängs för gott och intresset för kärnreaktorer försvinner.

### Geovetenskap

SKB:s arbete under perioden 1993-98 kommer i stort att omfatta kunskapsuppbyggnads- och modelleringsverksamhet, s k konceptuella modeller (tankemodeller). Studier av berggrundens stabilitet samt utveckling av fältmetoder och instrument står också på programmet.

En förbättring för att berggrundens egenskaper blir styrande är, som tidigare nämnts, att det av människan skapade systemet av hålrum i berget inte på sikt blir styrande, framförallt vad avser vattengenomsläpplighet. Utformning av anläggningen samt buffermassans egenskaper borde utredas bättre innan detaljerade modelleringsansatser utförs, vilka bygger på att tunnel- och schaktsystem är inaktiva.

Den planerade hydrogeologiska modellutvecklingen är omfattande. Man måste här ha i minnet att det modellerade mediet (bergmassan) definitionsmässigt är komplext och plats-specifikt. Verifikation är svår men möjligen genomförbar för en specifik plats. Validering av prognoser in i framtiden är omöjlig. Motsvarande gäller för bergmekanisk modellering.

CTH:s remissgrupp anser att SKB:s planer på stödande FoU äger rent grundvetenskaplig relevans; dock kan risk finnas att de resultat som framtas delvis kan brista i relevans då det gäller det övergripande målet att visa att slutförvaring kan ske utan utläckage till omgivningen.

När det gäller utveckling av fältmetoder och instrument, anser CTH:s remissgrupp att detta är angelägna uppgifter för geovetenskapen; tillgång till bra data är dock till ringa hjälp om den använda modellen skulle visa sig vara felaktig.

## Kemi

Huvudmålet för kemiprogrammet anges vara:

- vidareutveckla kunskapen om kemin hos grundvatten och mineral
- bekräfta den geohydrologiska beskrivningen av grundvattenströmning
- bestämma vilka kemiska förändringar som förvaret och eventuellt inströmmande vatten kan åstadkomma

Som påpekats i tidigare remissvar bör huvudmålsättningen vara att finna sådana kemiska betingelser som förhindrar eller försvårar läckage och spridning av radionuklider.

Radionuklidernas uppträdande i geosfären bestäms av deras löslighet och fördröjning.

Lösligheten beror av de grundvattenkemiska förhållandena. Speciellt viktiga är redoxillståndet och redoxbuffertkapaciteten. Dessa beror, med största sannolikhet av järnsystemet. Det är viktigt att visa att Fe(II) mineralen är tillgängliga för reduktion av radionuklider samt att de kemiska förhållandena är långtidsstabila.

Fördröjningen bestäms av grundvattenflöde, sorptionsaffinitet, tillgänglig sorptionsyta och massöverföringskinetik. Organiska komplex, kolloider och mikrober kan tänkas binda radionuklider och transportera dem utan retardation med grundvattnets hastighet. Speciellt i kombination med transport i snabba "kanaler" är detta ett potentiellt oroväckande scenario. Det är därför något störande att det i rapporten (s 88) påstås i svepande ordalag att dessa processer inte är av säkerhetsmässig betydelse utan att referens ges.

Berget är till sin natur kraftigt heterogent vilket försvårar en deterministisk beskrivning av transporten. Det är oklart hur de stora osäkerheterna i parametrarna över tid och rum ska behandlas.

Några direkta felaktigheter eller tvetydigheter:

s. 49: ref /7-2/ finns ej

s. 101: dispersion ger ej en uppbromsning

## **Äspölaboratoriet**

Mycket stora resurser satsas på berggrundsrelaterade experiment i Äspö. I motsats till data från materialforskning är berggrundsdata alltid platsspecifika, varför parametervärden hämtade från Äspö ej automatiskt kan förutsättas gälla på en annan plats i berggrunden. Man kan därför ifrågasätta varför så stora resurser satsas på en enda lokal (som ej är slutförvarslokal). De metoder för geologisk utvärdering som utvecklas i Äspö blir med nödvändighet anpassade till just denna lokal. Detsamma gäller modellerna för grundvattenströmning.

Man kan också ifrågasätta behovet av att avsätta så stora resurser för att demonstrera bergbyggnadsteknik. Det finns mycket erfarenhet att hämta genom att studera kommersiella bergbyggnadsprojekt. En större bredd i kunskapsmassan skulle också erhållas med en sådan inriktning.

Man kan överhuvudtaget ifrågasätta den stora satsningen på att karakterisera berget, när säkerheten för ett slutförvar enligt SKB 91 endast i ringa utsträckning beror av det omgivande bergets förmåga att fördröja och sorbera utläckande radioaktiva ämnen.

Tidsschemat förefaller vara hårt pressat. Detta gäller speciellt om erfarenheterna från Äspö ska kunna utnyttjas vid val och utvärdering av kandidatplatser.

### **Prioriteringar och kostnader**

Remissgruppen reagerar på att den stödjande FoU-verksamheten avseende bränsle blir hela fem gånger dyrare än motsvarande för "övriga material". Vidare anser gruppen att kostnaderna för studium av naturliga analogier är orimligt höga.

Göteborg den 14 januari 1993  
för CTH:s remissgrupp

Ulf Lindblom  
professor bergbyggnadsteknik