



# Kapsel möte med SSM

2014-03-11

# Insats fråga 1

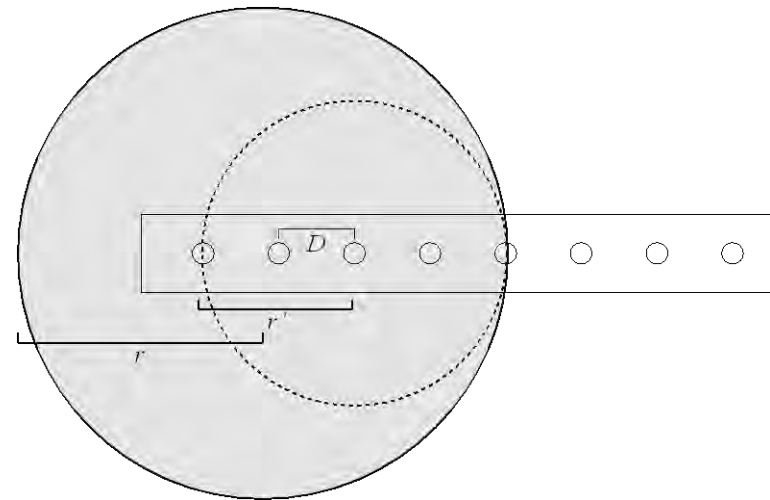
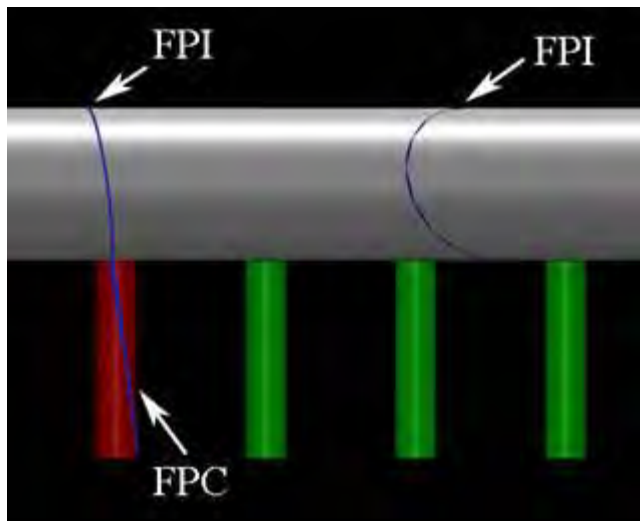
- Samtliga kapslar är dimensionerade för att tåla en skjuvlast på 5 cm. På flera ställen i ansökningshandlingarna anges att det är endast ett fåtal kapslar som ens utsätts för denna skjuvstorlek, se t.ex. TR-09-22, sid 11 och TR-10-28, sid 74. SSM vill be SKB förtydliga hur man resonerat och visat detta i underlaget.
- I e-post 2014-03-09 har SSM förtydligat att man efterfrågar "en kort redogörelse för bortvalskriterier av deponeringshål samt hur många kapselpositioner med skjuvrörelser på 4 cm som statistiskt kan förekomma i förvaret".

- Allmänt

- SKB har redovisat sannolikheter för kapselskador orsakade av skjuvrörelser i huvudrapporten SR-Site, TR-11-01, avsnitt 10.4.5. De numeriska skattningarna står sammanfattade i sista stycket i avsnitt 10.4.5. Slutsatsen är att, som ett statistiskt medelvärde, bedöms mindre än 0,1 av de 6000 kapslarna att utsättas för en skjuvrörelse om 5 cm eller mer under den en miljon år långa analysperioden. Osäkerheter i denna bedömning diskuteras ytterligare i avsnitt 12.8 i TR-11-01.

# Insats fråga 1, forts

- Bortvalskriterier för deponeringshål
  - Inga kapslar får deponeras inom 100 m avstånd från en större sprickzon
  - Deponeringspositioner som skärs av en spricka som skär tunnelns hela omkrets, och som även beräknas skära kapselns plats i deponeringshålet, utesluts (FPC).
  - Deponeringspositioner som skärs av en spricka som skär ytterligare fyra eller flera (dvs totalt  $\geq 5$ ) möjliga deponeringspositioner utesluts (EFPC).



# Insats fråga 1, forts

- Hur många kapselpositioner kan utsättas för 4 cm skjuv?
  - SKB har inte kvantifierat detta (eftersom det inte ingår i metoden för att hantera jordskalv i SR-Site). Följande kan dock sägas
  - Om ett jordskalv av magnitud 5 eller större utlöses i den zon i Forsmark som ger störst påverkan på förvaret, ZFMA2
    - beräknas, som ett statistiskt medelvärde, 0,048 kapselpositioner utsättas för skjuvrörelser om 5 cm eller mer (Tabell 10-18, raden  $r_0$ -fixed i TR-11-01);
    - beräknas, som ett statistiskt medelvärde, 0,46 kapselpositioner utsättas för skjuvrörelser om 2,5 cm eller mer (Tabell 10-19, raden  $r_0$ -fixed i TR-11-01).
    - Resultatet för 4 cm skjuvrörelser ligger någonstans däremellan och närmare det för 5 cm (0.048 positioner) än det för 2,5 cm (0.46 positioner)
  - Pessimistiskt bedöms maximalt två sådana skalv kunna förekomma under den en miljon år långa analysperioden.

# Insats fråga 2

- Som SSM har uppfattat kompletteringarna är det SKB doc 1415152, ver. 1.0 som representerar den mest noggranna analysen av skjuvlastfallet för BWR- och PWR-kapslar. Där har man genomfört en mycket detaljerad analys och jämfört den med referensfallet i TR-10-34 som innehöll flera förenklingar i modellen. I många fall erhålls liknande resultat. Men i områden med de högsta töjningarna och dragspänningarna erhålls högre värden med den förfinade analysen. Det gäller t.ex. just de hörn av kanälrören med litet kantavstånd till den yttre periferin av insatsen. Där anges att den axiella spänningen ökar från 333 MPa till 395 MPa (+18,6 %) jämfört med referensfallet, se Table 9-14 i SKB doc 1415152. SKB anför i SKB doc 1371849 att denna måttliga ökning inte motiverar en ny skadetålighetsanalys. SSM vill framhålla att spänningsintensitetsfaktorn för en spricka är proportionell mot spänningen multiplicerad med roten ur sprickdjupet. Det innebär att det acceptabla sprickdjupet reduceras med en faktor 0,71 vid en spänningsökning på 18,6 %. Mot bakgrund av detta är det tveksamt att inte uppdatera skadetålighetsanalysen för vissa områden av insatsen.
- SKB instämmer i att den axiella spänningen för den detaljerade analysen av BWR som anges i SKBdoc 1415152 är högre än den som anges i TR-10-34 med förenklad FE-modell.
- Skillnaden i spänning är signifikant till beloppet, men också en följd av lokala effekter i den detaljerade FE-modellen på grund av förhållandevis grov diskretisering och distorsion av element i det finita elementnätet.
- Dessutom gjordes FE-modellen av BWR med minskat kantavstånd = 20 mm istället för de 10 mm som tolereras i referensutformningen enligt TR-10-14. Spänningsökningens förstärks i hörnet med minskat kantavstånd.
- SKB planerar att förbättra den detaljerade globala FE-modellen och att göra om den detaljerade analysen med 10 mm minskat kantavstånd och uppdatera SKBdoc 1415152 till en ny version.
- Resultatet kan sedan värderas utifrån ett skadetålighetsperspektiv.



# Insats fråga 3

- SSM noterar även att i SKB doc 1415152, ver. 1.0 har man analyserat fallet med excentriska kanalrör på ett sådant sätt att det minsta kantavståndet mellan ett kanalrör och insatsens periferi kommer på ovansidan från det håll där skjuvningen ansätts och där stora tryckspänningar uppstår, se t.ex. Fig. 9-38 och Fig. 9-64. Ett mer intressant fall och där större dragspänningar kan förväntas är att placera de excentriska kanalrören så att det minsta kantavståndet uppstår där stora dragspänningar uppstår.
- SKB gör bedömningen att den globala responsen för en insats med mindre kantavstånd är likvärdig med avseende på skjuvningens riktning och lokaliseringen av det minskade kantavståndet eftersom de elasto-plastiska egenskaperna beskrivs som symmetriska i drag och tryck.
- Därmed kan de största påkänningarna i drag jämföras med referensmodellerna i TR-10-34.
- SKB planerar dock att göra en kontrollberäkning av BWR i samband med de åtgärder som planeras under fråga 2 på "Insats" genom att placera skjuvriktningen så att stora dragspänningar erhålls i hörnet med litet kantavstånd.

# Insats fråga 4

- I TR-10-28, Fig. 3-1 och Fig. 6-2 och den text som ansluter till dessa figurer anges det kriterium som SKB använder för skjuvlastfallet för insatsen. Man sätter en säkerhetsfaktor 2 på brotttöjningen (12,6 % enligt TR-10-28) och denna töjning (6,3 %) översätts sedan via en dragprovkurva för sann spänning/töjning till en maximal tillåten spänning 395 MPa som sedan effektivspänningen inte får överskrida. I kompletteringen SKB doc 1371851, Ver 3.0, anges nu krav på brottförlängning i form av teknisk töjning till > 7 %, se Tabell 5. SSM Frågar hur detta stämmer med den formulering av kravet på säkerhet mot plastisk kollaps som TR-10-28 ger uttryck för i Fig. 3-1? Dessutom undrar SSM om värdet 7 % är ett minvärde eller medelvärde på en viss konfidensnivå?
- En härledning av kravet 6,3 % brottförlängning med avseende insatsens referensutformning ges i SKBdoc 1288292. SKB har valt att ange kravet på 7 % brottförlängning som krav vid tillverkning av BWR- och PWR-insatsen. Kravet på 7 % är ett minimum-värde som ska uppnås för varje provstav, dock ges möjlighet till omprov enligt SKBdoc 1371851 ver 3.0.

Parameters for BWR and PWR inserts	Min req.	Average req.	Max req.
Yield strength, compression at 20°C	240 MPa <sup>(1)</sup>	—	—
Ultimate strength, compression at 20°C	430 MPa <sup>(2)</sup>	—	—
Fracture toughness, at initiation ( $K_{Ic}$ ), at 0-20°C	4.1 MPa $\sqrt{m}$ <sup>(3)</sup>	—	—
Displacement of the steel cassette	—	—	10 mm
Yield strength, tension at 20°C	240 MPa <sup>(1)</sup>	—	—
Ultimate strength, tension at 20°C	410 MPa <sup>(2)</sup>	—	—
BWR Fracture toughness, including 2 mm stable crack growth ( $J_{2mm}$ ), at 0-20°C	88 kN/m	—	—
PWR Fracture toughness, including 2 mm stable crack growth ( $J_{2mm}$ ), at 0-20°C	78 kN/m	—	—
Elongation at failure, at 0°C or at 20°C	6.3% <sup>(4)</sup>	—	—

Note 1: The above mentioned yield strength values are true stress values, but because the strains are small it doesn't matter if they are given as engineering or true values.

Note 2: The above mentioned ultimate strength values are true stress values.

Note 3: It is "meaningless" to use a fracture toughness requirement for the isostatic load case because the tensile stress is so low in all parts of the insert.

Note 4: The above mentioned elongation value is an engineering strain value.



# Insats fråga 5

- Uppdaterat värde på  $K_{IC}$  i SKBdoc1371851 är 10 ggr lägre än vad som angavs i T-10-34 och vad som använts i TR-10-28, är detta en felskrivning?
- Det värde som anges på  $K_{IC}$  i SKBdoc 1371851 är korrekt. Närmare härledning av detta värde ges i SKBdoc 1288292.

Parameters for BWR and PWR inserts	Min req.	Average req.	Max req.
Yield strength, compression at 20°C	240 MPa <sup>(1)</sup>	—	—
Ultimate strength, compression at 20°C	430 MPa <sup>(2)</sup>	—	—
Fracture toughness, at initiation ( $K_{IC}$ ), at 0-20°C	4.1 MPa $\sqrt{m}$ <sup>(3)</sup>	—	—
Displacement of the steel cassette	—	—	10 mm
Yield strength, tension at 20°C	240 MPa <sup>(1)</sup>	—	—
Ultimate strength, tension at 20°C	410 MPa <sup>(2)</sup>	—	—
BWR Fracture toughness, including 2 mm stable crack growth ( $J_{2mm}$ ), at 0-20°C	88 kN/m	—	—
PWR Fracture toughness, including 2 mm stable crack growth ( $J_{2mm}$ ), at 0-20°C	78 kN/m	—	—
Elongation at failure, at 0°C or at 20°C	6.3% <sup>(4)</sup>	—	—

Note 1: The above mentioned yield strength values are true stress values, but because the strains are small it doesn't matter if they are given as engineering or true values.

Note 2: The above mentioned ultimate strength values are true stress values.

Note 3: It is "meaningless" to use a fracture toughness requirement for the isostatic load case because the tensile stress is so low in all parts of the insert.

Note 4: The above mentioned elongation value is an engineering strain value.





# Insats fråga 6

- Hur kommer krav på brottseghet att verifieras vid tillverkning av insatserna?
- Verifiering avses att göras genom mekanisk provning.

# Insats fråga 7

- Krav brottseghet för segjärn är starkt beroende av mikrostruktur med avseende på grafitmorfologi, fosforinnehåll och perlitinnehåll vilket inte kravställts, vad är orsaken till detta?

SKB instämmer att det finns ett sådant beroende som SSM pekar på.

I nuvarande KTS finns kravställning avseende kemisk sammansättning ( $P < 0,08\%$ ), grafitmorfologi.

I utvecklingsarbetet ingår att ta fram en uppdaterad kravställning avseende:

- fosforhalt,
- avvikande grafitformer (chunky, exploded graphite)
- perlitinnehåll

Det är SKB:s uppfattning att det är svårt att kvantifiera brottsegheten utgående från strukturkrav utan kravställningen avseende brottseghet avses verifieras genom mekanisk provning.

# Insats fråga 8

- SKB använder på många ställen i ansökningshandlingarna ett konfidensintervall där medelvärdet i 90 fall av 100 (dvs. 90 % konfidens) ligger i det intervall som anges av SKB, se t.ex. kompletteringarna i SKB doc. 1414800, ver. 1.0. SKB använder då det undre intervallet för t.ex. brottsegheten. SSM vill poängtera att detta förfarande bara anger ett konservativt sätt att använda ett medelvärde och inte ett undre gränsvärde för storheten själv med en viss konfidens för en godtyckligt vald enskild provstav. SKB hävdar att spridningen i brottsegheten genom detta konservativt tas om hand [SKB TR-10-28, kap. 7.5.3]. Förtydligande om varför användning av medelvärde är konservativt önskas.
- I SSM-rapporten 2008:01 finns det rekommendationer rörande brottseghetsdata, där återfinns medelvärden med 90% eller 95% konfidens.
- SKB:s tolkning är att vid skadetålighetsanalyser bör man använda brottseghetsdata motsvarande medelvärdet med 90% konfidens som är mer konservativt än att använda medelvärdet.

# Koppardetaljer fråga 1

- SKB anser i komplettering till SSM [SKB doc 1371851] att de materialegenskaper för koppar som ska relateras till syrehalt är både korrosionsmotstånd och krypbrottförlängning, hur ser krypbrottförlängningens relation ut i förhållande till syrehalt.
- Syrehalten kan förväntas påverka krypegenskaper genom närvaron av partiklar i korngränserna. Volymfraktionen partiklar i Cu skulle behöva vara  $>0.001$  för att kunna inverka på krypförloppet (se kärnbildning av kaviteter). Uppmätta mängder är bara av storleksordningen 0.00001.
- Information kring pågående undersökning med syfte att studera eventuell samverkan av ogynnsamma faktorer avseende kypduktilitet.
- Väte, syre, svavel, fosfor och kornstorlek har påverkan på kypduktiliteten och anges i specifikationen för koppar.
- Frågeställningen är om de i en ogynnsam kombination (givet tillåtna begränsningar) kan ge effekt på kypduktiliteten.
- Beräknas avslutas under 1:a halvåret 2014.

# Koppardetaljer fråga 1, forts

## Prov matris

	Väte [ppm]	Syre [ppm]	Svavel [ppm]	Fosfor [ppm]	Korn- storlek	Tempera- tur
<b>Spec.</b>	< 0,6	< 5	< 8	30-100	360	(<125)
<b>Prod. utfall</b>	Max 1,05	Max 3,5	Max 8,9	32-95	650	
<b>Prov 1</b>	1,05 <b>0,48-0,64</b>	7 <b>6,8-7,1</b>	11,4* <b>11,6-11,7</b>	27 <b>32-33</b>	500 <b>420</b>	125
<b>Prov 2</b>	1,05 <b>0,48-0,64</b>	7 <b>6,8-7,1</b>	11,4* <b>11,6-11,7</b>	113* <b>112-115</b>	500 <b>420</b>	125
<b>Prov 3</b>	1,05 <b>0,45-0,6</b>	7 <b>6,8-7,1</b>	11,4* <b>11,6-11,7</b>	27 <b>32-33</b>	500 <b>600</b>	75
<b>Prov 4</b>	1,05 <b>0,45-0,6</b>	7 <b>6,8-7,1</b>	11,4* <b>11,6-11,7</b>	113* <b>112-115</b>	500 <b>600</b>	75
<b>Prov 5 (Ref)</b>	Min <b>0,53-0,63</b>	Min <b>3,1</b>	Min <b>3</b>	70 <b>65-55</b>	200 <b>150</b>	125
<b>Prov 6 (Ref)</b>	Min <b>0,53-0,63</b>	Min <b>3,1</b>	Min <b>3</b>	70 <b>65-66</b>	200 <b>150</b>	75



# Koppardetaljer fråga 2

➤ Tillverkningskontroll av kemisk sammansättning på koppargöt till lock och botten, kommer tillverkningskontroll att utföras på varje ämne för varje lock/botten eller genom analys av ursprungligt kontinuerligt göt?

- Tillverkningskontrollen kommer att ske i varje ände på ett ursprungligt kontinuerligt göt. Detta görs idag med gott resultat.
- SKB:s bedömning är att detta förfarande är utmärkt vilket styrks av de kemiska analyser som presenteras för göt och färdiga komponenter i SKBdoc 1175208, TR-10-14 samt i svaret på nr 1 inom "Tillverkningsaspekter för kapselns ingående delar".

# Koppardetaljer fråga 3

- SSM önskar att SKB beskriver hur tillverkningskrav på brottöjning (>40%) [TR-10-14] relateras till brottvillkoret 80 % som används i designanalysen [TR-10-28]
- Vid dimensionering mot små deformationer används vanligen förlängningsvärdet. Enligt designanalysen [TR-10-28] har ett krav för kapseln på minst 15% förlängningsvärde ställts.
- Ett högre värde är angivet som tillverkningskrav (>40%). Anledningen är att om ett lägre värde erhålls är det en signal att något fel vid tillverkningen har uppstått.
- Om komponenten utsätts för mycket stora deformationer så kan förlängningsvärdet inte längre användas. T ex gäller det vid krockbelastning för fordon. Då måste man utnyttja hela materialets deformationsförmåga. Om komponenten inte utsätts för plastisk kollaps så är areakontraktion vid dragprovning ett bra mått på den maximala deformationsförmågan. Areakontraktion för Cu-OFP ligger i intervallet 80 till 90%. Denna deformation får inte överskridas t ex vid skjuvlastfallet i samband med en jordbävning på förvarsdjupet.
- Provstavs förlängning vid brott är ett ingenjörsmässigt förenklat mått på duktiliteten (användbart för uppföljning av produktionskvalitet) samt användbart utvärdering av små töjningar.
- Brottvillkoret i TR-10-28 relaterar till area-reduktion vid brott (brottkontraktion) 80%, sann töjning (1,6). Används vid stora töjningar.



# Koppardetaljer fråga 3, forts

Exempel på provningsdata

Förlängning Elongation A5 [%]	Kontraktion Reduction of Area Z [%]
56	86
54	86
50.5	86
56	90
57	89

Eftersom data från brottkontraktion ingår i provningen så är det lämpligt att formulera kravet som "Förlängning >40% och brottkontraktion > 80%".



# Koppardetaljer fråga 4

- SKB TR-09-32, kap. 5.2 visar att ett kopparmaterial med 30-100 ppm fosfor har cirka 3 ggr högre krypbrottförlängning jämfört med ett kopparmaterial utan fosfor. Finns det ytterligare information som visar att krypbrottförlängningen är tillräcklig med fosforhalter mellan 30-100 ppm?
- Endast ett begränsat antal enaxliga krypprov har utförts sedan 2009. Resultaten för dessa är dock i överensstämmelse med tidigare genomförda prov.

Däremot har serier med mera speciell provning utförts.

- Anvisade runda provstavar har krypprovats. Överraskade nog gav de i det närmaste lika höga kontraktionsvärden (78-91%) som för enaxliga prover.

Wu R, Jin LZ, Sandstrom R. Influence of multiaxial stresses on creep properties of phosphorus alloyed oxygen free copper. American Society of Mechanical Engineers, Pressure Vessels and Piping Division (Publication) PVP. PART B ed2009. p. 1525-32.

# Koppardetaljer fråga 4, forts

- Enaxliga prover med låg initial pålastningshastighet som sedan ökades har genomförts. Det totala förlängnings-värdet var av samma storlek som för prov vid konstant last.
- Provingar med intryck för att simulera ev mekanisk påverkan visar att duktiliteten inte påverkas (ännu inte publicerat).
- Kalldeformation minskar krypduktiliteten för många material. För kalldeformerad Cu-OFP bibehölls dock den totala förlängningen (kalldeformation + kryptöjning) utom i speciella fall.

Andersson-Östling HCM, Sandstrom R. Effect of loading rate on creep of phosphorous doped copper. SKB TR-11-09; 2011.

Wu R, Pettersson N, Martinsson Å, Sandström R. Cell structure in cold worked and creep deformed phosphorus alloyed copper. Mater Charact. 2014;90:21-30.

# Koppardetaljer fråga 5

➤ I TR-10-14 anges att fosfor tillsätts via tråd. SSM önskar ytterligare information hur detta görs praktiskt och redovisning av processtabilitet med avseende på trådtillförseln vid gjutning av koppardetaljer?

- Detta är information som är svår att få fram eftersom vår leverantör betraktar den som företagsintern "know-how".
- SKB:s bedömning är dock att funktionen är utmärkt vilket styrks av de kemiska analyser som presenteras för göt och färdiga komponenter i SKBdoc 1175208, TR-10-14 samt i svaret på nr 1 inom "Tillverkningsaspekter för kapselns ingående delar".

# Koppardetaljer fråga 6

- SKB anger i [SKB TR-10-14, kap 7.1.5] att information om defekter i kopparrör och kopparlock/botten är begränsad. Ett antal kopparrör och kopparlock/bottnar har förvisso blivit undersökta med endast med preliminära oförstörande provningsmetoder baserade på FBH. Finns ytterligare underlag som visar förekomst och storlekar på inneslutningar med kvalificerade provningsmetoder som redovisar sannolikhet för defekter på liknande sätt som för svets [SKB doc 1175236]?
- I "Kravbild för oförstörande provning av kopparkapselns rör, lock och botten" (SKBdoc 1414374) redovisas defekter och acceptanskriterier för de olika skedena vid tillverkningen av kopparkomponenter.
- Det finns inget underlag för sannolikheten för olika defekter i kopparkomponenterna motsvarande det som för FSW.

För bedömning av sannolikheter finns en del erfarenheter:

- Ett stort antal kopparrör och kopparlock/bottnar har provats med ultraljud
  - Inga indikationer på inre defekter (inneslutningar) har noterats
- Detekteringsförmågan för denna ultraljudteknik har undersökts i "Attenuation dependent detectability at ultrasonic inspection of copper" (SKBdoc 1411328)
  - Resultaten visar på en detekteringsförmåga för FBH ~Ø2 mm
- Ett tiotal göt för tillverkning av kopparlock har provats med fluorescerande penetrant
  - Enstaka indikationer i storleksordningen <2 mm
- Ett tiotal kopparlock har provats med fluorescerande penetrant
  - Indikationer på smidesveck med en längd från några cm till flera dm

# Koppardetaljer fråga 7

- I Kimab 2013-124 redovisas krypprov för kopparmaterial med hög ljuddämpning, frågan är vilken dämpning som uppmätts? Studien innehåller ingen jämförelse med data till material med låg ljuddämpning beroende på att ny provstavsconfiguration använts. SSM önskar detta beaktat att en jämförelse av krypdata presenteras. Dessutom önskas en jämförelse mellan de uppmätta kornstorlekarna mellan hög och låg ljuddämpning.
- Resultat från krypprovning av koppar med låg ljuddämpning finns presenterat i "Survey of creep properties of copper intended for nuclear waste disposal" (TR-09-32) och för koppar med hög ljuddämpning i "Creep of copper with different NDT sound attenuation" (SKBdoc 1411196), Kimab 2013-124.
- Kornstorleken för de olika kopparmaterialen har redovisats i "Fördelning av kornstorlek i kopparprover" (SKBdoc 1417645).
- I "Attenuation dependent detectability at ultrasonic inspection of copper" (SKBdoc 1411328) har ljuddämpningen i de olika kopparmaterialen har redovisats tillsammans med vilken detekteringsförmåga som kan förväntas vid ultraljudprovning koppar med varierande kornstruktur.

# Koppardetaljer fråga 7, forts

- I TR-09-32 (figur 5-15, sidan 26) visar nedanstående plott att koppar med normal ljuddämpning har tillräcklig duktilitet.
  - Stavarna som ligger till grund för figur 5-15 var något hårdare än stavarna med hög ljuddämpning i KIMAB 2013-124, men det kan förklaras av att provstavarna i TR-09-32 tillverkats med skärande bearbetning medan stavarna i KIMAB 2013-124 trådgnistades.
  - Det kan därmed anses att en pessimistisk bedömning görs av krypprovning av koppar med hög ljuddämpning då resultatet i KIMAB 2013-124 jämförs med figur 5-15 i TR-09-32.
  - I båda fallen är duktiliteten tillfredsställande.

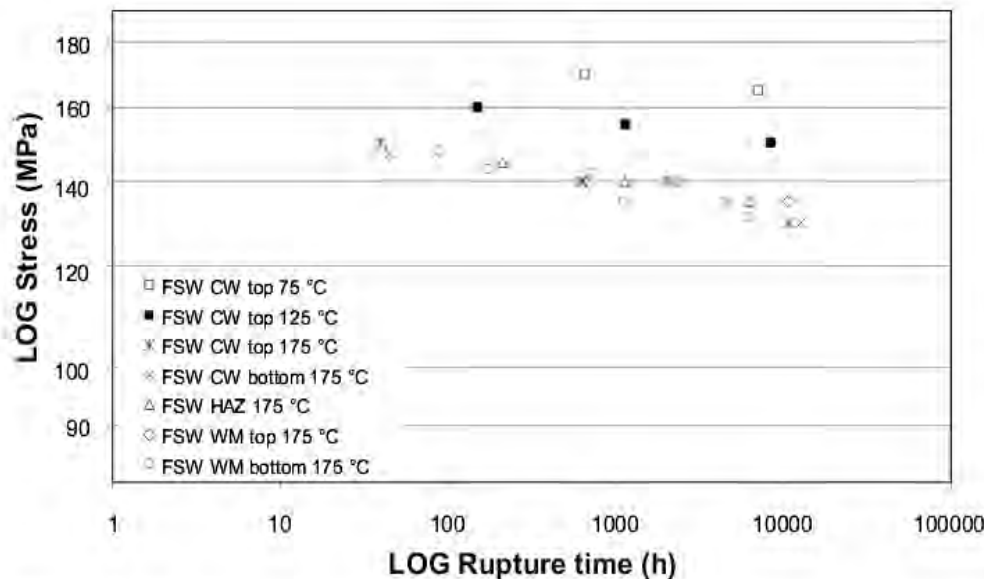
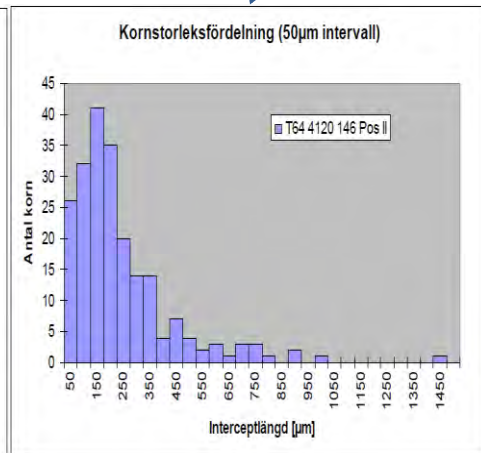
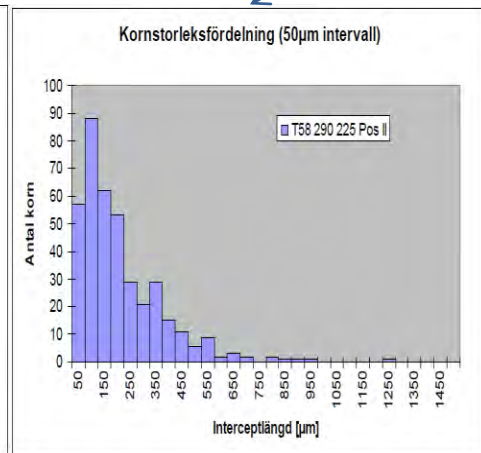
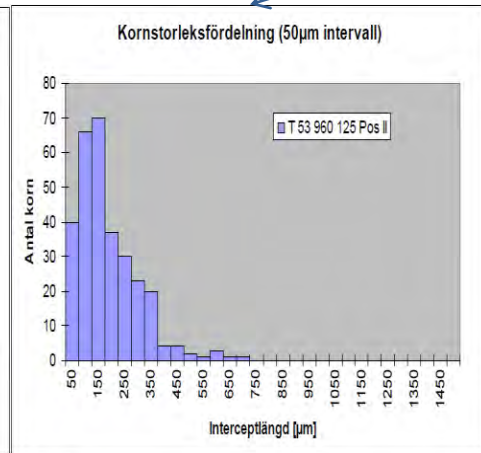
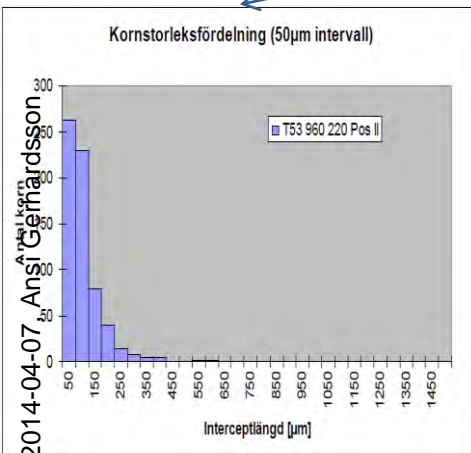


Figure 5-15. Creep rupture time plotted against applied stress for friction stir weld specimens /21, 22/.

# Koppardetaljer fråga 7, forts

	T53 (Ref) 960 220 pos II	T53 kryp (hög dämpn) 960 125 pos II	T58 kryp (hög dämpn) 960 220 pos II	T64 kryp (hög dämpn) 4120 146 pos II
Medelkornstorlek [ $\mu\text{m}$ ]	79	160	188	214
Andel korn $>350\mu\text{m}$ [%]	1,1	5,3	13,7	15,0
Ljuddämpning [dB/m]	39	122	146	190



# Koppardetaljer fråga 8

➤ Ingår värmebehandling av lock i kapselns referenstillstånd?

- I rapport TR-10-14 beskrivs kapselns initialtillstånd, referensutformning och referensmetoder för tillverkning av kapselns ingående delar.
- Referensmetoden smidning för tillverkning av lock och bottnar har nu kompletterats med värmebehandling som beskrivs inom svaret på nr 7 inom "Tillverkningsaspekter för kapselns ingående delar".



# Friktionssvetsning fråga 1

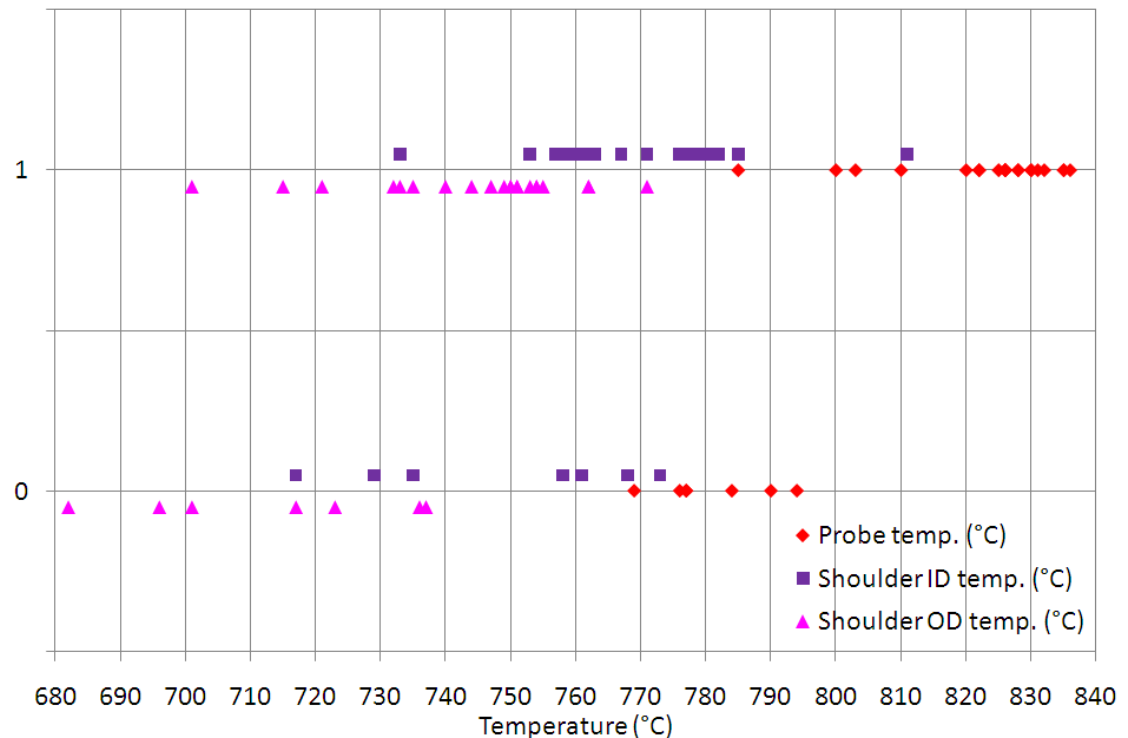
➤ Är data för processfönstret i TR-10-14 tabell 5-11 utvecklat för svetsning i luft, i förekommande fall har något processfönster för svetsning i argon tagits fram?

- Svetsdatan i Tabell 5-11 är från demonstrationsserie utförd i luft 2004. Resultat presenterade i doktorsavhandling 2011 visar dock att processfönstret för tapptemperaturen (790-910°C) är "identiskt" när man svetsar i argon. Anledningen till detta borde vara att oxidpartiklarna främst är lokaliserade vid kapselytan och runt verktygs-skuldran, och kaviteterna som börjar bildas under 790°C är lokaliserade ca 5-10 mm under kapselytan.

Table 5-11. Compilation of weld data from all 20 lid welds (FSWL22-41) in the demonstration series.

Parameter	Window	Min. value in respective weld		Max. value in respective weld	
		Mean value/ Absolute min	Standard deviation	Mean value/ Absolute max	Standard deviation
Spindle rotation (rpm)	350–450	368.6/352	11.4	431.8/444	11.5
Welding force (kN)	78–98	80.9/79.4	1.0	93.2/95.5	1.5
Tool temperature (°C)	790–910	829.5/798	10.0	873.9/899	8.2
Shoulder depth (mm)*	0.4–1.5			1.1/1.6	0.2

\* Shoulder depth is only measured in one position.



# Friktionssvetsning fråga 2

- Har svetsfönstret beaktat bildandet av sammanhängande oxidområden?
- Nej, processfönstret togs fram vid svetsning i luft. Det kan då antas att variation i mängden oxidpartiklar främst berodde på rengöringen av fogytorna innan svetsning, medans den idag beror på både rengöring och syrehalt i skyddsgasatmosfären.

# Friktionssvetsning fråga 3

- För att reducera inverkan av ytoxider planerar SKB att införa någon form rengöring av fogytor innan svetsning. SSM har emellertid inte noterat att krav finns på renheten med avseende på oxid för de ytor som omfattas av FSW svetsning, Finns några krav framme och hur påverkas oxidinnehållet för detta krav?
- För närvarande fogbereds fogytorna genom torrbearbetning alternativt slipning. Detta ger ett oxidskikt på 10 nm.

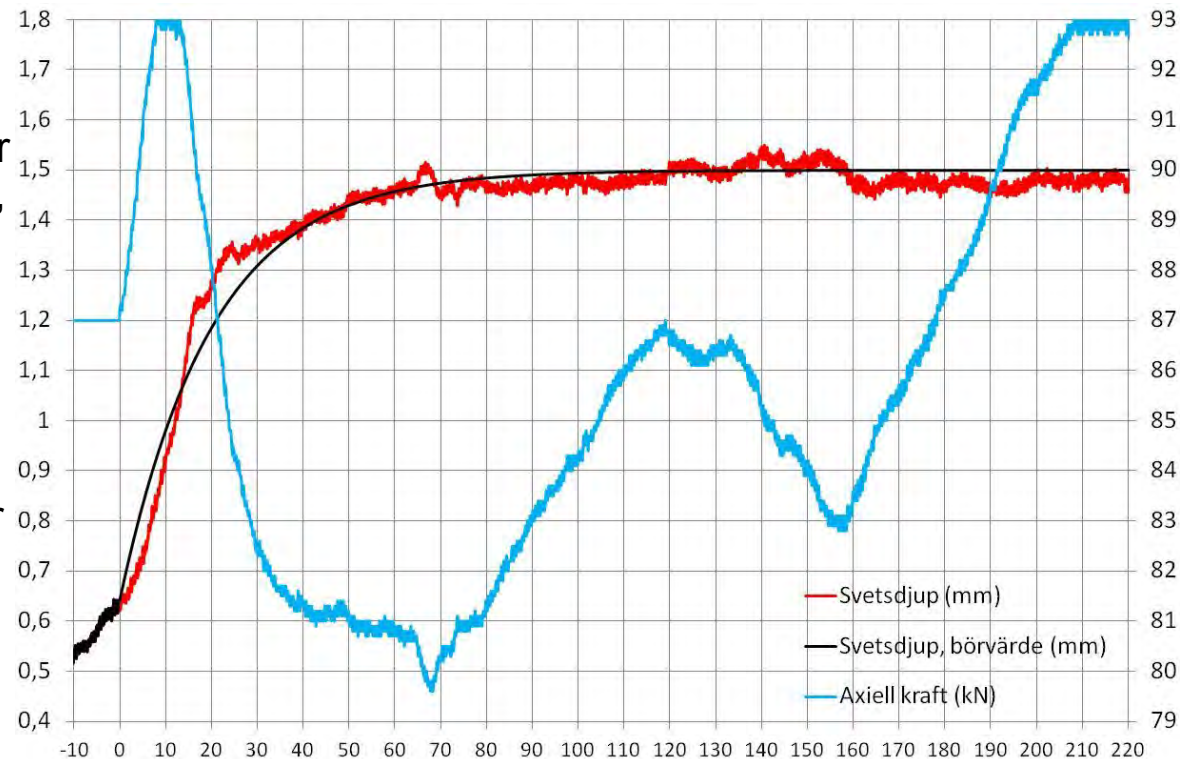
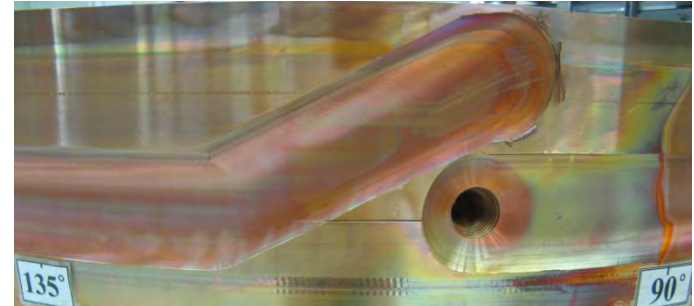
# Friktionssvetsning fråga 4

- Hur ska krav på syrehalt och sammanhängande oxidområden i svetsen kvalitetsäkras?
- Genom att kvalitetssäkra fogberedning och kontrollera skyddsgas-atmosfären (argongas med syrehalt under fastställd nivå) vid svetsning.

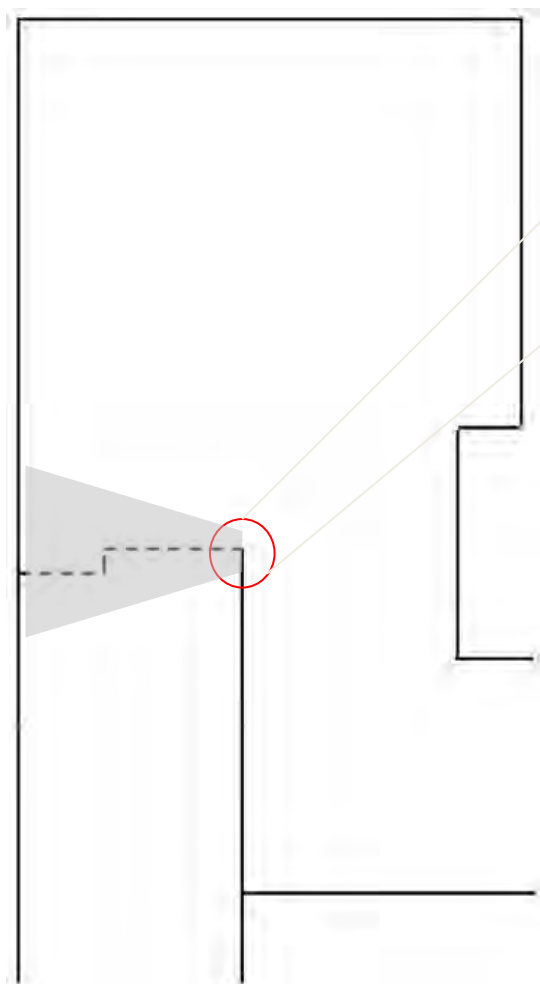
# Friktionssvetsning fråga 5

➤ SKB anger att variation av svetsverktygets djup (D) kan inte är större än  $\pm 0.5$  mm. Enligt TR-10-14 mäts endast detta djup vid en position och dessutom anges att svetsfönstret är 0.4mm-1.5 mm, hur säkerställs svetsfönstret avseende D?

- D räknades bara ut vid den viktigaste positionen (när foglinjen nåtts) vid demonstrationsseriens 20 svetsar, då D under resten av svetscykeln i princip korrelerar till det värdet. För närvarande, utvecklas och testas en regulator som ska kontrollera D med hjälp av justeringar i svetskraften. Regulatorn används fram till och med foglinjen nåtts, och trots begränsningar i kraftspann för regulatorn så kan den kontrollera D inom  $\pm 0,2$  mm från börvärdet.



# Friktionssvetsning fråga 5, Foglinjeböjning (JLH)



1. För lång verktygstapp alt. för djupt verktyg



Förflyttad vertikal skarv

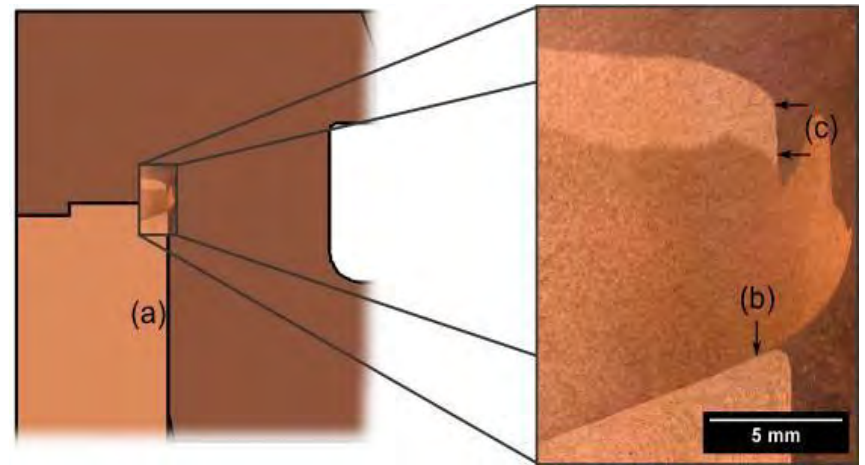
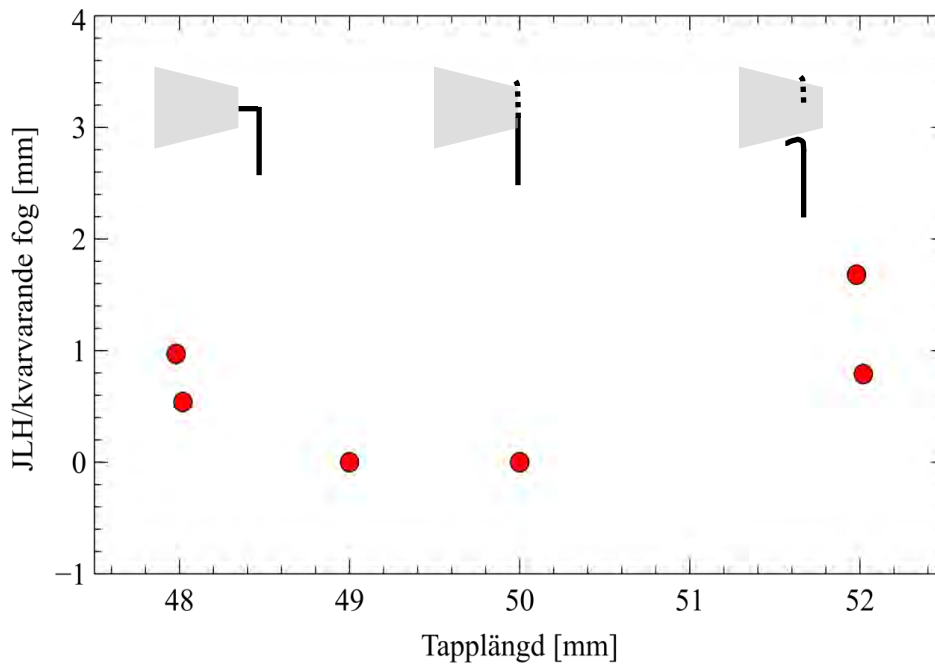
2. Tappspets i nivå med vertikal skarv



3. För kort verktyg



# Friktionssvetsning fråga 5, Foglinjeböjning, olika tapplängder



Tapplängd 52 mm, centrerat verktyg.

# Friktionssvetsning fråga 6

- Förtydliga gärna följande mening ”Följaktligen har ingen signifikant negativ påverkan av oxidpartiklar identifierats i den forskning SKB har utfört, förutom den defekt som i kompletteringarna benämns förflyttad vertikal fog. Denna fogrest har benämnts som oxidinneslutningar i vissa rapporter (Auekari et al. 2009).” Påverkas mekaniska integriteten eller inte?
- De mekaniska egenskaperna i provstavar påverkas ifall man tar ut radiella prov som innehåller förflyttad vertikal fog och testar i t ex kryp- eller dragprovning. Ingen signifikant negativ effekt har observerats på de mekaniska egenskaperna om axiella provstavar tas ut i övriga svetsområdet. Det bör observeras att denna defekt endast uppträder vid överpenetration av tappspetsen, samtidigt uppträder då foglinjeböjning på andra sidan av tappspetsen. Såsom processen är utformad i dagsläget med kortare tapp så uppstår inte denna typ av defekt.
- Kapselns mekaniska integritet påverkas inte.



# UDS fråga 1

## ➤ Vad är krav på ytdefekt för kopparkapseln, status?

- De nuvarande kraven ges av SKBdoc 1414374 ver 1.0. som i sin tur grundar sig på toleranser för kopparhöljets tjocklek om ges i Table 7-3 i TR-10-14.
- Utredning pågår dock genom krypförsök med nedskalade intryck.
- De intryck som gjorts är 0,5 mm djupa i provstavar som glödats innan intrycket skapades. Efter att intrycket skapats görs krypprovning.
- Intrycken på stavarna motsvarar 5 mm djupa intryck i en fullstor kapsel.
- De utförda intrycken är i form av en kon eller en cylinder eller en sfär.
- Utredningen väntas vara avslutad kring halvårsskiftet 2014.
- Nämns i skbdoc 1414374 "Kravbild för oförstörande provning" tabell 8-3.
- Krypprovning av provstavar med olika intryck pågår, beräknas klart första halvåret 2014.
- Utvärdering och jämförelse mot modelleringsresultat.

# UDS fråga 2, Säkerhetsklasser - preliminärt

- SKB nämner i att de kommer se över och uppdatera principer för säkerhets och kvalitetsklasser som beskrivs i ansökansunderlaget, när kommer SSM få ta del av dessa?

Kommer säkerhetsklass B och PB att finnas kvar?

Klarläggande till varför säkerhetsklass B ska ha mer omfattande kvalitetssäkring än säkerhetsklass PB.

Klarläggande till varför SKB nämner att flera av tillverknings och provningsprocedurerna med stor betydelse för KBS-3 förvarets kvalitet äger rum utanför KBS-3 systemets kärntekniska anläggningar.

- **A – slutförvarets säkerhet:**

- Delar som har barriärfunktion i slutförvaret, dvs kapsel, buffert, återfyllnad, förslutning och inplaceringen av deponeringshål i berget, samt delar mm som måste vara kända för att analysera slutförvarets säkerhet, men som inte tillgodoräknas någon barriär- eller säkerhetsfunktion i slutförvaret.

- **B – slutförvarsanläggningens säkerhet:**

- Kapseln som är barriär, dvs fysisk inneslutning, i anläggningen och alltid ska förbli tät.

- **C – slutförvarsanläggningens säkerhet:**

- System i anläggningen som skyddar kapseln respektive system som hanterar kapseln och som vid felfunktion kan leda till att kapseln skadas, samt system som används vid deponeringsarbeten och som vid felfunktion kan leda till att deponerade kapslar måste återföras till tidigare hanteringssteg (reversibel process) eller till inkapslingsanläggningen.

- **D – slutförvarsanläggningens säkerhet:**

- Övriga system och byggnader i anläggningen som är nödvändiga ur djupförvarssynpunkt.



# UDS fråga 2, Kvalitetsklasser - preliminärt

- Slutförvaret
  - Det finns inga standarder som kan användas – Kvalitetsledningssystem ska tas fram för produktionen av varje teknisk barriär samt för bergutrymmen.
  - Arbete med detta pågår och redovisas i PSAR.
- Slutförvarsanläggningen
  - Överväger tillämpning av Pakt anpassad till slutförvarsanläggningen.
  - Preliminärt antas följande:
    - Säkerhetsklass C: kvalitetsklass 4, elektrisk funktionsklass 2E och 3E och seismisk klass P.
    - Säkerhetsklass D: elektrisk funktionsklass 3E och seismisk klass N.