

Stockholm 2008-01-23

Till Andreas Carlgren, Miljödepartementet
103 33 STOCKHOLM

Vi har anledning att skriva detta brev till Er då personer knutna till kärnavfallsrådet har valt att offentligt kritisera vår kopparforskning i ett brev (Dnr 46/07) vilket låg till grund för publicering i Svenska Dagbladet 2008-01-21. Vi finner detta agerande anmärkningsvärt då Hannu Hänninen trots våra kontaktförsök, både mail- och brevlades, har undvikit att svara/kontakta oss i denna viktiga fråga.

Lägesbeskrivning

Vi har nyligen publicerat en vetenskaplig artikel i *Electrochemical and Solid-State Letters* som beskriver att koppar inte tål rent vatten. Det betyder att koppar korroderar i syrgasfritt vatten under svag vätgasutveckling. Detta går emot SKB's grundtes att koppar är immunt mot korrosion i rent syrgasfritt vatten. Trots ett påpekande för mer än 21 år sedan har denna tes aldrig verifierats experimentellt på ett vetenskapligt betryggande sätt. Vår slutsats är att KBS-3, den svenska modellen för slutförvar av utbränt kärnbränsle, som baseras på just koppar som korrosionsbarriär, måste modifieras. Enligt SKB's rapporter är vätgasstrycket i grundvattnet för närvarande 0.1-3 mbar i de potentiella slutförvarsplatserna. Speciellt vid de förhöjda temperaturer som antas råda under de första tusen åren i slutförvaret krävs dock ett betydligt högre vätgasstryck för att kunna nå immunitet mot kopparkorrosion i vattennärvaro. Våra nya rön är kontroversiella och har uppmärksammats av media och berörda myndigheter. SKB har av förklarliga skäl sökt finna alternativa förklaringar till vår vätgasdetektion och nu har Hänninen och Forsling framfört invändningar i Svenska Dagbladet. Med den nedan givna informationen kan alla invändningar samt de anförda referenserna av Hänninen och Forsling uteslutas på vetenskaplig grund.

Svar och synpunkter till kommentarerna från Hannu Hänninen och Willis Forsling rörande artikeln "Corrosion of Copper by Water", P. Szakálos, G. Hultquist and G. Wikmark, *Electrochemical and Solid-State Letters*, 10(11) C63-C67 (2007)

Vetenskapligt svar på kommentarer av Hänninen och Forsling

De av Hänninen och Forsling föreslagna vätekällorna (ursprungliga vätehalten i kopparn, vätgasutveckling från vatten reaktion med kopparoxid samt material i försökupställningen) har vi redan uteslutit baserat på följande observationer:

- Kinetiken i vätgasutvecklingen som ses i figurerna 2 och 3 i vår artikel säger att det inte kan röra sig om väteavgivning p.g.a. den ursprungliga vätehalten i kopparn. Dessutom kan tilläggas att vi kunde mäta ett *väteupptag* i kopparmetallen som en följd av exponeringen. Det bildade vätet återfinns bl.a. i gasfasen, vattnet, korrosionsprodukterna samt inte minst i kopparmetallen. De uppskattade mängderna bildat väte i korrosionsprocessen är fem till tio ggr större än de som erhålls i gasfasen. Också detta innebär att de föreslagna vätekällorna inte kan förklara vätgasproduktionen i det aktuella försöket. Information om vätehalter i kopparn före och efter exponering är baserad på termisk urgasning. Dessa data har hittills endast varit tillgängliga för tidskriften ifråga och dess granskare. Tilläggas kan att detta väteupptag innebär att den resulterande vätehalten i kopparn är beroende av provets tjocklek som därför

påverkar detektionstiden för vätgas. Ett tunt prov ger snabbare en viss vätehalt i kopparn och dess korrosionsprodukter, vilket *ökar* den anoxiska (syrgasfria) korrosionskinetiken.

- De SIMS-data som har redovisats i figur 3 visar att såväl anoxiskt- som syrgasinnehållande vatten ger en väteinnehållande produkt. Redan 1994 (Ref. 9 i vår artikel) visades med hjälp av isotoper att syre i korrosionsprodukter på koppar kommer från både vatten och syrgas och att korrosionsprodukterna innehåller väte. Därför kunde man tidigt dra slutsatsen att de reaktioner som föreslagits av Hänninen och Forsling icke avspeglar verkligheten. Endast en torr miljö (ren syrgas) ger en vätefri korrosionsprodukt. Man bör också känna till att SIMS-metoden fragmenterar korrosionsprodukterna. Det är således inte anmärkningsvärt att jonfragmentet "CuO" är högre under anoxiska förhållanden i SIMS-detektionen.

-Det bör också observeras att Hänninen och Forsling inte diskuterat den uppmätta viktsökningen av koppar som oberoende av väte pekar på att syre i korrosionsprodukten måste komma från vatten. Den uppmätta viktsökningen garanterar att ingen verksam reduktion av korrosionsprodukterna har skett trots närvaron av vätgas. Denna viktsökning finns redovisad i vår artikel i *Electrochemical and Solid-State Letters*.

-Andra föreslagna vätekällor såsom AISI 316L rostfritt stål, glas, tätningar samt organiska jonbyttarmaterial har kunnat uteslutas i bakgrundsexperiment. Ett sådant bakgrundsexperiment är redovisat i figur 3.

Vår slutsats är därför tyvärr alltför jämt att den enda vetenskapligt hållbara förklaringen till vätgasutvecklingen är korrosion av koppar i rent syrgasfritt vatten.

Referenser vilka anförs av Hänninen och Forsling som rörande syrgasfri kopparkorrosion

Beträffande anförda referenser 3 och 4 som påstås behandla anoxisk kopparkorrosion så kan vi konstatera att så inte är fallet. Vi har bemött/ besvarat frågan tidigare och givit följande kommentarer:

Ref. 3: *J. P. Simpson and R. Schenk, Hydrogen Evolution from Corrosion of Pure Copper. Corrosion Science 27(12) 1365-1370 (1987)*. Idag skulle inget experiment med flödande kvävgas accepteras som ett sätt att erhålla en anoxisk miljö. Även den bästa kvalitet av kvävgas innehåller syrgasföroreningar på ppm nivå vilket i ett flödande gassystem kontinuerligt tillför syre till de exponerade proverna. Baserat på flödesberäkningar i det aktuella försöket kan vi dra slutsatsen att syrgasfri kopparkorrosion aldrig har förekommit. Detta har redan påpekats av G. Hultquist et al. 1989 i *Corrosion Science* Vol. 29, No 11/12. pp 1371-1377.

Ref 4: *T.E. Eriksen, P. Ndalamba and I. Grenthe, Corrosion Science, Vol. 29, No 10, pp. 1241-1250 (1989)*. Denna referens är helt baserad på rapporten SKB 88-17. En förutsättning för att påvisa vätgasutveckling från så kallad mild korrosion, som t.ex. kopparkorrosion i rent vatten, är att syrgas ej finns närvarande i detekterbar grad. Detta förstods redan för 20 år sedan. I figur 2 i rapporten, SKB 88-17, detekterades en hög syrgashalt, vilket således diskvalificerar rapporten som rörande korrosion i syrgasfritt vatten. Trots detta låg denna rapport som grund för ett "vetenskapligt" inlägg i den på 80-talet pågående debatten om kopparkorrosion i syrgasfritt vatten. En fråga som bör ställas är varför den viktiga informationen om syrgasdetektion är borttagen i Ref. 4.

Slutord

Påpekas bör att vi är för kärnkraft under förutsättning att Sverige får ett säkert slutförvar. Med den ytterligare vetenskapliga information som här anförs anser vi att Kärnavfallsrådet, SKI samt SKB måste ta vår forskning på allvar och möjliggöra för oberoende forskare att verifiera våra resultat med vetenskapliga metoder. Först då kan vi med gemensamma krafter verka för att lösa denna ytterst viktiga uppgift, nämligen att skapa ett säkert svenskt slutförvar.

Ph. D. Peter Szakálos, Szakálos Material Science AB och KTH

Docent Gunnar Hultquist, KTH

Docent Gunnar Wikmark, Advanced Nuclear Technology Sweden AB

Kopia av brevet från Hänninen och Forsling med Kärnavfallsrådets diarienummer 46/07 bifogas.

Kopia till:

Hannu Hänninen, HUT

Kärnavfallsrådet

Statens Kärnkraftinspektion

Statens Strålskyddsinstitut

Svensk Kärnbränslehantering AB

Oskarshamns kommun

Östhammars kommun

Björn Malmström, Svenska Dagbladet

Nilofar Saidi, SVT, Rapport

Kim Lundin, Dagens Industri

Seshadri Seetharaman, KTH

Olle Grinder, KTH

Mats Hillert, KTH

Kristina Glimelius, SLU

Rune Lagneborg

Johan Swahn, MKG