

Till: Strålsäkerhetsmyndigheten  
171 16 Stockholm  
registrator@ssm.se

## **MKG:s synpunkter på SKB:s samlade redovisning 2015-03-16 om kunskapsläget rörande kopparkorrosion i syrgasfritt vatten**

Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM, har i en skrivelse 2014-10-29 till kraftindustrins kärnavfallsbolag SKB, begärt en komplettering av ansökan om slutförvaring av använt kärnbränsle för att få en samlad redovisning av kopparkorrosion i syrgasfritt vatten och förtydligande av de forskningsresultat som bolaget skickade till myndigheten i sin lägesrapport 2014-09-30<sup>1</sup>.

Myndigheten begärde in information rörande fem punkter:

1. Samlad redovisning av all information avseende kopparkorrosion i syrgasfritt rent vatten
2. Materialfrågor
3. Underlagsrapport från Microbial Analytics AB
4. Resultat från Studsvik Nuclear AB
5. Andra teoretiska och experimentella studier

Ett viktigt skäl till att SSM ville ha en ny samlad redovisning var att kärnavfallsbolaget i sina redovisningar haft med forskningsresultat som var motstridiga.

Kärnavfallsbolaget SKB skickade in den begärda kompletteringen till SSM 2015-03-16<sup>2</sup>. Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning, MKG, har

---

<sup>1</sup> <http://www.mkg.se/ssm-ar-inte-nojda-med-skbs-komplettering-om-kopparkorrosion> .

<sup>2</sup> <http://www.mkg.se/skb-lamnar-in-en-samlad-redovisning-av-kopparkorrosion-i-syrgasfritt-vatten-till-ssm> .

granskat kärnavfallsbolagets komplettering och vill framföra nedanstående synpunkter på denna.

## 1. Inledning

Frågan om koppar kan korrodera i rent syrgasfritt vatten genom att vattnet kan reagera med kopparytan har varit en vetenskaplig kontrovers sedan mitten av 1980-talet. Den absolut viktigaste tillämpningen som skulle kunna påverkas om så är fallet är slutförvaring av använt kärnbränsle i kopparkapslar<sup>3</sup>. I den slutförvaringsmetod som kärnavfallsbolaget SKB ansökt om att få genomföra vid Forsmarks kärnkraftverk ska kopparkapslar innehållande använt kärnbränsle deponeras i en slutförvaringsmiljö där den syrgas som initialt följer med vid deponeringen förbrukas av bakterier och kemiska processer inom några månader.

Om vatten inte kan angripa koppar i avsaknad av syrgas skulle koppar kunna vara ett lämpligt inkapslingsmaterial om andra korrosionsprocesser, t.ex. korrosion från sulfider, kan begränsas. I KBS-metoden ska en sådan begränsning ske genom att en bentonitbuffert omsluter kopparkapseln. Bentonitbufferten skyddar inte direkt vid deponeringen, utan först när den absorberat vatten och svällt och därmed blivit svårgenomtränglig för ämnen som kan hota kopparytan. I Forsmark kommer det att ta kring 1 000 år innan lerbufferten har svällt i de flesta deponeringshål.

Om däremot vatten kan angripa kopparytan när syrgasen snabbt är förbrukad kan detta innebära att kopparkapseln förstörs med en betydligt högre, och för den långsiktiga säkerheten oacceptabel, hastighet. Det är därför det är så viktigt att utreda om processen finns.

Kraftindustrins kärnavfallsbolag SKB har sedan början av 1980-talet sagt att det är termodynamiskt, dvs. enligt grundläggande teoretiska teorier och modeller, omöjligt för koppar att korrodera i syrgasfritt vatten. MKG konstaterar att det faktum att bolaget sedan dess varit helt beroende av att detta påstående är sant inte gynnat den vetenskapliga utredningen om så är fallet. Att dessutom den juridiska ansvarsfördelning som gäller för forskning om slutförvarsfrågor i Sverige endast lägger ansvaret på kärnavfallsbolaget att utreda denna fråga har inte heller gynnat kunskapsutvecklingen inom området.

---

<sup>3</sup> En annan tillämpning där kopparkorrosion i syrgasfritt vatten spelar roll har uppmärksammats. Vissa större elgeneratorer och accelerators kyls med vatten som cirkulerar i kopparkomponenter som används för att avleda värme. Det har då uppmärksammats att kylvattenledningarna kan sättas igen av kopparkorrosionsprodukter. Det hjälper då inte att se till att det inte finns någon syrgas i vattnet eftersom korrosionen då blir värre än med syrgas i vattnet, ett starkt indicium för att koppar korroderar i syrgasfritt vatten. Detta problem har helt pragmatiskt lösts så att man ser till att det finns en optimerad halt syrgas i vattnet för att problemet ska bli så litet som möjligt.

Ett allvarligt problem för kärnavfallsbolaget har varit att det funnits så mycket som stött antagandet att bolaget inte har haft rätt i frågan om vatten kan angripa koppar i en syrgasfri miljö. Både i kopparkorrosionsförsök som genomförts i laboratorium och de försök där koppar funnits med i Äspö-laboratoriet har det oftast visat sig att koppar korroderar "oväntat" snabbt. Förklaringen som lämnas i olika egna SKB-rapporter är att det kommit in syre i försöken på olika sätt<sup>4</sup>. I de försök som faktiskt visar på relativt låga korrosionshastigheter har antingen kopparytan skyddats från vattnet eller så har försöken varit så tillslutna så att den vätgas som ska bildas om vattnet angriper kopparytan inte har kunnat försvinna och att processen därmed avstannat.

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. Bolagets intresse för att undersöka detta förhållande har varit högst begränsat och det är anmärkningsvärt hur lite forskning som bolaget på eget initiativ bedrivit för att undersöka hur koppar beter sig i en syrgasfri slutförvarsmiljö

MKG har följt denna frågeställning sedan den åter blev aktuell 2007 med den vetenskapliga publiceringen av nya försök utförda vid KTH som följde upp de försök som gjordes i mitten av 1980-talet. Sedan dess har kärnavfallsbolaget SKB tvingats att genomföra utredningar och försök som entydigt skulle visa att syrgasfritt vatten inte angriper. Den aktuella samlade redovisningen är den sammanställning som bolaget visar upp av sina ansträngningar.

MKG måste påpeka att det finns omfattande vetenskapliga försök utförda av forskare vid KTH och publicerade i vetenskapliga artiklar under många års tid som visar att koppar korroderar i syrgasfritt vatten. Försöken är utförda av forskare som genom åren utvecklat försöksmetoder och eliminerat felkällor i dessa. Det är dessa resultat som måste vara utgångspunkten för en beskrivning av kunskapsläget vad gäller kopparkorrosion i syrgasfritt vatten.

MKG är väl medveten om svårigheterna att utföra försök som undersöker om vatten angriper koppar i frånvaron av syrgas. Det finns många felkällor som kan göra försöksresultaten oanvändbara. Bland de viktigaste är:

---

<sup>4</sup> MKG har i ett e-postmeddelande till SSM 2015-02-26 lämnat synpunkter på myndighetens pågående granskning av kvalitetssäkringen av kärnavfallsbolaget SKB:s kopparkorrosionsförsök (Dnr SSM 2015-1309). En viktig synpunkt som lämnas är att kärnavfallsbolaget inte erkänner att syrgas förbrukas på några månader när försökspaket deponeras i Äspölaboratoriet och att den ofta "oväntat" höga kopparkorrosionshastigheter som påträffas i olika försökspaket inte kan förklaras med att korrosionen orsakats av syrgas.

- Om det finns syrgas i försöket så förekommer det inte någon mätbar syrgasfri kopparkorrosion<sup>5</sup>.
- Om det tillförs väte från försöksutrustningen i för stora mängder förhindrar detta syrgasfri kopparkorrosion och/eller omöjliggör/försvårar mätningen av vätgas från en sådan reaktion.
- Om ytan på kopparbiten som ska undersökas har en beläggning, så kan denna under en kortare eller längre tid förhindra syrgasfri kopparkorrosion, särskilt om kopparbiten är stor i relation till det omgivande vattnet. Beläggningen kan ha skapats genom en behandling av kopparytan eller kan vara en naturlig passivfilm av kopparoxid.
- Om det har skett en ytbehandling innan försöket som fört in vätgas i kopparytan, kan det ske initial urgasning av yt-väte. Om ytbehandlingen har skapt en yta som om den repas exponerar koppar som har ett stort underskott av väte, kan det initialt komma vätgas i relativt stora mängder från ytreaktioner med vattenmolekyler. Däremot kan det inte vid aktuella försökstemperaturer komma ut vätgas från kopparbitens inre.

Att det är svårt att hålla reda på dessa felkällor visas tydligt i den komplettering som kärnavfallsbolaget SKB nu lämnat in.

MKG anser det särskilt viktigt att påpeka att även om det vid höga temperaturer går att driva ut vätgas ur kopparbitens inre, så sker det inte något sådant utflöde av väte ur koppar vid de temperaturer som är aktuella i de försök som utförts vid KTH, Studsvik, Uppsala universitet eller hos Micans. Kinetiskt är det omöjligt för väte att spontant läcka ut ur koppar vid låga temperaturer. För normal icke väteladdad koppar måste man värma upp den till ca 250C för att väte skall börja drivas ut ur bulkmetallen. Det finns inget vetenskapligt stöd för, varken teoretiskt eller experimentellt, för kärnavfallsbolaget SKB:s förklaringsmodell att vätgas erhålls genom ett långsamt och långsiktigt läckage från kopparn när denna exponeras för syrgasfritt vatten.

## 2. Allmänna synpunkter på kompletteringen

Redan i samband med den lägesrapport om kopparkorrosion i syrgasfritt vatten som kärnavfallsbolaget SKB redovisade till SSM 2015-09-30, gick bolaget ut stort och publikt med att det nu var klargjort att det inte kunde

---

<sup>5</sup> Denna formulering är avsiktligt vald eftersom det inte går att utesluta att syreatomer i vatten reagerar med kopparytan även i närvaro av syrgas. Om det är fallet skulle vätgasatomer från det vatten som reagerat med kopparytan rekombinera med syreatomer från syrgasen och det skulle inte gå att skilja processen från om det endast var syrgas som reagerade. Endast genom att isotopmärka syrgasatomen i syrgasen (O-18 i stället för O-16) och sedan undersöka vilka syrgasisotoper som finns i korrosionsprodukten skulle man kunna märka att vattnet hade reagerat. Ett sådant försök, fast vid högre temperaturer har utförts av Gunnar Hultquist med flera vid KTH och visar då att syreatomer från vattenmolekyler finns i korrosionsprodukten (Hultquist et al. 1994: "The Analysis Of Gas Consumption in the Reaction of Fe and Cu in H<sub>2</sub><sup>16</sup>O/H<sub>2</sub><sup>18</sup>O/O<sub>2</sub> Gas Mixtures", *Corrosion Science*, Vol. 36, No. 9, pp. 1459-14719.

finnas någon kopparkorrosion i syrgasfritt vatten. MKG analyserade denna lägesrapport och fann att den slutsatsen var förtida<sup>6</sup>. Det ansåg även SSM som begärde den aktuella samlade redovisningen.

I pressmeddelandet som kärnavfallsbolaget skickade ut i anslutning till att den nya kompletteringen till SSM inlämnats anger bolaget att ”den vätgasutveckling som konstaterats i vissa försök främst kommer från väte som fanns i kopparn från början samt från själva utrustningen som använts i experimenten”<sup>7</sup>. Om koppar korroderar i syrgasfritt vatten så beror det på att vattenmolekylen kan angripa kopparytan så att syreatomen i vattnet, och eventuellt en viss andel av vätgasatomerna, blir korrosionsprodukt. Men också att vätgas frigörs. På så sätt skulle vätgas som frigörs kunna betyda att det pågår en reaktion mellan vatten och koppar. De forskare vid KTH som anser att koppar korroderar i syrgasfritt vatten anger som bevis att de kan mäta vätgas som avges från koppar i syrgasfritt vatten under lång tid. De menar att korrosionsprocessen pågår så länge vätgasen kan avlägsnas från kopparytan.

Kärnavfallsbolaget SKB anser det nu tvärtom klargjort att sådan uppmätt vätgas antingen kommer från kopparmetallen eller från försöksutrustningen. Tidigare har kärnavfallsbolaget hävdats att vätgas även kan komma från vattnets reaktion med föroreningar på kopparytan, men denna förklaring verkar bolaget ha övergett i den senaste kompletteringen.

Som angetts i inledningen var ett viktigt skäl till att SSM ville ha en ny samlad redovisning var att kärnavfallsbolaget i sina redovisningar haft med forskningsresultat som är motstridiga. Detta har kärnavfallsbolaget misslyckats med eftersom det nya underlaget innehåller minst lika mycket motstridiga och oförklarliga resultat som tidigare redovisningar.

För MKG har det varit uppenbart att ett av de enklaste sätten att klarlägga om kopparkorrosion sker i syrgasfritt vatten är att i de försök som görs av Karsten Pedersen m.fl. vid Mican i Mölnlycke evakuera gasfasen upprepade gånger, inte bara en eller två gånger utan minst fem gånger. Detta för att se om den vätgasutveckling som uppmäts, som kan vara ett tecken på korrosion, fortsätter med tiden. Eftersom det i Mican-försöken är fråga om små volymer i mätutrustningen är dessa försök känsliga för störningar i början av försöken. Bara genom att genomföra upprepade evakueringar av vätgas kan det klargöras om ett ”steady-state”-förhållande med vätgasutveckling inträder.

Trots att det påpekats för kärnavfallsbolaget hur viktigt det är med upprepade evakueringar i Mican-försöken så har detta inte gjorts. Det redovisas nya försök i denna komplettering men av dessa har endast någon

---

<sup>6</sup> <http://www.mkg.se/mkg-skbs-slutsats-om-syrgasfri-kopparkorrosion-ar-fortida> .

<sup>7</sup> [http://www.skb.se/templates/PressRoom/Templates/PressRelease\\_44138.aspx](http://www.skb.se/templates/PressRoom/Templates/PressRelease_44138.aspx) .

evakuering gjorts i några försök<sup>8</sup>. MKG anser det anmärkningsvärt att kärnavfallsbolaget SKB inte har tagit till sig vikten av att utföra upprepade evakueringar i Mican-försöken trots att detta var av stor vikt för klargörande av korrosionsproblematiken.

MKG vill också påpeka att beträffande det arbete som genomförts vid Ångström-laboratoriet, har det nu för första gången i en rapport redovisats hur hög den vätgasbakgrund är som kommer ifrån det felaktigt valda stålet i experimentutrustningarna<sup>9</sup>. Alla försök som genomförts med den ursprungliga utrustningen hade en vätgasbakgrund som överstiger den förväntade vätgasutvecklingen vid en kopparkorrosionsprocess i syrgasfritt vatten med 100 gånger. Det gör att alla resultat som då erhöles kan anses vara helt värdelösa, inklusive de försök som gjorts med stålbägare med palladiummembran där vätgasavgivning inte mäts. Ångströmlaboratoriet redovisar nu nya resultat efter att vätgasbakgrunden reducerats ner till att bara vara 10 gånger den förväntade vätgasutvecklingen vid en kopparkorrosionsprocess i syrgasfritt vatten. Resultaten pekar åt olika håll och är lika värdelösa som tidigare resultat. MKG menar att det skulle vara väl investerade pengar att låta forskarna vid Ångströmlaboratoriet, som nu har lärt sig mycket om hur noggrant försök för att studera kopparkorrosion i syrefritt vatten måste utföras, få bygga ny apparatur i stål som inte har en hög vätgasbakgrund. Erfarenhet av vilket material som ska väljas finns hos KTH-forskarna men även hos forskarna vid Studsviklaboratoriet som tidigare genomfört liknande experiment åt SSM och lyckades med detta.

MKG går i avsnitt 3-7 nedan igenom de kompletteringspunkter 1-5 som SSM hade med i sin begäran om komplettering 2014-10-29.

I bilaga 1 redovisar MKG separat i avsnitt A frågeställningar som rör rapporten från Micams, vilka SSM bör ta upp med Karsten Pedersen, forskningsledaren, för att få mer information som skulle kunna klargöra hur resultaten från olika försök kan tolkas. I avsnitt B i bilagan framför MKG synpunkter på vad som kärnavfallsbolaget och SSM kan göra för att slutgiltigt avgöra frågan om kopparkorrosion kan ske i syrgasfritt vatten.

---

<sup>8</sup> Se tabell 3-2 i bilaga 3 i kompletteringen: Johansson, J., Blom A., Chukharkina A. & Pedersen K.; Study of H<sub>2</sub> gas emission in sealed compartments containing copper immersed in O<sub>2</sub>-free water. Microbial Analytics AB. Manus till SKB TR-15-03, version 4, 2015-03-06.

<sup>9</sup> Se referensen till bilaga 1 i kompletteringen: Ottosson M., Boman M., Berastegui P., Andersson Y., Hahlin M., Korvela M. & Berger R.: 2015, Copper in ultrapure water. Department of Chemistry – Ångström Laboratory, Uppsala University.

### 3. Samlad redovisning av all information avseende kopparkorrosion i syrgasfritt rent vatten

Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM, begärde i punkt 1 i sin begäran om komplettering 2014-10-29 att kärnavfallsbolaget ska komplettera med följande:

*”För att möjliggöra en heltäckande granskning önskar SSM att SKB gör en samlad redovisning inklusive slutsatser av all information avseende kopparkorrosion i syrgasfritt rent vatten med en utförlig redovisning av kunskapsläget och vilken betydelsekorrosionsmekanismen kan ha för slutförvarets långsiktiga säkerhet.*

*I redovisningen bör ingå vilka osäkerheter som finns i såväl den mekanistiska förståelsen som i ingående data och hur dessa osäkerheter tas om hand i säkerhetsanalysen för slutförvaret.”*

Den nya sammanfattande redovisningen är mer omfattande än tidigare redovisningar. Redovisningen sammanfattar på ett tydligt sätt kärnavfallsbolaget SKB:s försök att tolka de teoretiska och experimentella resultat som bolaget vill redovisa. Kärnavfallsbolaget tolkar ensidigt resultaten som att de stödjer bolagets syn att det inte finns något teoretiskt eller experimentellt stöd för att koppar korroderar i syrgasfritt vatten.

Kärnavfallsbolaget presenterar i kompletteringen sina slutsatser på följande sätt:

*”I sammanfattning ser SKB inget vetenskapligt stöd för att det skulle finnas en korrosionsprocess för koppar i syrgasfritt vatten, som fortgår i en omfattning som överskrider den som förutsägs av termodynamiska data. Denna ringa omfattning är utan betydelse för den långsiktiga funktionen hos kopparkapslar i ett KBS-3-förvar för använt kärnbränsle. Slutsatsen grundas på följande:*

- Ingen tidigare okänd kopparförening som skulle kunna kullkasta slutsatsen i det termodynamiska resonemanget har identifierats trots omfattande både teoretiska och experimentella undersökningar.*
- Flera korrosionsexperiment med koppar i rent, syrgasfritt vatten ger som förväntat ingen mätbar korrosion. I andra har observerade effekter kunnat förklaras som artefakter eller som processer som inte är relaterade till korrosion.*

*Några experimentella resultat är inte helt förklarade, och i flera fall saknas där full kännedom om de experimentella betingelserna. Även om dessa pessimistiskt tolkas som korrosion är omfattningen så liten att slutförvarets säkerhet efter förslutning inte hotas.”*

MKG menar att den första av de två punkterna inte är relevant för den teoretiska bedömningen av om koppar kan korrodera i syrgasfritt vatten.

Kärnavfallsbolaget SKB redovisar i sin komplettering under punkt 2.2 att det finns en kopparoxidförening, om än icke stabil i ren form, som skulle kunna vara ett mellansteg i en kopparkorrosionsprocess i syrgasfritt vatten med avgivning av väte. 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. Med detta som grund skulle kärnavfallsbolaget lika gärna kunna säga att det finns ett teoretiskt stöd för att koppar kan korrodera i syrgasfritt vatten. I stället undviker kärnavfallsbolaget att ta till sig resultaten av de egna studierna och upprepar envist det som bolaget bestämde sig för i början av 1980-talet, d.v.s. att koppar teoretiskt inte kan reagera med syrgasfritt vatten.

MKG menar att det som kärnavfallsbolaget SKB säger i sin andra punkt är en kraftig förenkling av de resultat som redovisas kompletteringen. Det som redovisas är fortfarande resultat som är motstridiga. Det är till och med så att kärnavfallsbolaget i sin redovisning inte ens använder resultat som skulle kunna stödja bolagets teser eftersom resultaten verkar oförklarliga. Det som bolaget inleder sista stycket med är i högsta grad fortfarande sant: *"Några experimentella resultat är inte helt förklarade, och i flera fall saknas där full kännedom om de experimentella betingelserna"*. Det finns därför fortfarande inget vetenskapligt stöd för den sista meningen i sammanfattningen: *"Även om dessa pessimistiskt tolkas som korrosion är omfattningen så liten att slutförvarets säkerhet efter förslutning inte hotas"*.

MKG menar att det principiellt är det helt avgörande om koppar bara reagerar med sulfider i slutförvaret eller om koppar även reagerar med vattenmolekyler för då riskerar kopparkapseln att angripas av ett flertal olika kopparkorrosionsprocesser i en så komplex miljö som mikrobiologiskt aktivt grundvatten utgör.

MKG menar att det är anmärkningsvärt att kärnavfallsbolaget ännu inte lyckats att entydigt visa om koppar korroderar i syrgasfritt vatten eller inte. Detta särskilt som det skulle vara möjligt med de försök som genomfördes vid Uppsala universitet och vid Micans i Mölnlycke vars huvudsyfte var att avgöra frågan. För att försök ska kunna ge användbara resultat måste dock utrustningen vid Uppsala universitet byggas om med stål som inte avger vätgas. Förutsättningarna för att genomföra försök vid Micans som entydigt avgör frågan är goda. MKG tar även upp frågan om vad som görs för att få klarhet i frågan om koppar korroderar i syrgasfritt vatten i avsnitt B i bilaga 1.

MKG tar även upp Micans-rapporten i mer detalj i avsnitt A i bilaga 1 där frågeställningar tas upp som SSM bör klargöra genom att ta direktkontakt med Karsten Pedersen, forskningsledaren vid Micans.

**Sammanfattningsvis är det MKG:s bedömning att kärnavfallsbolaget SKB inte uppfyllt SSM:s begäran på komplettering enligt punkt 1.**



#### 4. Materialfrågor

Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM, begärde i punkt 2 i sin begäran om komplettering 2014-10-29 att kärnavfallsbolaget ska komplettera med följande:

*"I den senaste lägesrapporten (SKBdoc 1448824, version 1.0) drar SKB slutsatsen att följande faktorer kan ha betydelse för utveckling av vätgas från ett kopparprov i rent syrgasfritt vatten:*

- *Kopparytans beskaffenhet; såväl renhet som struktur*
- *Väte i kopparmaterialet*
- *Andra föroreningar i kopparmaterialet.*

*Slutligen drar SKB slutsatsen att vätehalterna som har uppmätts i tidigare exponeringar av kapselkoppar härrör nästan enbart från utsläpp från metallen själv och inte som följd av någon korrosionsprocess. För att styrka denna slutsats önskar SSM att SKB ska redogöra vilka halter av väte och andra föroreningar som uppmätts i de olika provmaterialen vid olika steg i Micans försök, inklusive vid mottagandet, efter att olika behandlingsmetoder har tillämpats, innan själva exponeringen samt efter exponeringen."*

MKG anser att dessa frågor är helt avgörande vid bedömningen av korrosion av koppar i syrgasfritt rent vatten och hur denna korrosionsmekanism kan påverka den långsiktiga säkerheten. Det är självfallet av utomordentlig stor vikt att vätehalterna i kopparproverna fastställs före och efter korrosionsförsöken, då detta är en viktig förutsättning för bedömning av kopparkorrosionen, kinetiken för densamma och för att denna mekanism skall kunna särskiljas från andra faktorer som kan ge vätgasbildning.

Vid en genomgång av Micans-rapporten och den särskilda rapport som framtagits vid Ångströmlaboratoriet vid Uppsala universitet med analyser av koppar från Micansförsöken, kan det konstateras att endast ett fåtal prover undersökts vad gäller vätgasinnehåll<sup>10</sup>. Kärnavfallsbolaget har inte på ett systematiskt sätt redogjort för *"vilka halter av väte och andra föroreningar som uppmätts i de olika provmaterialen vid olika steg i Micans försök, inklusive vid mottagandet, efter att olika behandlingsmetoder har tillämpats, innan själva exponeringen samt efter exponeringen"*.

**MKG:s bedömning är att kärnavfallsbolaget inte uppfyllt SSM:s begäran på komplettering enligt punkt 2.**

---

<sup>10</sup> Se referensen till bilaga 1 i kompletteringen: Analyses on copper samples from Micans - Berastegui et al - Department of Chemistry Ångström Uppsala University, 2015-03-13.

## 5. Underlagsrapport från Microbial Analytics AB

Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM, begärde i punkt 3 i sin begäran om komplettering 2014-10-29 att kärnavfallsbolaget ska komplettera med följande:

*”SKB:s forskningsrapport (TR-13-13) som förberetts av Micans anges som referens i den senaste lägesrapporten men den redovisar inte alla Micans data som återges av SKB i lägesrapporten.*

*För att möjliggöra en heltäckande granskning önskar SSM att SKB ska tillhandahålla en underlagsrapport från Micans som innefattar en fullständig redovisning av de resultat, bakgrundsdata och experimentella förutsättningar som sammanfattas i den senaste lägesrapporten. Dessutom önskar SSM att SKB presenterar resultat från vattenanalyser (framförallt förekomst av koppar) före och efter exponering av kopparproverna i Micans korrosionsförsök.”*

Kärnavfallsbolaget SKB har i kompletteringen bifogat som bilaga 3 en rapport där försök som genomförts vid Micans redovisas direkt från bolaget<sup>11</sup>. Detta anser MKG vara bra, men MKG anser att det i rapporten saknas en redovisning av Micans förståelse för vad som händer i de olika försöken. I rapporten anges att:

*”This report is mainly directed towards reporting of the outcome of the experiments presented above. In depth interpretation and evaluation of the results will be reported elsewhere since the competence, relevant to the problem at hand, of the authors of the present report is mainly in the area of method development and measuring technique.”*

Detta är enligt MKG en förenkling. Forskningsledaren vid Micans, Karsten Pedersen, har säkerligen tagit till sig mycket av den kunskap som behövs för att tolka resultaten av försöken och för att skilja ut resultat från felkällor. Problemet är snarare att kärnavfallsbolaget SKB vill ha ett tolkningsföreträdare för resultaten, vilket inte gynnar den vetenskapliga kommunikationen rörande tolkningen av forskningsresultaten. MKG anser att SSM bör ta direkt kontakt med Karsten Pedersen för att diskutera forskningsresultaten och återkommer i avsnitt 8 med frågeställningar som är värda att ta upp. MKG anser dessutom att kärnavfallsbolaget SKB offentligt ska ge Karsten Pedersen fria händer att delta i en vetenskaplig diskussion om resultaten från Micans, oberoende av de kontrakt som kan finnas och som i dagsläget kan begränsa denna möjlighet.

---

<sup>11</sup> Johansson, J., Blom A., Chukharkina A. & Pedersen K.; Study of H<sub>2</sub> gas emission in sealed compartments containing copper immersed in O<sub>2</sub>-free water. Microbial Analytics AB. Manus till SKB TR-15-03, version 4, 2015-03-06.

Kärnavfallsbolaget SKB redovisar några resultat från vattenanalyser från de försök som gjorts av Micans i en referens till kompletteringen framtagen av Ångströmlaboratoriet vid Uppsala universitet<sup>12</sup>.

MKG konstaterar att samtidigt som Micans har genomfört ett stort antal korrosionsförsök redovisas endast kemisk analys av fyra vattenprover och ett referensprov. Det senare utgörs av vatten som exponerats utan kopparsprov i glas behållaren. Resultaten och den använda metodologin är anmärkningsvärda eftersom:

- halterna av kisel, klor, kalcium och några andra element är högre i referensprovet än i något av de 4 försöksproven, vilket innebär att det skett en reaktion mellan glasbehållarna och vattnet och därigenom en kontaminering av den senare.
- inga resultat finns presenterade av den kemiska sammansättningen hos vattnet före korrosionsförsöken.

**MKG:s bedömning är att kärnavfallsbolaget SKB till viss del presenterat de resultat som SSM har efterfrågat i myndighetens begäran på komplettering enligt punkt 3.**

## 6. Resultat från Studsvik Nuclear AB

Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM, begärde i punkt 4 i sin begäran om komplettering 2014-10-29 att kärnavfallsbolaget ska komplettera med följande:

*"SSM önskar en förklaring till varför utfallet från kompletterande försök som nyligen genomförts av Studsvik Nuclear (SKBdoc 1448658) skiljer sig från Studsviks tidigare forskningsresultat (SSM forskningsrapport 2011-34)."*

I kärnavfallsbolaget SKB:s lägesrapport från september 2014 angav bolaget att det inte hade någon förklaring till detta.

Av kärnavfallsbolagets svar i den senaste kompletteringen framgår att bolaget inte har för avsikt att svara på denna fråga.

MKG anser att detta ställningstagande är mycket olyckligt och att det skulle varit värdefullt att få denna frågeställning utredd.

**Sammanfattningsvis är det MKG:s bedömning att kärnavfallsbolaget SKB inte uppfyllt SSM:s begäran på komplettering enligt punkt 4.**

## 7. Andra teoretiska och experimentella studier

Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM, begärde i punkt 5 i sin begäran om komplettering 2014-10-29 att kärnavfallsbolaget ska komplettera med följande:

---

<sup>12</sup> Se referensen till bilaga 1 i kompletteringen: Analyses on copper samples from Micans - Berastegui et al - Department of Chemistry Ångström Uppsala University, 2015-03-13.

*"I den senaste lägesrapporten (SKBdoc 1448824, version 1.0) och i SKB:s lägesrapport från juni 2013 (DocID 1396568), har SKB nämnt andra teoretiska och experimentella studier (se nedan) som planeras eller pågår, men de diskuteras inte i detalj. Detta gäller:*

- teoretiska och experimentella studier för att identifiera hittills okända Cu-O-H föreningar,*
- beräkningar av ytreaktioner hos koppar,*
- elektrokemiska studier av koppar i syrgasfritt vatten,*

*SKB uppger att undersökningar pågår men ingen redovisning görs angående när resultaten uppskattas vara tillgängliga. SSM önskar en tidplan som visar när undersökningarna beräknas vara klara samt motsvarande planer för eventuell publicering."*

Kärnavfallsbolaget SKB refererar i den senaste kompletteringen här till ett flertal slutförda och även några pågående forskningsprojekt som rör de ovanstående punkterna.

**MKG:s bedömer att kärnavfallsbolaget SKB formellt uppfyllt SSM:s begäran på komplettering enligt punkt 5, men som anförts i de allmänna synpunkterna på kompletteringen betyder inte detta att bolaget använt resultaten, vad gäller möjligheten till kopparkorrosion i syrgasfritt vatten, för att föra kunskapsläget framåt.**

## **8. Avslutande kommentarer**

Synpunkterna i denna skrivelse till Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM, har relevans i mark- och miljödomstolens och SSM:s prövning av ansökan om att få bygga ett slutför för använt kärnbränsle i Forsmark.

Naturskyddsföreningen och MKG har i gemensamma yttranden till domstolen och SSM fört fram kompletteringskrav på ansökan rörande flera frågeställningar som diskuteras i denna skrivelse. Föreningarna avser därför att återkomma till dessa frågeställningar i nästa gemensamma yttrande till domstolen och SSM i kompletteringsfasen i den pågående prövningen.

Med vänlig hälsning,



Johan Swahn

Kanslichef  
070-467 37 31, johan.swahn@mkg.se

## A. Frågeställningar rörande försöken utförda av Micans

MKG framför i detta avsnitt synpunkter som är utfallet av en genomgång av den rapport med resultat från försök som kärnavfallsbolaget SKB har låtit utföra vid Micans i Mölnlycke och som bifogas kompletteringen som bilaga 3<sup>13</sup>. En del synpunkter har framförts tidigare i skrivelsen men upprepas här.

MKG menar att kunskapsutvecklingen om kopparkorrosion i syrgasfritt vatten skulle föras framåt om Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM, tog kontakt med Karsten Pedersen, forskningsledare vid Micans, för att klargöra de frågeställningar som tas upp här och andra frågeställningar som SSM själva vill ta upp.

1. MKG undrar varför det inte gjorts upprepade evakueringar av gasfasen i de försök som Mican genomfört. Med tanke på de små volymerna i försöken är det endast genom upprepade evakueringar, mer än fem gasbyten/evakueringar, som ett flertal felkällor kan elimineras. Det gagnar inte denna typ av känsliga korrosionsförsök att låta kopparn exponeras för höga vätehalter månadsvis, det enda som kan inträffa är att ytan långsamt beläggs med bl.a. kisel från glaset och passiveras. När vätgasutvecklingen börjar mattas av efter några veckor bör provrören således evakueras.

2. MKG undrar varför inget försökt gjorts med koppar som helt enkelt utsatts för en snabb slipning för att ta bort oxider från ytan. De enda försöken som gjorts, med vad i rapporten benämns "ground copper", är i provrören utan vatten. Att använda snabbt slipad koppar i försöken skulle ge liknande försöksbetingelser som de kopparförsök som genomförts av KTH-forskarna. I stället görs försök på Micans-koppar, Uppsala-koppar och koppar "as delivered" vilka alla kan ge problem med felkällor, särskilt initialt i de små volymerna som finns i Micanförsöken.

3. De kopparprover som använts av Microbial Analytics AB betades under lång tid (2 dygn) i syra, vilket är känt att förorsaka en väteuppladdning hos kopparn, som sedan kan frigöras vid kontakt med vatten och då minimera eller eliminera syrgasfri korrosion av kopparn. MKG anser att det är möjligt att de höga halter vätgas som initialt kommer från denna Mican-koppar har denna källa. Med upprepade evakueringar kan denna felkälla elimineras. MKG menar att det även är möjligt att Uppsala-koppar är passiviserad genom den ytbehandling som den erhåller. Dessutom är koppar som används i försöken "as delivered" förmodligen täckta av så mycket kopparoxid att detta försenar att en syrgasfri kopparkorrosions process startar.

---

<sup>13</sup> Johansson, J., Blom A., Chukharkina A. & Pedersen K.; Study of H<sub>2</sub> gas emission in sealed compartments containing copper immersed in O<sub>2</sub>-free water. Microbial Analytics AB. Manus till SKB TR-15-03, version 4, 2015-03-06.

4. I kärnavfallsbolaget SKB:s redovisning används det övre diagrammet i figur 4.26 för att påvisa att repad Uppsala-koppar inte ger ifrån sig vätgas efter en evakuering. MKG menar för det första att det inte är konstigt att det blir en hög initial vätgasutveckling från den repade kopparytan. Om Uppsala-metoden för att ytbehandla koppar gett ett passivt skikt så kan det innanför det skiktet finnas koppar som har ett underskott av väte i bulkkopparn. När sådan koppar efter reining kommer i kontakt med vatten kan det bli en initialt kraftig vätgasutveckling. Vid upprepade evakueringar ska denna felkälla försvinna.

MKG menar för andra att det är olyckligt att försöken med den repade Uppsala-kopparn avbrutits. Möjligen har det skett eftersom det vid den första evakueringen kan ha kommit in syrgas i försöket. Det är svårt att tyda syrgashalten i det nedre diagrammet i figur 4-26 men vid en första anblick ser det ut som om det kommit in syre i ett av C-försöken. Om man tittar i tabell 7.20.4 på sidan 122 i rapporten med syrgaskoncentrationerna är det dock inte i det evakuerade försöket C:2 som syrgaskoncentrationen ökar mot slutet utan i det icke-evakuerade försöket C:1.

5. Ansträngningen att förstå om det kan ha kommit in syrgas i försök C, och även K leder MKG till frågan om vad det egentligen är som mäts i syrgasmätningarna. För att det ska kunna uppmätas vätgas i ett försök måste halten syrgas vara på mycket låga nivåer, i princip på detektionsgränsen. Men i försök C finns det höga uppmätta halter av syre (1-3 mbar) samtidigt som det uppmäts millibarvärden för väte. Detta innebär att det förmodligen inte går att lita på någon mätning av syrehalten i provröret. Denna felkälla gör det omöjligt att tolka resultaten eftersom det inte går att se om ett provrör har blivit kontaminerat med låga halter syrgas.

6. Det finns i många mätningar en bakgrund av vätgas på ca 0,1-0,2 mbar. MKG anser att det bör beskrivas var denna vätgas kommer ifrån och felkällan går att eliminera.

7. I avsnitt 4.12 beskrivs ett försök där koppar inte sätts i vatten utan det är fråga om en torr miljö. I denna miljö sker det omfattande vätgasutveckling. MKG anser att det måste utredas varför det är så.

## **B. Vad kan göras för att nå klarhet i frågan om kopparkorrosion kan ske i syrgasfritt vatten?**

MKG anser att det är anmärkningsvärt att SKB har använt två forskargrupper, vid Uppsala universitet och Micans, i ett flertal år utan att komma fram till mer entydiga experimentella resultat än vad som föreligger.

MKG föreslår att, efter det att Micans har utrett och åtgärdat möjliga felkällor i form av vätgasbakgrund och mätning av syrgashalten, genomförs en experimentserie med vanlig slipad koppar (ground copper) i vatten med upprepade evakueringar, säg minst 5 gånger med gasbyte var tredje vecka.

För att säkert särskilja ytreaktioner som ger väte från bulkkoppar bör vätehalten före och efter försök analyseras med LECO-metoden. Detta försök har förutsättningar att avgöra frågan även för kärnavfallsbolaget SKB:s del om koppar korroderar i syrgasfritt vatten. MKG föreslår att försöken görs på uppdrag av SKB men med full insyn från experter från SSM, Kärnavfallsrådet och forskare från KTH.

Det skulle även vara värdefullt om forskarna vid Ångströmlaboratoriet vid Uppsala universitet skulle få möjlighet att bygga om sin utrustning med stål utan en vätgasbakgrund. Då skulle de även mer direkt kunna upprepa KTH-forskarnas försök och därmed skulle ytterligare klarhet i frågan erhållas.