



# Strålsäkerhetsmyndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

## PROTOKOLL

Datum: 2011-09-16

Vår referens: Jan Linder

---

**Författare:** Jan Linder

---

**Fastställt:**

---

## Protokoll från studiebesök Kapsellab 2011-09-15

### Deltagare

#### SSM

Jan Linder  
Björn Brickstad  
Peter Ekström  
Richard Sundberg  
Giselle Garcia Roldán

#### SKB

Olle Olsson  
Ann Barnekow  
Håkan Rydén  
Ulf Ronneteg  
Lars Cederqvist  
Mikael Jonsson  
Sören Claesson  
Rikard Källbom  
Tomas Rosengren  
Peter Ohlsson

Syftet med detta studiebesök var att klargöra vissa frågor gällande kapsel ingående i tillståndsprövningsprojektet samt att göra ett studiebesök i kapsellaboratoriet. SSM hade till detta möte skickat ut de områden som klargörande information ansågs behövas, bilaga 1. SKB presenterade baserat på SSM:s inskickade områden en presentation (bilaga 2) varefter SSM hade möjligheten att ställa frågor inom varje område. De behandlade områdena beskrivs översiktligt nedan, för mer fullständig information hänvisas till bilaga 2.

#### *Inverkan av FSW styrparametrar på foglinjeböjningens utbredning.*

SKB kunde i dagsläget inte presentera något samband mellan skulderdjup och foglinjeböjning. Rengöring av fogytorna bedöms även vara en viktig parameter för foglinjeböjningens utbredning. Friktionssvetsvertygets axiella lägespositionering i förhållande till skarven mellan lock och mantel uppgavs till  $\pm 0.5$  mm. Denna tolerans angavs vara tillräcklig för att inte påverka

foglinjeböjningens utbredning. SKB presenterade även pågående undersökning av krypegenskaper från det friktionssvetsade området. En reduktion av krypegenskaperna kunde noteras i vissa positioner vid 175°C men inte vid 75°C. SSM påpekade vikten av att både temperatur och tid måste beaktas för en fullständig bedömning av krypegenskaperna. SKB har påbörjat ett arbete med att studera oxidiska inneslutningar i det friktionssvetsade området. SKB hantering av oxidiska inneslutningar görs vid uppdatering av PSAR.

*Tillverkning av koppargöt samt förekomst av föroreningselement och legeringselement*

SKB har inte undersökt om segring under gjutprocessen påverkar fördelningen av legeringselement, däremot har en undersökning initierats hos Luvata i Finland för att klargöra detta. Undersökningen väntas färdigställas under hösten 2011.

Föroreningselement i koppar, Se, Te, Pb, Bi vilka kan reducera duktilitet finns inte med i konstruktionsförutsättningarna, SSM frågade vad orsaken till detta var. SKB återkommer till SSM med klarläggande i denna fråga.

*För att väteförspredning inte ska inträffa anges  $[H] < 0.6$  ppm i TR-09-22 men inte i TR-10-46, vilken mekanism avses? SKB återkommer till SSM med klarläggande.*

*TR-11-01 "In addition: oxygen content of some tens of ppm can be allowed in the copper. However the material used for trial production has had a requirement  $< 5$  ppm and before a change can be made further testing is needed". Innehåll av syre i svetsgods är  $11 \pm 12$  ppm (TR-11-01). Hur kommer detta att behandlas fortsättningsvis, vilken process begränsar med avseende på syrenehåll. SKB åsikt är att syrenehållet i kopparmaterialet endast påverkar korngränsskorrosion men ville gärna återkomma till SSM med klarläggande information.*

*Förekomst av oxidiska inneslutningar från gjutning och extrudering? SKB har inget program för att undersöka förekomst av oxidiska inneslutningar i materialet.*

*Egenskaper vid områden med hög dämpning vid provning med ultraljud. SKB anser att denna typ av områden inte går att undvika med nuvarande extruderingsteknik. Områdena uppstår enligt SKB beroende på olika friktionsförhållande förekommer i verktyget vid extrudering. Någon entydig förklaring till hur strukturen i materialet förändrats i dessa områden i*

förhållande till områden med lägre dämpning finns inte. Av denna anledning håller SKB på med en karakterisering av mekaniska egenskaper samt krypegenskaper i dessa områden, dessa undersökningar är inte färdigställda.

*Variation av materialegenskaper för gjutna insatser*

Relation mellan TR-10-14 ↔ TR-09-22 ↔ KTS011: ex "elongation" >12.6% (only as quality check) ↔ (-) ↔ >7%. SSM menar att det finns behov att klarlägga otydligheter mellan konstruktionsförutsättningar och tekniska specifikationer. SKB återkommer mer klarläggande.

*Makrosegring av Cu, P, Mn samt övriga legeringselement*

SKB har inte undersökt förekomst av segringar. SSM uttryckte en farhåga att segring kan ge upphov till områden med lägre seghet. Eftersom att SKB i sin analys av defekttåligheten utnyttjar materialets seghetsegenskaper med 2 mm stabil spricktillväxt önskar SSM ett klarläggande hur denna fråga behandlats.

*Gjutsimulering var är de sist stelnade områdena?*

*Materialegenskaper vid olika områden av insatserna*

SKB har utfört gjutsimulering men inte publicerat några resultat. SKB har inte karakteriserat materialet baserat på stelning/svalningsförloppet utan utfört karakterisering i topp, mitten och botten på insatserna. SSM framförde att eftersom att materialets seghetsegenskaper används vid bedömning av defekttålighetsanalys och analys av den mekaniska integriteten bör karakterisering av egenskaper göras baserat på stelning/svalningsförhållandena för de olika BWR, PWR insatserna som funktion av vald gjutteknik.

*Teknisk specifikation KTS011, ver.8, vad ligger till grund för val av position för provuttag vid tillverkningskontroll?*

Valet av provstavsposition har inte utförts mot bakgrund av analys av stelning/svalnings förhållandena. I BWR insatsen användes tidigare en provstavsposition mellan kanälrören. Denna position har SKB numera tagit bort. SKB återkommer till SSM med klarläggande information varför denna provposition inte längre finns med vid karakterisering av egenskaperna.

*Designanalys för integrerad insatsbotten, SKBdoc id 1177857 utförd hållfasthetsanalys av stållock*

SKB har utfört denna analys men den ingår inte i ansökansmaterialet. SSM framförde att denna analys är viktig för helhetsbedömning av insatserna.

### *Klarläggande angående SKB:s skjuvkriterium*

SKB antar konservativt att en kapsel kan skadas om skjuvningen  $d$  överstiger 5 cm vid en jordbävning. Alla skjuvningar antas kanaliseras till befintliga bergsprickor, dvs. ingen ny sprickbildning i berget antas ske i närheten av förvaret. Genom att placera förvaret långt ifrån befintliga förkastningszoner samt att man inspekterar tunnlar och deponeringshål för bergsprickor hävdar SKB att man kan undvika att kapslar kan skadas från en jordbävning. Att man får ett riskbidrag från skjuvning beror på att man inte kan med säkerhet upptäcka alla bergsprickor som kan skära en tunnel eller deponeringshål. (Om så vore fallet skulle riskbidraget vara noll.) Det antas konservativt att dessa ej upptäckta bergsprickor kan ha en skjuvning större än 5 cm vid en jordbävning.

Förut hade man antagit en skjuvning på 10 cm. När man nu i stället antar en skjuvning på 5 cm blir det en ökad sannolikhet att en bergspricka ska kunna innehålla en sådan skjuvning. Dvs. en mindre skjuvning ger att det blir mindre bergspricksradier som kan innehålla denna skjuvning och sådana mindre bergsprickor har en större sannolikhet att förekomma. Därför blir det ett större riskbidrag från antagandet  $d > 5$  cm jämfört med  $d > 10$  cm. Å andra sidan ger  $d = 5$  cm mindre påkänningar på kapseln. Att SKB minskat från  $d = 10$  cm till  $d = 5$  cm är en avvägning (optimering) mellan kraven på kapseln jämfört med kraven på berget (bergspricksradier och deras förekomst). SSM förklarade sig nöjd med detta förtydligande.

SSM efterlyste även en känslighetsstudie av den deterministiska analysen där sambandet mellan sannolikheten för en skjuvrörelse  $d$  och antal kapslar i förvaret som beräknas kunna skadas vid denna skjuvrörelse samt vilken motsvarande defektstorlek som man bör kunna detektera för att inte sådana defekter ska äventyra kapselns integritet. Detta för att SSM ska kunna bedöma effekten av om vissa av SKB:s antaganden ifrågasätts. Att enbart göra en traditionell probabilistisk analys med spridningar kring ett antaget medelvärde ger inte tillräcklig information. SKB funderar vidare.

### *Skjuvning nära lock och botten av kapseln*

Om en skjuvning sker vinkelrätt mot kapselns längdaxel, i ett horisontellt plan nära locket och botten av kopparcylindern där inte insatsen förväntas hålla emot på samma sätt som för skjuvning i övriga områden, kan man befara att kapseln inte tål en skjuvning på 5 cm. SKB avser att göra fortsatta analyser och sedan återkomma i frågan till SSM.

### *Effekt av treaxlighet*

SKB har genomfört analyser som ska visa att en skjuvlast i kombination med en glaciation, om detta inträffar, inte skulle vara allvarligare än om enbart

skjuvning inträffar. Men en glaciation innebär höga hydrostatiska tryck som ger hög grad av treaxlighet vilket i allmänhet verkar sänkande på graden av plasticitet före brott och för duktiliteten. Hur bedömer SKB vad graden av treaxlighet betyder för främst graden av plasticitet före brott men även för duktiliteten under en skjuvlast i kombination med en glaciation? SKB anser att frågan är relevant och utreder vidare denna frågeställning.

#### *Segjärnets plastiska egenskaper och brottseghet*

SKB utnyttjar ett brottkriterium med stabil spricktillväxt upp till 2 mm för brottsegheten, dividerat med en säkerhetsfaktor 2, samt ett töjningskriterium med töjningar upp till en brotttöjning på 12,6 % dividerat med en säkerhetsfaktor 2 hos segjärnet. Det innebär att man utnyttjar (eller kan utnyttja) insatsens brottseghet och plastiska egenskaper till höga nivåer som SSM anser att SKB behöver genomföra ytterligare verifieringar för att säkerställa dessa egenskaper. SKB avser att genomföra ytterligare studier för att verifiera detta. Det gäller speciellt brotttöjningen där det förefaller att vara en diskrepans mellan vad man utnyttjar (eller kan utnyttja) i analyserna i jämförelse med faktiska materialdata. SSM påpekade även att brottseghetsdata finns bara uppmätt upp till 1,6 mm stabil spricktillväxt.

#### *Val av säkerhetsfaktor för skjuvlastfallet*

De av SKB valda säkerhetsfaktorerna ( $SF = 2$ ) för skjuvlastfallet kommer från den amerikanska tryckkärlsnormen ASME Boiler & Pressure Vessel Code. Om enheten avser frekvens (per år) blir alla frekvenser små sett över en period av 100 000 år eftersom sannolikheten divideras med  $10^5$ . SSM vill dock påpeka att de valda säkerhetsfaktorerna vanligen används i ASME endast för extrema lastfall som inte förväntas inträffa under en komponents drifttid. Dock kan jordbävningar och skjuvlastfall förekomma under förvarets livstid, minst 100 000 år.

SKB hävdar att sannolikheten för att en kapsel ska skadas pga. skjuvning är liten även sett över 100 000 år. SKB ska dock förtydliga resonemanget på denna punkt.

#### *Betydelsen av egenspanningar i insatsen efter gjutningen*

SKB diskuterar i TR-10-28 restspänningar i insatsen efter gjutningen. Med hålbormningsteknik har man invid insatsens yta uppmätt kompressiva spänningar väl över 100 MPa. Dessa kompressiva spänningar bör balanseras av dragspänningar på andra ställen i insatsen. SSM har framfört att SKB bör vidare kartlägga egenspanningsfördelningen i insatsen efter gjutningen och vad sådana egenspanningar har för betydelse för skadetåligheten och vilka defektstorlekar som OFP-systemet bör kunna detektera. SKB kommer att

göra mer arbete, både experimentellt (deep hole drilling) och analytiskt för att utreda frågan.

*OFP-testblock med simulerade defekter*

SKB redovisar att de har för avsikt att använda simulerade defekter vilka ger ett relevant signalsvar. SKB har haft kontakter med testblockstillverkare samt tillverkare av defekter för att undersöka möjligheten att simulera dessa i de aktuella materialen. Dock har inte något egentliga försök påbörjats ännu då SKB inventerar och undersöker hur befintliga defekter kan se ut. SKB anger även att man har försökt att få svetsdefekter genom att ändra på svetsmetodens påverkande parametrar.

*OFP-Karakterisering av defekter*

SKB är fullt införstådda att karakterisering ska ingå i provningsomfattningen. SKB kommer att specificera vilken typ av karakterisering som behöver genomföras.

*OFP- Multifunktionell POD, fler parametrar bör ingå samt att dessa även bör beaktas vid karakterisering och storleksbestämning.*

Det redovisade arbete med POD kopplat till olika parametrar påverkan är endast parameterstudier i en utvecklingsfas enligt SKB. SKB kommer att behandla samtliga påverkande parametrar vid bestämning av POD samt för karakterisering och storleksbestämning av defekter.

*OFP-Kvalificeringsmetodik, Etablera en kvalificeringsprocess för att säkerställa tillförlitligheten hos provningssystemet- Status?*

När det gäller kvalificeringsprocess eller metodik har SKB inte påbörjat detta arbete. SKB har tidigare bedömt att de inte har varit mogna för att påbörja detta arbete. Dock anser SKB att detta arbete ska påbörjas nu.

SSM har under ett flertal år påpekat vikten av att SKB ska etablera en kvalificeringsprocess. SSM anser att denna process/metodik ska vara en del av tillståndsansökan för att kunna bedöma att krav kommer att uppfyllas.