

Mariehamn den 29 december 2021

**Miljöminister Annika Strandhäll tillhanda**Annika Strandhäll: [m.registrator@regeringskansliet.se](mailto:m.registrator@regeringskansliet.se)Per Bolund: [per.bolund@riksdagen.se](mailto:per.bolund@riksdagen.se)Registrator Infrastrukturdepartementet: [i.registrator@regeringskansliet.se](mailto:i.registrator@regeringskansliet.se)Astrid Öfverholm: [astrid.ofverholm@regeringskansliet.se](mailto:astrid.ofverholm@regeringskansliet.se)Anna Sanell: [anna.sanell@regeringskansliet.se](mailto:anna.sanell@regeringskansliet.se)Kärnavfallsrådet: [karnavfallsradet@regeringskansliet.se](mailto:karnavfallsradet@regeringskansliet.se)**Klargörande av forskningsläget om osäkerheterna kring kopparkapselns korrosion i slutförvaret av utbränt kärnbränsle**

Vi är några oberoende forskare som har varit djupt engagerade i den komplexa frågan om korrosionsproblematiken kring koppar som kapslingsmaterial för det högaktiva avfallet. Vi inser att frågan inte är lätt att sätta sig in i, än mindre att kunna ge några enkla svar om hur länge kopparkapslarna kommer att hålla. Med tanke på att ett beslut ska fattas i slutet av januari som är mer eller mindre framtvingat av politiska skäl vill vi ge några klargörande synpunkter som vi hoppas förenklar beslutet.

SKB har gjort minst fyra prototypförsök med syftet att se hur väl koppar fungerar under slutförvarsliknande miljöer. Dessutom har FEDEX i Schweiz utfört ett försök. I samtliga fall har kopparkorrosionen visat sig vara minst en faktor 1000 högre än den som SKB förutsätter ska gälla i slutförvaret, nämligen 1 nanometer per år. Tilläggas ska att strålning inte förekommit i något av prototypförsöken. Eftersom strålningen påskyndar korrosionen än mer, är den förväntade korrosionen därför ännu högre än en faktor 1000. Vi vill betona att inte ett enda prototypförsök har utförts under helt realistiska exponeringsförhållanden.

När nu inte prototypförsökens korrosionshastigheter ligger i närheten av de som SKB förväntar, hur ska då KBS-3 metoden fungera som det är tänkt? Det första steget i en stegvis prövning borde vara ett prototypförsök som fungerar enligt den säkerhetsanalys som gjorts och det är inte meningsfullt med en stegvis prövning så länge som det första steget inte är taget med alla exponeringsparametrar (grundvattenkemin, strålning, säkerhetsbarriärer) på plats. Därför kan SKBs ansökan inte rimligtvis annat än avslås

Det absolut viktigaste för ett beslut i slutförvarsfrågan är att beslutet baseras på fakta. Det mest avgörande hindret för ett beslut är faktumet att det finns en djup vetenskaplig splittring i frågan om kopparkorrosion. De politiska partierna M, SD, KD och L som driver på för ett godkännande av ett slutförvar i Forsmark påstår i en debattartikel i Aftonbladet 18/12-21 (citat): "**Forskningsvärlden är inte djupt splittrad när det kommer till frågan om kopparkorrosion**". Som motiv hänvisar man till Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM), som anser att inga tveksamheter råder. Att olika parter förnekar att det råder en djup oenighet i den kritiska frågan om koppars korrosionsbeständighet visar tydligt att alla fakta inte har beaktats och så länge som faktaunderlaget inte är komplett kan en ansökan om ett slutförvar i Forsmark inte godkännas.

Innan SSM och Mark-och Miljödomstolen (MMD) behandlade slutförvarsansökan 2017 (med beslut 2018) så fanns en splittring i frågan även inom SSM. SSM valde i det läget att tysta sin främste korrosionsexpert, vilket ledde till att denne sa upp sig. Redan innan MMD behandlade frågan hade SSM med andra ord redan bestämt sig om vilken uppfattning man har i kopparkorrosionsfrågan. Det ska även tilläggas att SSM inte tillhör forskningsvärlden. Det är en myndighet som rimligtvis inte har som sin uppgift att avgöra om det finns en splittring eller ej i forskningsvärlden. Om SSM inte vill erkänna att där råder en splittring i forskarvärlden, och regeringsbeslutet samtidigt vilar på SSMs förhållningssätt, är det uppenbart att fakta inte kommer att utgöra grunden för ett beslut angående slutförvaret. Därför bör ansökan avslås.

För att föra frågan om ett slutförvar vidare måste slutförvaret vara lagligt både enligt kärntekniklagen och enligt miljöbalken. SSM, som har att bedöma ansökan enligt kärntekniklagen, ansåg att ansökan uppfyllde kraven, men MMD, som har att bedöma ansökan enligt miljöbalken, ansåg inte att ansökan uppfyllde kraven enligt miljöbalken. För att uppfylla kraven enligt miljöbalken måste ett klagörande göras på fem punkter angående kopparkorrosionen, enligt MMD. Den centrala frågan är därför vilken ny information som har tillkommit som skulle kunna ändra det underlag som MMD hade för sitt beslut?

I ett möte mellan Kärnavfallsrådet och Regeringskansliet den 24 augusti 2021 om "Kunskapsläget vad avser korrosion av metallisk koppar i syrgasfritt vatten" rapporterade Kärnavfallsrådet att nio forskargrupper stödjer SKBs uppfattning att korrosionen av koppar kan anses vara försumbar. En försumbar korrosion innebär i detta sammanhang att den ska vara mindre än 1 nanometer per år (vilket motsvarar en fem atomlager tjock korrosionsprodukt) och att det ska ske en knappt mätbar vätgasbildning. Sex av dessa forskargrupper visade sig vara en del av MMDs beslutsunderlag, där man kommit fram till en annan slutsats. I en av de sex studier som Kärnavfallsrådet påstår är ett stöd till SKBs uppfattning var korrosionen 1 nanometer **per dag**, vilket definitivt inte rimmar med den antagna korrosionshastigheten 1 nanometer **per år**. Inte heller tre nyare studier ger något som helst stöd för SKBs uppfattning, se bilaga 1 och 2. Det är därför inte klarlagt om kopparkorrosion i syrgasfritt vatten är försumbar eller inte. Ser man till den forskning som bedrivits sedan 2018 har SKBs ståndpunkt snarare försvagats ytterligare, se bilaga 2.

En av de fem punkter som MMD ansåg behöva ytterligare klarläggning är den om väteförspredning. Ett väl beprövat sätt att klarlägga om det finns en risk att något förbrukas eller går sönder är att göra studier under mera extrema förhållanden, s.k. accelererade tester. Om inte de mera extrema förhållandena ger upphov till skador kan man förvänta sig en låg skaderisk. I den komplettering som SKB lämnat in efter MMDs yttrande hänvisas till rapporten R-17-17, där upp till 0.1 mm (100 µm) långa sprickor uppmättes efter ~5 dagars test under accelererade förhållanden. 0.1 mm spricktillväxt på 5 dagar skulle innebära att kapseln spricker redan efter ca 10 år, dvs efter betydligt kortare än de önskade 100 000 åren som kapseln ska hålla. Resultat i SKBs egna studier bekräftar därför att det finns en risk för väteförspredning och då måste man dra slutsatsen att risken för väteförspredning kvarstår. Detta är även den slutsats man måste dra från nyligen publicerade resultat i en vetenskaplig artikel, ref 1. Frågan om väteförspredning är därför inte ens "klargjord" utgående från de studier som SKB låtit utföra.

Utgående från de fem frågor som MMD ansåg kräva ytterligare undersökningar har vi här behandlat två, den om korrosion i syrgasfritt vatten och den om väteförspredning. Vi kan konstatera att stor osäkerhet fortfarande råder. För klargöra de tre övriga frågorna skulle ett ytterst omfattande arbete behöva påbörjas. I den komplettering som SKB utfört saknas detta omfattande arbete enligt vår uppfattning.

**Slutsatser:**

Vår slutsats är att det inte framkommit vetenskapliga fakta som i sak ändrat de slutsatser som MMD kom fram till i sitt yttrande 2018. Snarare har motsatsen förstärkts om fler oklarheter än färre. De som drivit frågan om ett snabbt beslut kan inte ens acceptera det faktum att det råder en vetenskaplig kontrovers i frågan om kopparkorrosion i syrefritt vatten och anser att konflikten inte finns då SSM tagit ställning i frågan. Men en vetenskaplig konflikt är inte löst bara för att en myndighet inte anser att den finns. Ett klagörande av de fem osäkerheterna gällande kopparkorrosion är en vetenskapligt grundad fråga och då kan det rimligtvis inte vara av någon betydelse att myndigheten SSM anser osäkerheterna inte finns. Detta speciellt eftersom SSM hade tagit ställning i frågan redan innan slutförvarsansökan enligt miljöbalken ens börjat prövas av MMD. SKBs ansökan bör därför avslås så att man i stället kan börja utveckla material som har en betydligt högre korrosionsresistans än koppar.

Ref.1: Fan Zhang, Cem Örneç, MinLiu, Timo Müller, Ulrich Lienert, Vilma Ratia-Hanby, Leena Carpén, Elisa Isotahdon, Jinshan Pan; **Corr. Sci., 184, (2021), 1093990**

**Torbjörn Åkermark**, Dr i korrosionslära, Senior scientist, Åland

**Anders Rosengren**, Prof. Emeritus, teoretisk fysik, KTH

**Anatoly Belonoshko**, Professor, teoretisk fysik, KTH

**Christofer Leygraf**, Professor emeritus i korrosionslära, KTH

**Jinshan Pan**, Professor i korrosionslära, KTH

## Bilaga 1:

### **E-post skickat den 3 oktober till Kärnavfallsrådet: (03-10-2021 22:10) från Torbjörn Åkermark**

Bästa Kärnavfallsrådet (och främst ledamöterna prof. Carl-Reinhold Bråkenhielm, doc. Mikeal Karlsson, prof. Ingmar Persson, prof. Thomas Kaiserfeld och prof. Linda Soneryd),

Tack för ert svar, men jag tror att det finns en hel del fakta som måste redas ut. Det första som måste redas ut är det ni skrev att "som rapporterar ingen eller begränsad korrosion av metallisk koppar i rent syrgasfritt vatten". En förutsättning för KBS-3 metoden är att ingen korrosion ska ske i syrefritt vatten, eller en korrosion som är mindre än 1 nm/år (nm är en miljarddel meter). Detta innebär att vad som kallas en "begränsad korrosion av metallisk koppar i rent syrgasfritt vatten" stödjer "KTH-forskarnas" resultat. Dessutom ifallet det är "en begränsad korrosion av metallisk koppar" måste korrosionen utredas med pilotstudier då man kan förvänta sig en betydligt större korrosion i en verklig miljö. Ett av de grundläggande problemen för KBS-3 metoden är att samtliga pilotstudier (där LOT-studien är en) som gjorts stödjer "KTH-forskarna".

Ett annat fakta som måste utredas är begreppet "forskargupper". I begreppet forskargrupp måste den som finansierar studien räknas in och SKB/Posiva ska då räknas som en forskargrupp. Detta innebär att 4-5 forskargrupper "försvinner". Om det är 4 eller 5 beroende på om man även ska räkna in Schweiz motsvarighet till SKB/Posiva i denna grupp.

Resultat från gruppen Cleveland et. al. var en korrosion på 1 nm/dag vilket är ett definitivt stöd för "KTH-forskarna".

De enskilda referenserna:

*Sulzer Brothers Ltd, CH-8401 Winterthur; Switzerland/Kärnkraft industrin i Schweiz*

Simpson, J. P.; Schenk, R. Hydrogen evolution from corrosion of pure copper. *Corros. Sci.* **1987**, 27, 1365–1370. Uppmäte en viktsökning av proverna, dvs korrosion betydligt större än 1nm/år. **Så denna studie stöder KTH-forskarn**

*Inorganic Chemistry, KTH, Stockholm, Sweden; SKB/Posiva*

Eriksen, T.; Ndalamba, P; Grenthe, I. On the corrosion of copper in pure water. *Corros. Sci.* **1989**, 29, 1241-1250. Uppmäte en viktsökning av proverna, dvs korrosion betydligt större än 1nm/år. **Så denna studie stöder KTH-forskarn**. Dessutom mörkades det faktum att syrgas fanns i den flödade gas som användes och detta bör ses som forskarfusk. Studien var finansierad av SKB.

*University of Chemical Technology & Metallurgy, Department of Physical Chemistry, BU-1756 Sofia, Bulgaria; SKB/Posiva*

Bojinov, M.; Betova, I.; Lilja, C. A mechanism of interaction of copper with a deoxygenated neutral aqueous solution. *Corros. Sci.* **2010**, 52, 2917-2927. Eftersom studien var finansierad av SKB har den ett mycket begränsat värde.

*Integrity Corrosion Consulting Ltd., Canada; SKB/Posiva*

King, F.; Lilja, C.; Vähänen, M. Progress in the understanding of the long-term corrosion behaviour of copper canisters. *J. Nucl. Mater.* **2013**, 438, 228-237. Eftersom studien var finansierad av SKB har den ett mycket begränsat värde.

*Uppsala University, Department of Chemistry, Uppsala, Sweden; SKB/Posiva*

Boman, M.; Berger, R.; Andersson, Y.; Hahlin, M.; Björefors, F.; Gustafsson, T.; Ottosson, M. Corrosion of copper in water free from molecular oxygen. *Corros. Eng. Sci. Technol.* **2014**, 49, 431-434. Denna grupp har även påvisat en vätgas utveckling, men kunde genom en ytbehandling av koppar proverna undvika en vätgas utvecklingen. **Tveksamt vad denna grupp bekräftar.**

*University of Florida, Department of Chemical Engineering, Gainesville, Florida 32611, USA*

Cleveland, C.; Moghaddam, S.; Orazem, M. E. Nanometer-Scale Corrosion of Copper in De-Aerated Deionized Water. *J. Electrochem. Soc.* **2014**, 161, C107-C114. Den uppmäta korrosion var 1nm/dag. **Så denna studie stöder KTH-forskarn**

*Southwest Research Institute, 6220 Culebra Road, San Antonio, Texas 78238, USA*

He, X.; Ahn, T.; Gwo, J.-P. Corrosion of Copper as a Nuclear Waste Container Material in Simulated Anoxic Granitic Groundwater. *Corrosion* **2018**, 74, 158-168. **Tveksamt vad denna studie bekräftar.**

*CanmetMATERIALS, Hamilton, Canada*

Senior, N. A.; Newman, R. C.; Artymowicz, D.; Binns, W. J.; Keech, P. G.; Hall, D. S. Communication-A Method to Measure Extremely Low Corrosion Rates of Copper Metal in Anoxic Aqueous Media. *J. Electrochem. Soc.* **2019**, 166, C3015-C3017. I denna studie användes en extremt stor provyta i förhållande till mängden vatten och en vätgas utveckling uppmättes. **Så det är tveksamt vad denna studie bekräftar.**

*VTT, Technical Research Center, Finland; SKB/Posiva*

Ollila, K. Copper corrosion experiments in pure water under anoxic conditions. Posiva working report 2018-2019, March **2019**. Eftersom studien var finansierad av SKB har den ett mycket begränsat värde. Vätgas utveckling mättes även i denna studie så det är **tveksamt vad denna studie bekräftar.**

Till dessa forskargrupper bör även studier av Prof. Kaufhold och Karsten Pedersen läggas till. Även dessa studier bekräftar resultat från "KTH-forskarna".

### **Sammanfattningsvis:**

Av de forskargrupper som anges är det i de flesta fall tveksamt i vilken mån de stöder "KTH-forskarnas" eller SKBs/Posivas uppfattning, men i ett fall (Cleveland et al) är utan tvekan ett stöd för "KTH-forskarna". Av de studier som anges är fem finansierade av SKB/Posiva och bör inte räknas som studier från enskilda grupper. Det saknas också i listan forskargrupper som har visat på en korrosion av koppar som är i storleksordningen 1 µm/år eller en vätgas utveckling. Slutsatsen att det finns 9 olika grupper som stödjer SKB/Posivas uppfattning är därför direkt fel och vilseledande.

Ps. Begreppet "KTH-forskarna" är i sak fel då det innefattar ett antal forskare som definitivt inte är anställda av KTH. Ett mer korrekt begrepp är oberoende forskare.