

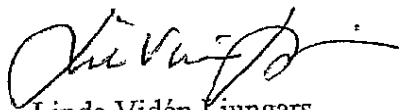
STATENS KÄRNKRAFTINSPEKTION	
2008-03-25	
DNR	SKI 2007/1218
OBJ.	

STATENS KÄRNKRAFTINSPEKTION  
Enheten för slutförvaring  
Öivind Toverud  
106 58 Stockholm

**Remissvar angående "Granskning av SKB:s FUD-program 2007 (SKI 2007/1218)**

Chalmers tekniska högskola översänder bifogat yttrande över ovan rubricerade remiss. Yttrandet har utarbetats av docent Karin Andersson, professor Lars-Gunnar Johansson, forskarassistent Sebastien Rauch.

Vänliga hälsningar,



Linda Vidén Ljungars  
Handläggare





## Yttrande SKB FUD program 2007

### **Sammanfattning**

Det forskningsprogram (FUD 2007) som lämnats ut på remiss är mycket omfattande och beskrivningen av verksamheten mycket detaljerad. Generellt sett har SKB en sedan länge genomtänkt och utvärderad plan för slutförvaret, något som också avspeglas i Fud 2007, vilken täcker många relevanta områden. Chalmers har här valt att ge generella kommentarer till angreppssätt och strategi för slutförvaret samt detaljerade synpunkter kring forskningen inom några utvalda områden.

**På övergripande nivå kan konstateras att:**

- Det är av stor vikt att upprätthålla kompetens inom Sverige för att hantera svenskt avfall, men också att kunna bistå internationellt med kompetens. Här har forskning och utveckling inom SKBs forsknings och utvecklingsverksamhet stor betydelse.
- Universiteten behöver kunna upprätthålla en högklassig och relevant forskningsinfrastruktur som samordnas nationellt. Samarbeten med andra länder är viktigt, men för att kunna delta på lika nivå, behövs inhemska resurser och kompetenser. SKBs forskningsstöd har även här en stor roll.

**Bland mera specifika synpunkter kan följande lyftas fram:**

För SKBs handlingsplan konstateras att såväl tekniska, ekonomiska som politiska intressen kan komma att förändra förutsättningarna för innehållet i slutförvaret i en framtid. Den stora energitillgång som finns här kan på sikt vara av stort ekonomiskt intresse. Grundprincipen för teknik att förvara det icke attraktiva avfallet enligt SKBs principer påverkas dock inte av detta.

Beslutet att inte upparbeta bränslet togs för 30 år sedan med avsikt att förhindra spridning av klyvbart material. Samtidigt förlägger man på detta sätt en stor potentiell energiresurs till ett avfallsförvar. Att man inte i dagsläget specificerar ett forskningsprogram som hanterar omvärldsaspekter vad gäller risk, säkerhet och en förändrad hotbild för utbränt kärnbränsle och förvar finner vi anmärkningsvärt. Utmaningen att tekniskt bygga ett säkert slutförvar är hanterad genom ett omfattande forsknings- och utvecklingsarbete, men det faktum att man förvarar en stor mängd attraktivt material som kan användas för framtida energiutvinning eller eventuell vapenframställning (om än med stora tekniska insatser) och t o m terrordåd på en plats kräver en mera ingående analys av risk/säkerhet.

Inom området platsspecifika mätningar finns fortfarande vissa svårigheter att få relevanta mätdata att använda i transportmodeller. Chalmers påpekar vikten av att osäkerheter och naturlig variation tas i beaktande och att fokus sätts på de parametrar som har stor betydelse för säkerhetsanalysen.

Inom säkerhetsanalys påpekar Chalmers värdet av ytterligare studier av bränsleupplösning i vatten. Inom detta område finns begränsat med data eftersom egenskaperna hos bränslet gör att experimentella studier ställer stora krav på laboratorieresurser och utrustning. Datorsimuleringar måste dock kompletteras med experimentella studier.

Inom området kapselkorrosion påpekas några mindre oklarheter. Viktigast är frågorna om den galvaniska korrosionen av gjutjärnsinsatsen och om strålningens eventuella inverkan på korrosionen

I studierna inom biosfärsområdet påpekas att människan inte inkluderats som del av ekosystemen.

Samhällsvetenskaplig forskning som utvärderar det systemanalytiska angreppssätt som säkerhetsanalysen utgör och användningen av analysen som beslutsunderlag i ett större perspektiv än det strikt naturvetenskapligt/tekniska är en viktig del av verksamheten.

Göteborg 2008-03-10



Karin Markides

Rektor

## Yttrande SKB FUD program 2007

### **Allmänt:**

Det forskningsprogram (FUD 2007) som lämnats ut på remiss är mycket omfattande och beskrivningen av verksamheten mycket detaljerad. Inom Chalmers finns forskningskompetens inom ett antal områden som behandlas i FUD 2007, men här finns även många områden som ligger utanför dagens forskning. Chalmers har valt att ge generella kommentarer till angreppssätt och strategi för slutförvaret samt detaljerade synpunkter kring forskningen inom några utvalda områden. Att ge detaljerade kommentarer till samtliga delar i ett så omfattande program låter sig inte göras med de resurser som finns tillgängliga.

På övergripande nivå kan konstateras att:

- Det är av stor vikt att upprätthålla kompetens inom Sverige för att hantera svenskt avfall, men också att kunna bistå internationellt med kompetens. Detta speciellt när det sker en stor utbyggnad av kärnkraft runt om i världen, t ex i Asien (Kina, Indien m fl) och även i länder som tidigare inte haft kärnkraftprogram. Här har forskning och utveckling inom SKBs forsknings och utvecklingsverksamhet stor betydelse.
- För att kunna fylla denna uppgift behöver universitetet resurser att upprätthålla en högklassig och relevant forskningsinfrastruktur. Man bör verka för samordning inom Sverige som helhet för att ha tillgång till resurser och kompetens och samtidigt undvika alltför stora överlapp i dyr infrastruktur. Att ha samarbeten med andra länder är viktigt, men för att kunna delta på lika nivå, behövs inhemska resurser och kompetenser. SKBs forskningsstöd har även här en stor roll.

**Nedan följer specifika kommentarer kring några forskningsområden:**

### ***Del I, SKBs handlingsplan***

Kraftindustrin som tillståndshavare för kärnkraftverk ansvarar för att slutförvaring sker på ett säkert sätt. Grundläggande principer och strategi för avfallshantering utgår från resultatet av politiska beslut som fattades kring 1980, dvs för närmare 30 år sedan. Ett omfattande forsknings- och utvecklingsarbete har pågått sedan dess och redovisats i en serie av FUD program och tillämpats i säkerhetsanalyser. Analysen har byggt på de grundläggande principer för geologisk deponering som arbetats fram sedan 1970-talet. Den jämförande säkerhetsanalys som gjordes 2000 av olika förvaringskoncept innefattade också olika typer av förvaring i kristallint berg. Detta innebär att generellt sett har SKB en sedan länge genomtänkt och utvärderad plan för slutförvaret, något som också avspeglas i Fud 2007. Man kan dock överväga hur förändring av förutsättningarna i samhälle och omvärld sedan slutet av 1970-talet påverkar den övergripande strategin för förvaret.

Under de gångna 30 åren har såväl teknikutveckling som naturvetenskaplig forskning gett delvis nya förutsättningar för möjliga alternativ till den strategi som finns i dag. SKBs uppdrag att upprätthålla kompetens inom Sverige inom området transmutation och separation belyser att teknikutveckling kan ge alternativ till slutförvaring där avfallsmängder och krav på förvaringstid är annorlunda än i dag. Detta skulle kunna innebära ett förvar av samma konstruktion, men med betydligt mindre dimensioner.

Andra förändringar som skett under de 30 åren är att konkurrensen om såväl energi som naturresurser i världen har ökat och man kan förutse en ytterligare skärpning i framtiden. Detta har till exempel medfört att de Svenska urantillgångar som inte ansågs lönsamma att exploatera under 70-talet blivit attraktiva på nytt. I dag agerar internationella gruvbolag inom uranprospektering i Sverige. Detta kan inverka på förutsättningar och strategi för ett slutförvar, som utgör en stor och attraktiv resurs där bara någon procent av den utvinningsbara energin använts.

Såväl tekniska, ekonomiska som politiska intressen kan således komma att förändra förutsättningarna för innehållet i slutförvaret i en framtid. Som nämnts ovan påverkas dock inte grundprincipen att förvara det icke attraktiva avfallet enligt SKBs principer av detta.

Förutsättningen att förvaret ska fungera passivt innebär troligen inte heller att man kommer att lämna det helt utan övervakning. Man kan förmoda att myndigheterna kommer att kräva någon form av monitoringsystem för att kontrollera att de grundvatten som passerar genom slutförvarsområdet inte kontamineras av radioaktivt material. De radionuklider som förväntas vara mest mobila vid ett eventuellt läckage är i stor utsträckning också de som är svårast att mäta, dvs. de är rena  $\beta$ -strålare. Det borde därför vara av intresse att inom en nära framtid börja utveckla automatiserade detektionsmetoder för dessa svårsmäta nuklider i naturlig grundvattenmiljö.

### ***Del III, Teknikutveckling inom kärnbränsleprogrammet***

#### **Kapitel 12. Berglinjen**

Programmet med platsspecifika mätningar har pågått under många år och arbetet bidrar hela tiden till förståelsen för egenskaper i berg och grundvatten av betydelse för förvarsfunktionen. Översättningen från dessa data till relevanta parametrar i transportmodeller är dock inte alltid helt enkel och vissa generaliseringar och förenklingar måste göras. Det är viktigt att man även inkluderar osäkerheter och naturlig variation i användandet av data och även fokuserar på förståelse av de parametrar som har stor betydelse för ev radionuklidtransport.

##### 12.3.9. Bestämning av sorptionsparametrar

Det är positivt att man framhåller de svårigheter som finns i att "översätta" laboratoriebestämda  $K_d$ -värden och jonbyteskapaciteter till *in-situ* parametrar. Det program som finns förefaller vara relevant för en ökad förståelse av detta problem.

## ***Del IV Säkerhetsanalys och Naturvetenskaplig forskning***

Det finns en begränsad mängd resultat och slutsatser publicerade i vetenskapliga tidskrifter inom Fud-programmet 2007 som helhet med undantag av biosfärprogrammet. Att publicera forskningsresultat i en referee granskad tidskrift ger en möjlighet att sprida forskningsresultat, men också en möjlighet att få värdefull extern bedömning av forskningen, man bör därför stödja att resultaten publiceras i tidskrifter inom hela programmet.

### **Kapitel 21 Klimatutveckling**

Att satsa på att utreda effekt av klimatförändring i större skala än det som sker i dag med anledning av den pågående klimatdebatten är knappast meningsfullt. I de tidigare studierna har de klimatförändringar som kan förväntas inom en tidrymd av 100 000 år hanterats, inklusive ett par istider och mellanliggande temperaturhöjning. Det som sker i dag med global uppvärmning utgör inte någon betydande skillnad vad avser effekter globalt, men väl en snabbare förändring och stora lokala variationer. Oavsett hur framtida förändringar sker kan osäkerheten generellt i de prognoser som finns och inverkan av möjliga variationer vara av stort intresse.

Regn diskuteras exempelvis inte i klimatutvecklingskapitlet. Prognosen om en ökad mängd regn i Sverige inom den närmsta framtiden och i ett mer långsiktigt perspektiv behöver inkluderas.

Osäkerhetsfaktorer relaterade till hur mycket havsnivån kommer att stiga bör studeras närmare då båda slutförvarsanläggningarna ligger i kustområden.

Generellt bör man vara försiktig med att diskutera klimat som ett förutsägbart cykliskt fenomen.

### **Kapitel 22 Bränsle**

#### **22.2.12. Bränsleupplösning**

Upplösning av bränsle med resp. utan tillsats av  $^{233}\text{U}$  har studerats i närvaro av bl.a.  $\text{H}_2$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  samt metalliskt järn. Trots detta är mekanismerna bakom upplösningen ännu inte helt klarlagda. Detta arbete bör därför fortsätta, inte bara med dopad  $\text{UO}_2$  utan också med bränsle som dopats med t.ex. fissionsprodukter som kan katalysera processen samt med använt bränsle under verkliga slutförvarsbetingelser (Äspö-laboratoriet). En sådan fortsättning planeras också enligt FUD-programmet.

#### **22.2.15. Heliumproduktion**

I avsnittet skrivs "På grund av de långa tidsperioderna för heliumuppbyggnaden är experimentella undersökningar knappast möjliga och SKB avser att undersöka om man istället kan använda datorsimuleringar". En möjlig utväg skulle kunna vara att studera bränsle med en avsevärd halt av  $^{233}\text{U}$  (eller  $^{232}\text{U}$ ) samt  $^{238}\text{Pu}$ . Genom dessa nuklidens kortare halveringstider går det att öka He-produktionshastigheten med flera tiopotenser, vilket i sin tur kanske skulle kunna ge användbara experimentella data i ett försök som "bara" löper under några år.

## Kapitel 23 Kapsel och kapselkorrosion

### 23.2.7 Deformation från inre korrosionsprodukter

Deformation av kopparkapseln genom att korrosionsprodukter från gjutjärnsinsatsen ansamlas i spalten mellan insats och kopparkapsel och utövar tryck på kapseln. Slutsatsen från försök utförda 04-07 är att korrosionsprodukterna inte kommer att utöva något sådant tryck.

Huruvida korrosionsprodukterna på järninsatsen kan deformera kopparkapseln bör bland annat bero på förhållandet mellan den fria volymen i kapseln kontra mängden järn som kan bilda korrosionsprodukter. Om kapseln genombryts och om järninsatsen efterhand helt omvandlas till fasta korrosionsprodukter (genom vätgasutvecklande korrosion) så skulle resultatet kunna bli att kapseln deformeras, förutsatt att kapselns tillgängliga volym (hela volymen minus bränslets volym) till största delen fylls upp av korrosionsprodukter. Sannolikt har man gjort en sådan överslagsberäkning och kommit fram till att den fria volymen är så stor att detta inte kan ske. Det framgår dock inte av denna text.

### 23.2.8 Korrosion gjutjärnsinsats

Även detta avsnitt handlar om vätgasutvecklande korrosion av gjutjärnsinsatsen sedan kopparhöljet genombrutits. Därvid har man undersökt inverkan av bentonit-lera på korrosionshastigheten. Ett överraskande resultat är att korrosionsprodukternas volym i närvaro av bentonit är mindre samtidigt som korrosionshastigheten är högre, jämfört med vad som är fallet i avsaknad av bentonit.

Resultatet som redovisas angående korrosionsprodukternas volym verkar vara orimligt. Sannolikt beror det märkliga "resultatet" på fel i utförandet och/eller tolkningen av försöken. Uppenbarligen planerar man fortsätta dessa studier under kommande period vilket bör göra det möjligt att klarlägga frågan.

### 23.2.9 Galvanisk korrosion

Här behandlas galvanisk korrosion av gjutjärnsinsatsen genom kontakt med kopparhöljet. Även i detta fall förutsättes att kopparhöljet genombrutits. Man rapporterar att en sådan galvanisk koppling under anaeroba förhållanden har en liten inverkan på korrosionshastigheten.

Om detta stämmer bör det gå att förstå och förklara med utgångspunkt från kinetiken för vätgasutveckling på de båda metallerna. Det framgår inte om man har analyserat sina resultat ur denna aspekt. Slutsatsen att mer forskning är obehövlig kan därför ifrågasättas.

### 23.2.10 Spänningskorrosion gjutjärnsinsats

Slutsatsen är att risken för spänningskorrosion på gjutjärnsinsatsen är liten beroende på att det endast finns små områden med dragspänningar, vilket verkar rimligt.

### 23.2.11 Strålpåverkan

Avsnittet handlar om strålpåverkan på materialets mekaniska egenskaper. Man drar slutsatsen att mer forskning inte behövs. Emellertid tar man inte upp strålningens eventuella inverkan på korrosionen. I ett fall där kopparkapseln genombrutits och gjutjärnsinsatsen korroderar under vätgasutveckling



skulle reaktiva brottstycken av molekyler och molekyler i ett exciterat tillstånd som alstrats av strålningen kunna påverka kinetiken för katodreaktionen. Det framgår inte om man beaktat dessa aspekter.

#### 23.2.12 Korrosion kopparkapsel

Avsnittet handlar om korrosion av själva kopparkapseln. Här beskrivs ett relativt omfattande och fortgående arbete som bland annat behandlar sulfiderande korrosion av koppar.

Sulfidering är sannolikt den viktigaste form av korrosion som kommer att drabba kopparkapslarna och det är bra att man lägger kraft på denna fråga. De uppgifter som nyligen framkommit om korrosion av koppar i rent vatten i avsaknad av syrgas behandlas inte i texten. Det är tveksamt om uppgifterna i sig är tillräckliga för att inleda nya studier i ämnet. Man bör dock kommentera den diskussion som pågår i frågan.

#### 23.2.13 Spänningskorrosion kopparkapsel

Spänningskorrosion av kopparkapseln behandlas i detta avsnitt. Här pågår undersökningar i acetathaltiga vatten. De hittillsvarande resultaten tyder inte på att spänningskorrosion av kopparkapseln är ett problem.

Detta korrosionsfall förefaller mindre sannolikt. Det finns förstås inget att invända mot att man ändå utreder saken ytterligare.

## Kapitel 24 Kapseln som barriär

Buffertens särdrag och funktion är viktiga för den långsiktiga stabiliteten av slutförvaringsplatsen. Även om det har gjorts allvarliga försök att både beskriva bufferten och dess funktion så behövs det göras ytterligare satsningar inom området. Effekter av olika parametrar har studerats individuellt. En recommendation är att man även gör en omfattande studie där man kombinerar parametrar utifrån ett "worse case" scenario.

## Kapitel 26 Geosfär

#### 26.2.17. Reaktioner med berget – sorption av radionuklider

Detta avsnitt anknyter till kommentarerna som getts till 12.3.9. För att kunna beräkna sorptionen i det verkliga slutförvaret är det att yttersta vikt att kunna räkna om de laboratoriebestämda  $K_d$ -värden och jonbyteskapaciteter som finns till realistiska *in-situ* parametrar.

## Kapitel 27 Biosfär

En observation kring biosfärsprogrammet är att människan inte är inkluderad i denna del av forskningen. Programmet är omfattande vad gäller ekosystem och spridning av radionuklider, men människan som del av ekosystemet saknas.

## Kapitel 28 Andra metoder

### 28.1. Separation och transmutation

Kärnkraften upplever idag en renässans på många håll i världen. Nya kraftverk byggs, och det pågår en intensiv forskning om s.k. Generation IV-reaktorer med inherent säkerhet och minskade risker för att klyvbart material missbrukas. En förutsättning för en storskalig och långsiktig användning av kärnkraft är dock att bränslet utnyttjas bättre än idag, då endast ca 1% av energinnehållet tas till vara. Ett sätt att utnyttja bränslet bättre och samtidigt förkorta lagringstiderna för det använda bränslet är separation och transmutation (P/T). SKB stöder redan idag forskning om denna alternativa metod för omhändertagande av använt bränsle, bl.a. genom stöd för utveckling av våtkemiska processer för separation av aktinider och andra produkter från det använda bränslet. Detta arbete är framgångsrikt, och det är viktigt att det får fortsatt stöd för att Sverige skall behålla sin tätposition inom området.

## *Del V Samhällsvetenskaplig forskning*

Den samhällsvetenskapliga forskningen sätter frågorna om slutförvaret i ett samhälleligt perspektiv och kan ge redskap att hantera det som är grundläggande för hela säkerhetsanalysen av slutförvar nämligen att det är människor som är beställare av teknik, som sätter kriterier för vad tekniska system ska kunna utföra och även sätter kriterier för acceptans av icke önskvärda effekter av teknik. Detta innebär att den inte finns någon absolut "sanning" kring vad som är "bäst" eller acceptabelt, men det finns möjlighet att ta beslut utgående från olika kriterier och att dokumentera och underbygga besluten.

I det föreslagna programmet sägs att syftet med den samhällsvetenskapliga forskningen bland annat är att bredda perspektivet på kärnbränsleprogrammets samhällsaspekter. Man har också identifierat fyra generella forskningsområden som relevanta för avfallsfrågan och kommunerna, där omvärldsförändringar nämns som den fjärde. Dock är det forskningsprogram som nämns i Fud 2007 mycket lite specificerat med hänvisning till att man före 2010 ska ha ett forskningsprogram som innehållsmässigt svarar upp mot behoven av att få olika samhällsaspekter belysta.

Som nämnts i inledningen till denna granskning, har omvärlden och säkerhetsläget förändrats kraftigt sedan konceptet att slutförvara utbränt kärnbränsle utformades. Beslutet att inte upparbeta bränslet togs för att förhindra spridning av klyvbart material, men samtidigt förlägger man en stor potentiell energiresurs till ett förvar. Att man inte i dagsläget specificerar ett forskningsprogram som hanterar omvärldsaspekter vad gäller risk, säkerhet och en förändrad hotbild för utbränt kärnbränsle och förvar finner vi anmärkningsvärt. Utmaningen att tekniskt bygga ett säkert slutförvar är hanterad genom ett omfattande forsknings- och utvecklingsarbete, men det faktum att man förvarar en stor mängd attraktivt material som kan användas för energiuotvinning eller eventuell

vapenframställning (om än med stora tekniska insatser) och t o m terrordåd på en plats kräver en mera ingående analys av risk/säkerhet.

Samhällsvetenskaplig forskning som utvärderar det systemanalytiska angreppssätt som säkerhetsanalysen utgör och användningen av analysen som beslutsunderlag i ett större perspektiv än det strikt naturvetenskapligt/tekniska som beskrivs i kap I-IV är också nödvändig.

### ***Del VI Loma-programmet och rivningen***

En del av nuklidinventariet i LOMA beräknas med korrelationsfaktorer, dvs. man beräknar mängden nuklider med hjälp av  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  och andra nuklider som är lätta att bestämma kvantitativt. Dessa korrelationsfaktorer introducerar dock en avsevärd osäkerhet i beräkningarna. Av FUD-programmet framgår att arbete görs för att förbättra dem. Vi vill här peka på möjligheten att idag även göra experimentella undersökningar för att få korrelationsfaktorena mindre osäkra eller eventuellt kunna eliminera dem. Många hårdkomponenter har bytts och dessa borde kunna användas för att bestämma det verkliga innehållet av nuklider som är svåra att mäta, t.ex.  $^{93}\text{Mo}$ .