



DokumentID  
1480121

Sida  
1(9)  
Datum  
2015-04-30

Handläggare  
Allan Hedin,  
Christina Lilja,  
Johannes Johansson

Ärende

Er referens  
SSM2015-1740  
Kvalitetssäkrad av  
Saida Engström  
Godkänd av  
Helene Åhsberg  
Kommentar

Ert datum  
2015-03-31  
Kvalitetssäkrad datum  
2015-05-08  
Godkänd datum  
2015-05-08

Strålsäkerhetsmyndigheten  
Att: Ansi Gerhardsson  
171 16 Stockholm

## **SKB:s kommentarer till sakfrågor om kopparkorrosion i MKG:s brev till SSM daterade 2015-03-25 och 2015-03-30**

Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning, MKG, har i två brev till SSM, daterade 2015-03-25 respektive 2015-03-30, lämnat synpunkter på den komplettering om kopparkorrosion i rent, syrgasfritt vatten som SKB lämnade till SSM 2015-03-16.

I MKG:s brev daterat 2015-03-25 är avsnitt 1 en inledning, avsnitt 2 innehåller MKG:s allmänna kommentarer på SKB:s komplettering, i avsnitten 3-7 kommenteras SKB:s svar på var och en av de fem punkterna i den av SSM begärda kompletteringen och avsnitt 8 innehåller MKG:s avslutande kommentarer. I ett Appendix berörs frågeställningar kring Micans försök, och MKG:s syn på vad som ytterligare kan göras för att nå klarhet i frågan om kopparkorrosion i syrgasfritt vatten. I MKG:s korta brev daterat 2015-03-30 kompletterar MKG dess synpunkter i det tidigare brevet.

SSM har berett SKB möjlighet att bemöta MKG:s synpunkter kring tekniska och vetenskapliga detaljer i SKB:s redovisning av olika experiment i kompletteringen. I det följande kommenteras de sakfrågor i respektive avsnitt i brevet daterat 2015-03-25 som SKB ser som relevanta för SSM:s bedömning av frågan om kopparkorrosion i syrgasfritt vatten. Även sakfrågor i brevet daterat 2015-03-30 vägs in i dessa kommentarer. Avslutningsvis ges några sammanfattande kommentarer. Huvuddelen av underlaget för SKB:s kommentarer är redan redovisad i den komplettering SKB lämnade 2015-03-16.

I SKB:s kommentarer nedan används termerna ”KTH-forskarnas resultat” etc för att benämna de studier av kopparkorrosion i rent, syrgasfritt vatten som genomförts vid Kungliga Tekniska Högskolan, KTH, Stockholm på liknande sätt som MKG gör i sitt brev. De KTH-studier som SKB refererar till i detta brev utgörs i första hand av Hultquist et al. (2009, 2011, 2013) och Hultqvist (2015). Där resultat från en specifik referens åberopas anges detta.

### ***Kommentarer till MKG:s avsnitt ”1. Inledning”***

MKG skriver att SKB är helt beroende av att koppar korroderar enligt kända termodynamiska data. Det är förvisso riktigt att koppars termodynamiska egenskaper utgör en grundläggande del i SKB:s vetenskapliga argumentation för KBS-3-konceptet. Som framgår av SKB:s komplettering (avsnitt 3 i SKBdoc 1473304) kan dock säkerheten efter

#### **Svensk Kärnbränslehantering AB**

Box 250, 101 24 Stockholm  
Besöksadress Blekholmstorget 30  
Telefon 08-459 84 00 Fax 08-579 386 10  
www.skb.se  
556175-2014 Säte Stockholm

förslutning visas även om koppar skulle korrodera i en betydligt större omfattning i rent, syrgasfritt vatten.

MKG skriver i en fotnot att observationer av kopparkorrosion i kylsystem för elgeneratorer och acceleratorer är ”*ett starkt indicium för att koppar korroderar i syrgasfritt vatten*”, eftersom korrosion i dessa system av MKG påstås ske även om vattnet är syrgasfritt. Argumentet har tidigare framförts i publika sammanhang av KTH-forskarna och bemötts av SKB: I de studier där korrosion observeras är vattnet inte syrgasfritt, och det är inte fråga om andra korrodanter än syrgas löst i vatten i dessa studier. Istället handlar det om att korrosionshastigheten är högst för ett visst intervall av syrgashalt, medan mindre korrosion erhålls med både lägre halt (mindre tillgång på oxidant) och högre halt (stabiltskyddande skikt av CuO) (Svoboda et al. 1996). Det finns därför situationer där korrosionen minskar med ökande syrgashalt, vilket man utnyttjar i kylsystemen. Att hävda att observationerna stöder att koppar korroderar i syrgasfritt vatten är således lika ogrundat idag som det var då argumentet först fördes fram av KTH-forskarna.

MKG berör i detta avsnitt också resultat av försök där koppar funnits med i experiment i Äspö-laboratoriet. Detta tas också upp i ett brev från MKG till SSM daterat 2015-02-26. SKB har kommenterat det brevet i SKBdoc 1479231 och hänvisar till det dokumentet vad gäller försök vid Äspölaboratoriet.

MKG skriver vidare: ”*Faktum är att kärnavfallsbolaget SKB aldrig experimentellt kunnat visa att kopparkorrosionen i en syrgasfri miljö varit på samma mycket låga nivå som de teoretiskt beräknade korrosionshastigheterna.*” Som framgår av SKB:s samlade redovisning (SKBdoc 1473304) är den förväntade omfattningen av korrosionen så liten att den inte kan detekteras i de experiment som gjorts inom området. Experiment kan tala om ifall omfattningen av korrosionen är mindre än respektive experiments mätgräns, som bland annat bestäms av bakgrundshalten av vätgas i experimentet. I flera av experimenten hos Micans och Uppsala har omfattningen av korrosionen visats vara mindre än den som motsvarar mätgränsen. Längre går det inte att komma med mindre än att ett ännu noggrannare experiment utformas. Det viktiga i sammanhanget är att existerande experiment är tillräckligt noggranna för att dels testa KTH-forskarnas hypoteser, dels visa att omfattningen är tillräckligt liten för att inte utgöra ett problem för KBS-3-förvarets långsiktiga säkerhet. Dessutom är det av principiellt intresse att visa att resultaten inte motsäger etablerade termodynamiska data, ner till den mätgräns som detta låter sig göras i respektive experiment.

MKG nämner de försök om kopparkorrosion i syrgasfritt vatten som genomförts vid KTH och menar att dessa resultat måste vara utgångspunkten för en beskrivning av kunskapsläget vad gäller kopparkorrosion i syrgasfritt vatten. SKB har genom åren tagit del av och analyserat KTH-forskarnas publikationer och också kommenterat dem i SKB:s samlade redovisning till SSM (SKBdoc 1473304). Där pekas också på brister i redovisningarna från KTH-forskarna. KTH-forskarnas resultat är således invägda i SKB:s bedömning. SKB menar att i en helhetsbedömning måste alla experiment inom området utvärderas kritiskt och vägas in i enlighet med utfallet av en sådan utvärdering.

MKG pekar i inledningen också på en rad felkällor i försök med koppar i syrgasfritt vatten. SKB vill kommentera två av dessa:

1. Det är i princip korrekt att en beläggning på kopparytan under kortare eller längre tid skulle kunna förhindra korrosion. SKB vill dock påminna om att KTH-forskarnas långtidsförsök över nästan 19 000 timmar som redovisas i Hultquist et al. (2009, 2011, 2013) gjordes med koppar som inte ytrenats på något sätt. Hultquist et al. (2009) skriver: *"In the present study the as-received copper was stored at room-temperature for more than a year in paper with relatively dry (30–40% relative humidity) air. The copper samples were slightly covered by a reaction product with an approximate thickness of 10 nm when used in the present exposure to pure water. This surface finish was different from the one used in [10] (polished with 1,000 mesh SiC paper) and therefore the measured phenomenon of hydrogen evolution is not dependant on the surface finish of copper, nor low levels of impurities in the copper metal."* Detta visar att i alla fall KTH-forskarna inte tycks dela MKG:s uppfattning. Som MKG säkert noterat ger den kopparkvalitet KTH-forskarna använde ingen vätgasutveckling i Micans försök, oavsett reningsmetod. Detta gäller också fallet där kopparn inte ytrenats före experimentet.
2. MKG skriver också att det inte kan drivas ut vätgas från kopparbitens inre vid den temperatur (70 °C) där Micans försök genomförts. Detta är ett obevisat påstående som motsägs t ex av att vätgasavgivning observeras vid 70 °C under torra förhållanden hos Micans, se avsnitt 4.12 i Johanson et al. (2015). MKG påstår att kopparn behöver värmas till cirka 250 °C för att väte ska drivas ut. Detta är ju vad som observeras i t ex Hultquist (2015), även om en viss utdrivning där sker redan vid 150 °C. Liknande observationer görs i de försök med vätgasutdrivning som rapporteras av Uppsalagruppen i SKBdoc 1470267. Vid båda dessa försök fås dock en kraftig utdrivning inom loppet av enstaka timmar, se t ex figur 3-15 i SKBdoc 1470267. I försöken hos Micans vid 70 °C sker avgivningen i en takt som är flera storleksordningar lägre och som pågår i flera år, se t ex avsnitten 4.1-4.9 i Johansson et al. (2015). En så låg avgivningstakt skulle inte vara mätbar i urgasningsförsöken som genomförts vid högre temperaturer.

I MKG:s brev daterat 2015-03-30 dras slutsatsen att det finns försök i Micans rapport som verkar bekräfta KTH-forskarnas resultat. SKB finner denna slutsats grundlös. Den tar bland annat inte hänsyn till alla evidens för att den vätgas som observeras från kapselkoppar kommer från själva kopparmaterialet och inte från en korrosionsprocess.

## ***Kommentarer till MKG:s avsnitt ”2. Allmänna synpunkter på kompletteringen”***

MKG skriver i detta avsnitt om vikten av upprepade evakueringar i Micans försök och menar att så inte skett i tillräcklig omfattning. I brevet daterat 2015-03-30 har man dock efter vad som förefaller vara en djupare penetration av det av SKB inlämnade materialet funnit att vissa av försöken ändå genomförts på så sätt som MKG anser att de bör göras.<sup>1</sup> SKB vill här påminna om några saker kring Micans experiment:

1. Vätgas produceras för de flesta kopparkvaliteter och ytbehandlingar inte alls i Micans försök. Detta gäller t ex den kopparkvalitet som användes i KTH:s långtidsförsök, och oavsett om koppars yta renas eller inte före exponeringen för vatten. Detta är ett starkt skäl att ifrågasätta KTH-forskarnas resultat, vilket vidare utvecklas i SKB:s samlade redovisning (SKBdoc 1473304).
2. För kapselkoppar observeras vätgasutveckling om kopparprovet inte gasats ur vid hög temperatur före exponeringen för vatten. Partialtrycket för väte ökar vid experimentets start och når efter typiskt omkring 100 dagar en mer eller mindre konstant nivå kring några mbar. MKG tycks vara av uppfattningen att ett oförändrat partialtryck för vätgas i Micans experiment tyder på att vätgasproduktionen upphört. Man tycks också vilja tolka detta som att en korrosionsprocess därmed avstannat eftersom en kemisk jämvikt inställt sig. Som framgår av SKB:s lägesrapport om kopparkorrosion till SSM i september 2014 (SKBdoc 1448824 samt dess bilaga SKBdoc 1448587) betyder ett vätgastryck som efter ungefär 100 dagar når en konstant nivå i Micans experiment att en balans nåtts mellan produktion av vätgas och utläckage av vätgas genom korkarna som försluter Micans provrör. Se också avsnitt 2.3.3 i Johansson et al. (2015) och dess hänvisning till resultat i Bengtsson et al. (2013). Vätgasproduktionen fortgår således oförändrat och kompenseras av ett lika stort utläckage. Det är alltså i det här fallet inte nödvändigt att evakuera provrören för att den process som genererar vätgas ska fortgå.
3. Det är också klart att kapselkoppar avger vätgas vid 70 °C också om den inte exponeras för vatten samt att vätgasutvecklingen inte observeras om provet först värms till omkring 400 °C under några timmar, d v s vätgasen härrör i dessa fall inte från en korrosionsprocess.

MKG kommenterar i detta avsnitt också valet av stålqualität i experimenten vid Uppsala Universitet och menar att SKB borde ge Uppsalagruppen i uppdrag att bygga en ny utrustning med ett annat stålmaterial. Uppsalagruppen är väl medveten om vikten av

---

<sup>1</sup> MKG anger att minst fem evakueringar bör genomföras. Det är oklart för SKB vad MKG grundar detta på. Antalet är detsamma som KTH-forskarna i den numera nedlagda referensgruppen för kopparkorrosion framförde som ett behövligt antal för den typ av experiment som görs vid KTH och Uppsala. Förmodligen avsåg KTH-forskarna att den då evakuerade mängden vätgas skulle motsvara en tillräcklig mängd oxiderad koppar för att den skulle vara mätbar, och förutsatte då att vätgasen härrör från kopparkorrosion. Om ett analogt resonemang ska tillämpas på Micans experiment skulle det dock behövas ungefär 4 gånger så många evakueringar för att uppnå samma effekt eftersom kopparytan per volymenhet vätgas är cirka 4 gånger större hos Micans (140 cm<sup>2</sup> koppar och 60 cm<sup>3</sup> vätgasvolym vid KTH, 45 cm<sup>2</sup> koppar och 5 cm<sup>3</sup> vätgasvolym hos Micans). Detta förefaller inte vara invänt i MKG:s analys.

adekvata materialval och motiverar också sitt val av stålqualität med vetenskapliga och tekniska referenser, se avsnitt 2.1.2 i SKBdoc 1470267. Där motiveras materialvalet och där anges också förväntade urgasningshastigheter, båda med stöd i litteraturreferenser. Bakgrunden av vätgas i Uppsalas tidigare experiment var ungefär  $1,1 \cdot 10^{-4}$  Torr/h vid  $50\text{ }^\circ\text{C}$ , se Tabell 5-1 i Boman et al. (2013), d v s omkring  $1,5 \cdot 10^{-4}$  mbar/h vid  $50\text{ }^\circ\text{C}$ . Detta kan också läsas ut av t ex Figur 5-2 i Boman et al. (2013). Vätgasutvecklingen i KTH:s experiment är ungefär  $4 \cdot 10^{-4}$  mbar/h vid  $52\text{ }^\circ\text{C}$  (Hultquist et al. 2013, Table 1). Dessa är alltså av samma storleksordning och skiljer sig således inte med en faktor 100 som MKG hävdar. (SKB utgår här från att MKG menar att det KTH-forskarna uppmätt är ”den förväntade vätgasutvecklingen vid en korrosionsprocess”.) MKG nämner också Studsviks resultat, och SKB påminner här dels om att SKB har framfört invändningar mot hur bakgrundsmätningen i Studsviks experiment genomfördes, dels om att den låga bakgrunden inte kunde reproduceras då Studsvik på SKB:s uppdrag försökte göra detta, se vidare SKB:s lägesrapport om kopparkorrosion i september 2014 (SKBdoc 1448824).

I de senaste experimenten hos Uppsala är bakgrunden i Main 3 ungefär  $3 \cdot 10^{-5}$  mbar/h vid  $50\text{ }^\circ\text{C}$  (omräkning av data i Table 3-2 i SKBdoc 1470267), d v s ungefär en storleksordning lägre än vätgassignalen i KTH:s experiment, inte 10 gånger högre som MKG påstår. Detta betyder att den signal Hultquist et al. (2011) registrerar ( $4 \cdot 10^{-4}$  mbar/h vid  $52\text{ }^\circ\text{C}$ ) med god marginal skulle vara detekterbar i Uppsalas experiment, vilket också påpekas i SKB:s samlade redovisning (SKBdoc 1473304). SKB ser därför ingen anledning att göra ytterligare ansträngningar för att nedbringa bakgrunden i Uppsalas experiment. I sammanhanget noteras också att Uppsala uppmätt bakgrunden omsorgsfullt så att denna ska kunna subtraheras från den signal som registreras med koppar i vatten. Någon motsvarande mätning från KTH:s långtidsförsök är inte rapporterad i Hultquist et al. (2009, 2011, 2013).

MKG benämner Uppsalagruppens resultat som ”helt värdelösa”. SKB finner med hänvisning till ovanstående två textstycken detta vara utan grund och baserat på en undermålig analys av de presenterade resultaten.

### ***Kommentarer till MKG:s avsnitt ”3. Samlad redovisning av all information avseende kopparkorrosion i syrgasfritt rent vatten”***

MKG skriver ”Under punkt 2.3 visar bolaget att vatten kan spjälkas mot en kopparyta men att kunskapsläget inte är klargjort för om reaktionen kan fortsätta på djupet.” Det är obegripligt för SKB vad detta påstående grundas på. Ingenstans i avsnitt 2.3 påstås något liknande. Hela avsnittet handlar om omfattningen av ytreaktioner och både experimentella och teoretiska resultat visar att det handlar om mindre än ett monolager.

Angående det MKG säger om motstridiga experimentella resultat vill SKB upprepa slutsatsen i kompletteringen, nämligen att om experimenten görs under tillräckligt välkontrollerade och renodlade förhållanden iakttas ingen vätgasutveckling från koppar i syrgasfritt vatten. Inriktningen i de försök hos Micans och Uppsala universitet som drivits på uppdrag av SKB har varit att renodla de experimentella betingelserna i tillräcklig utsträckning för att kunna dra väl underbyggda slutsatser kring koppars korrosion i rent, syrgasfritt vatten. Som också sägs i kompletteringen kan inte SKB ta ansvar för att reda ut alla aspekter av andra aktörers experiment, t ex de vid KTH och Studsvik. Resultaten av dessa har dock studerats noga och diverse synpunkter framförts i SKB:s samlade redovisning (SKBdoc 1473304).

Se också SKB:s kommentarer till Micans avsnitt ”B. Vad kan göras för att nå klarhet i frågan om kopparkorrosion kan ske i syrgasfritt vatten?” nedan.

#### ***Kommentarer till MKG:s avsnitt ”4. Materialfrågor”***

Denna fråga i kompletteringen rör i huvudsak innehållet av väte i koppar. SKB vill framföra att den primära frågan vad gäller koppars beständighet gäller huruvida någon korrosionsprocess över huvud taget äger rum i en omfattning som överskrider den som förutsägs av termodynamiska data, medan eventuell transport och inlagring av väte i koppar är en sekundär fråga i detta sammanhang. Eftersom vätgasutveckling i renodlade försök bara iaktas från kapselkoppar och att detta sker oavsett om kopparn exponeras för vatten eller inte, menar SKB att slutsatser om kopparkorrosion kan dras utan att vätet transport och inlagring i koppar är helt utredd. Som framgår av SKB:s lägesrapport om kopparkorrosion i september 2014 (SKBdoc 1448824) fortsätter SKB utredningar om väte i koppar, bland annat för att detta har betydelse för koppars materialegenskaper.

#### ***Kommentarer till MKG:s avsnitt ”5. Underlagsrapport från Microbial Analytics AB”***

MKG citerar här en formulering i Micans rapport som beskriver vilken roll Micans haft i genomförandet av försöken. Den citerade formuleringen speglar det faktum att SKB anlitat Micans för deras kompetens inom metodutveckling och mätteknik. Däremot besitter inte Micans expertkunskap inom till exempel korrosion och är därför inte anlitate för detaljerad tolkning av experimenten. MKG efterlyser också att forskningsledaren vid Micans, Karsten Pedersen, av SKB ska ges fria händer att delta i den vetenskapliga diskussionen kring Micans resultat. SKB vill tydliggöra att Karsten Pedersen aldrig varit förhindrad att delta i en sådan diskussion, varken inom de områden där Pedersen och Micans är specialister eller inom andra områden.

#### ***Kommentarer till MKG:s avsnitt ”6. Resultat från Studsvik Nuclear AB”***

MKG anser här att SKB bör gå längre i att utreda oförklarade fenomen i Studsviks experiment. Som framgår av kompletteringen ser inte SKB detta som prioriterat, bland annat eftersom liknande experiment under mer renodlade betingelser görs vid Uppsala universitet.

#### ***Kommentarer till MKG:s avsnitt ”7. Andra teoretiska och experimentella studier”***

SKB förstår inte MKG:s hänvisning till sitt eget avsnitt ”Allmänna synpunkter på kompletteringen” och påståendet om att SKB inte använt resultaten av andra teoretiska och experimentella studier för att föra kunskapen framåt. I SKB:s samlade redovisning (SKBdoc 1473304) beskrivs i avsnitten 2.2 och 2.3 samt under rubriken ”Övrigt” i avsnitt 2.4.3 just hur dessa resultat kommer in i SKB:s bedömning. SKB har därför inga vidare kommentarer kring detta.

#### ***Kommentarer till MKG:s avsnitt ”A. Frågeställningar rörande försöken utförda av Micans”***

Punkten 1 om evakueringar är kommenterad tidigare i detta brev.

I punkten 2 efterlyser MKG försök med ”snabbt slipad” koppar för att detta skulle ge samma försöksbetingelser som vid KTH-experimenten. Detta är inte korrekt. Som

påpekats ovan använde Hultquist et al. (2009, 2011, 2013) helt obehandlad koppar och dessa författare menar också att huruvida kopparn är slipad eller inte är utan betydelse för utfallet av experimentet, se citat ovan. Då Micans använde obehandlad koppar, av samma renhetsgrad från samma leverantör observerades ingen vätgasutveckling. Slipad koppar har för övrigt använts i flera av experimenten hos Micans.

I punkten 3 diskuteras effekter av den syrabehandling som Micans använder. MKG hävdar att detta skulle kunna orsaka väteinlagring i kopparn, men tycks i brevet daterat 2015-03-30 mena att så nog inte är fallet. MKG:s påstående att syrabehandlingen hos Micans pågår i två dygn är dessutom felaktigt. Behandlingen pågår i cirka 10 minuter, se punkten 7 i avsnitt 3.2 i Bengtsson et al. (2013).

SKB förstår inte vad MKG vill ha sagt i punkten 4. Det finns inget som tyder på att Uppsalabelandningen av kopparn ger ett passivt skikt, vilket stöds av XPS-mätningarna Uppsalagruppen redovisar i såväl Boman et al. (2013) som SKBdoc 1470267, det är oklart varför MKG menar att kopparn under det påstådda ytskiktet skulle ha ett underskott av väte, och det är oklart varför detta skulle leda till en kraftig initial vätgasutveckling. MKG:s spekulation om att försöket med den repade kopparn skulle ha avbrutits för att det vid den första evakueringen skulle ha kommit in syre i försöket saknar grund, vilket ju också framgår av MKG:s vidare konstaterande att den detaljerade redovisningen i tabell 7.20.4 visar att syre inte läckt in i det evakuerade röret.

I punkten 5 diskuterar MKG de syrgasmätningar som gjorts hos Micans. Som MKG konstaterar är det viktigt att syrgas inte läcker in i försöken. Dock är det inte förvånande att höga vätgashalter kan uppmätas samtidigt som syrgas läcker in. Vätgasen har ju ansamlats under lång tid, medan en hög syrgashalt tyder på inläckage vid själva provtagningen. Detta är de enda tillfällena då rören inte befinner sig i inert miljö, och också de enda tillfällena då korkarna penetreras med injektionsnål. Micans erfarenheter och tolkningar av syremätningarna diskuteras i Bengtsson et al. (2013, avsnitt 2.2.2).

I punkten 6 efterlyser MKG en tydligare beskrivning av bakgrunden i Micans försök. SKB instämmer i princip i att detta vore önskvärt, men konstaterar också att alla relevanta slutsatser från Micans försök kan dras trots att den låga bakgrunden inte är helt förklarad.

I punkten 7 tar MKG upp vätgasutvecklingen i försöket där koppar lagts i rör utan vatten och anser att detta behöver utredas vidare. Som framförts tidigare i detta brev menar SKB att den uppenbara förklaringen är att väte gasas ut ur kopparn vid 70 °C, om än i en kanske 10 000 gånger lägre takt än vad som sker vid de 400 °C där urgasningsförsök gjorts hos Uppsala. Detta stöds ju också av det faktum att kapselkopparn inte avger vätgas vid vattenexponering efter att den urgasats vid 400 °C. SKB menar att den uppenbara slutsatsen av detta är att vätgasen från kapselkopparn kommer från urgasning av metallen, oavsett om kopparn exponeras för vatten eller inte, och att fenomenet alltså inte är relaterat till någon korrosionsprocess.

***Kommentarer till MKG:s avsnitt "B. Vad kan göras för att nå klarhet i frågan om kopparkorrosion kan ske i syrgasfritt vatten?"***

MKG föreslår här att Micans ska genomföra "en experimentserie med vanlig slipad koppar (ground copper) i vatten med upprepade evakueringar, säg minst 5 gånger med gasbyte var tredje vecka." Detta menar man skulle avgöra frågan om kopparkorrosion i rent,

syrgasfritt vatten. MKG tycks återigen inte ha noterat att Hultquist (2009, 2011, 2013) använde oslipad koppar. Inte heller tycks man väga in att diamant- och SiC-repad koppar inte ger mer än initiala vätgasutvecklingar i Micans experiment. Det är oklart för SKB varför MKG menar att det föreslagna försöket skulle avgöra frågan. Vidare är, enligt SKB:s förståelse, den föreslagna LECO-metoden för att mäta vätehalt i koppar före och efter försöket, för grov för att ge tillförlitliga resultat. Se också SKB:s kommentar om det av MKG föreslagna antalet evakueringar i fotnot ovan.

Det MKG framför om Uppsalaförsöket har kommenterats tidigare i detta brev.

### ***SKB:s avslutande kommentarer***

SKB vill avslutningsvis påpeka att MKG förbigår centrala experimentella resultat som talar emot KTH-forskarnas påståenden om kopparkorrosion i rent, syrgasfritt vatten. Hit hör:

- Avsaknaden av vätgasutveckling över bakgrund i Micans vattenexponering av samma kopparkvalitet som användes i KTH-försöken, oavsett ytbehandling eller uppvärmning.
- Avsaknaden av vätgasutveckling över bakgrund i Uppsalas vattenexponering av såväl orepad som diamantrepad, ultraren koppar.
- Vätgasutveckling i Micans försök med kapselkoppar i torr vätgasatmosfär.

Såväl Micans som Uppsalas försök har drivits till att göras under så renodlade och välkontrollerade former som möjligt medan KTH:s försök inte är syrgasfritt initialt, inte har en ren kopparyta initialt och saknar redovisning av bakgrundsnivåer av vätgas. I enlighet med vetenskaplig metodik menar SKB att det är rimligt att fästa störst vikt vid resultat som erhållits i försök med de mest adekvata experimentella betingelserna.

Med vänlig hälsning

**Svensk Kärnbränslehantering AB**  
Avdelning Kärnbränsle

Helene Åhsberg  
Projektledare Tillståndsprövning



## Referenser

**Bengtsson A, Chukharkina A, Eriksson L, Hallbeck B, Hallbeck L, Johansson J, Johansson L, Pedersen K, 2013.** Development of a method for the study of H<sub>2</sub> gas emission in sealed compartments containing canister copper immersed in O<sub>2</sub>-free water. SKB TR-13-13, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Boman M, Ottosson M, Berger R, Andersson Y, Hahlin M, Björefors F, Gustafsson T, 2013.** Koppars korrosion i ultrarent vatten. SKB R-13-31, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Hultquist G, 2015.** Why copper may be able to corrode in pure water. Corrosion Science 93, 327–329.

**Hultquist G, Szakálos P, Graham M J, Belonoshko A B, Sproule G I, Gråsjö L, Dorogokupets P, Danilov B, Aastrup T, Wikmark G, Chuah G-K, Eriksson J-C, Rosengren A, 2009.** Water corrodes copper. Catalysis Letters 132, 311–316.

**Hultquist G, Graham M J, Szakálos P, Sproule G I, Rosengren A, Gråsjö L, 2011.** Hydrogen gas production during corrosion of copper by water. Corrosion Science 53, 310–319.

**Hultquist G, Graham M J, Kodra O, Moisa S, Liu R, Bexell U, Smialek J L, 2013.** Corrosion of copper in distilled water without molecular oxygen and the detection of produced hydrogen. Report 2013:07, Strålsäkerhetsmyndigheten.

**Johansson J, Blom A, Chukharkina A, Pedersen K, 2015.** Study of H<sub>2</sub> gas emission in sealed compartments containing copper immersed in O<sub>2</sub>-free water. SKB TR-15-03, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Svoboda R, Sandmann H, Seipp G H, Liehr C, 1996.** Water chemistry in generator water cooling systems. International VGB/EPRI-Conference on Interaction of Non-Iron Based Materials with Water and Steam, Piacenza, Italy, June 1996. TR-108236, EPRI, Palo Alto, CA.

## *Opublicerade dokument*

**SKBdoc 1448587 ver 1.0.** Steady state pressures in vials sealed with butyl rubber stoppers. Svensk Kärnbränslehantering AB.

**SKBdoc 1448824 ver 1.0.** Lägesrapport om kopparkorrosion i syrgasfritt vatten, september 2014. Svensk Kärnbränslehantering AB.

**SKBdoc 1470267 ver 1.0.** Copper in ultrapure water. Svensk Kärnbränslehantering AB.

**SKBdoc 1473304 ver 1.0.** Samlad redovisning om kopparkorrosion i syrgasfritt vatten. Svensk Kärnbränslehantering AB.

**SKBdoc 1479231 ver 1.0.** SKB:s respons på MKG:s brev till SSM daterat 2015-02-26 angående den av SSM genomförda kvalitetsgranskningen av SKB:s kopparkorrosionsexperiment. Svensk Kärnbränslehantering AB.