



## Begäran om komplettering av ansökan om slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall

Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) har vid granskningen av Svensk Kärnbränslehantering AB:s (SKB) ansökan om tillstånd enligt lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet för ett slutförvar för använt kärnbränsle och kärnavfall funnit behov av nedanstående kompletteringar.

SSM önskar att kompletteringarna eller en tidplan med tillhörande strategi för dess framtagande är myndigheten tillhanda senast den 20 mars 2012.

Om SKB önskar ytterligare förklaringar eller förtydliganden av de frågor som omfattas av denna begäran, och som inte avser enklare klargöranden av praktisk eller administrativ karaktär, ska detta ske vid protokollförda möten mellan berörda personer på SSM och SKB.

### Kompletteringar

SSM begär kompletterande information angående korrosion av koppar i syrgasfritt vatten som underlag för tillståndsprovningen av Svensk Kärnbränslehantering AB:s (SKB) tillståndsansökan för ett slutförvar i Forsmark. SSM önskar klargörande om hur denna korrosionsprocess kan påverka kopparkapslarnas långsiktiga integritet och säkerhetsanalysens resultat. De punkter som SSM i det här skedet önskar kompletterande information om är:

1. Inverkan av en representativ grundvattenkemi på den termodynamiska drivkraften för kopparkorrosion i syrgasfritt vatten (som enligt "what-if" fall i SKB TR-10-66 endast representeras av ett jämviktstryck för processen i rent vatten).
2. Inverkan av mikrobiell aktivitet med avseende på omfattningen av kopparkorrosion i syrgasfritt vatten på deponerade kapslar med använt kärnbränsle både för förhållandet av en intakt buffert (omättade och mättade betingelser) och en delvis eroderad bentonitbuffert.



3. Inverkan av en samtidigt pågående korrosion orsakad av syrgasfritt vatten och sulfidkorrosion.
4. ”What-if” beräkningsfallet i [SKB TR-10-66] för en omättad buffert behöver kompletteras med beräkning av masstransport av väte genom en omättad buffert efter att gasvolymen uppnått jämviktstrycket för vätgas.
5. Inverkan av vätgasbildande korrosion orsakad av korrosion i syrgasfritt vatten eller genom sulfidinnehåll i grundvattenmiljön på koppars innehåll av väte behöver kompletteras med avseende på bildning av vätgasbubblor i kopparmaterialet som kan verka försprödande.

### Skälen för begäran om komplettering

Hantering av kopparkorrosion i syrgasfritt vatten inom SR-Site har utförts i form av en ”what if” beräkning och har klargjorts ytterligare i inskickad komplettering till SSM [SKBdoc 1323955]. SKB:s ståndpunkt i SR-Site [SKB TR-10-66] är att det vetenskapliga stödet för korrosionsmekanismen i syrgasfritt vatten är svagt och att genomförda försök av Hultquist m.fl. behöver upprepas av andra forskare. SSM har dock alldeles nyligen avslutat en oberoende studie som har utförts vid Studsvik Nuclear [Becker, 2011]. De experimentella resultaten bekräftar att vätgasutveckling sker då koppar exponeras i rent vatten utan löst syrgas. Dessa experiment genomfördes under betingelser som i stort sätt motsvarar Hultquist ursprungliga försök. SSM gör därmed bedömningen att det finns vetenskapligt stöd för processen dels baserat på de egna experimenten, dels på de tidigare experimentella och teoretiska studier som har publicerats [Evans, 1926/ Hultquist, 1986/ Hultquist, 1989/ Hultquist, 2008/ Hultquist, 2009/ Hultquist, 2011/ Szakálos, 2007/ Macdonald, 2011].

SSM bedömer därför att SKB bör komplettera med ytterligare underlag avseende denna process för att SSM ska kunna bedöma uppfyllelse av 9§ i SSMFS 2008:21. SSM önskar en utförligare redovisning av vilken betydelse korrosionsmekanismen kan ha för ett slutförvars långsiktiga säkerhet. Det skulle också underlätta SSM:s framtida bedömning om SKB kunde presentera en vetenskaplig förklaring av uppmätta vätgastryck vid kemisk jämvikt.

SKB baserar sitt ”What-if” beräkningsfall på uppmätt jämviktstryck av vätgas vid kemiska förhållanden som motsvarar helt rent syrgasfritt vatten, vilket inte är representativt för slutförvarsmiljön. Det är dock sannolikt att den aktuella grundvattenkemin har en betydande påverkan på processen. Den kan t.ex. förväntas att höga kloridhalter med komplexbindning av frigjord koppar i lösning har en betydande påverkan.

Karsten Pedersen har i sin omfattande forskning kring mikrobiella processer visat att väte är en viktig komponent i ett mikrobiellt kretslopp djupt ner i



berggrunden [Pedersen, 2000]. Det finns en risk att korrosionsmekanismen kan påverkas av mikrobiella processer, dels för en intakt buffert (omättad respektive mättad), dels för en partiellt eroderad buffert. Mikrobiella processer kan vara viktiga i synnerhet för ett fall i vilket bentonitbufferten har påverkats av buffererosion. SKB behöver därför klargöra vilka faktorer som kan påverka en samverkan mellan produktion av vätgas från kopparkorrosion och mikrobiell aktivitet.

En möjlig kopparkorrosion orsakad av syrgasfritt vatten i slutförvarsmiljö fortskrider inte nödvändigtvis oberoende av sulfidkorrosion, eventuella kopplingar mellan dessa korrosionstyper behöver därför belysas. Denna typ av koppling önskas beskriven med olika antaganden gällande erosionsmodell enligt figur 5-8 i [SKB TR-10-66] och samtidig inverkan av mikrobiell aktivitet.

För ”what-if” beräkningsfallet med en omättad buffert, där inverkan av korrosion i syrgasfritt vatten inträffar tidigt efter deponering av kapslarna och där kapseln kan vara i förbindelse med en gasvolym, önskas kompletterande beräkning avseende vad som sker efter att ett jämviktstrycket av vätgas uppnåtts och diffusion av vätgas genom omättad buffert kan förväntas. I detta sammanhang bör inverkan av ytans storlek i gasvolymen för masstransport samt diffusionskoefficienten för en omättad buffert beaktas

Vätgasutvecklande korrosion kan medföra att väte diffunderar in i kopparmaterialet och eventuellt att vätgasbubblor bildas i kopparmaterialet som kan verka försprödande. Bakgrunden för denna process är att [Hultquist 2008] visat att vätehalten i kopparfolie efter exponering i syrgasfritt vatten ökat cirka 10 ggr, elektrokemiskt väteladdning vid rumstemperatur av koppar ökar vätehalt upp till 100 ggr [Martinsson, 2008] samt att [Wampler, 1976] visat att vätgasbubblor kan bildas i koppar vid rumstemperatur med cirka 5 ppm (vikt) väte.

Denna begäran om komplettering har beretts i tillståndsprövningsprojektets SIR grupp (Safety integration review team) och föredragits av *Jan Linder*.

---

Ansi Gerhardsson  
Projektledare TPP

**Referenser:**

**Becker, R., Hermansson, H-P., 2011**, Evolution of hydrogen by copper in ultrapure water without dissolved oxygen, Swedish Radiation Safety Authority, SSM 2011:34.

**Evans, Ulick, R., 1926**, The corrosion of metals, second edition, Edward Arnold & Co, London, pp. 62-78.

**Hultquist, G., 1986**, Hydrogen evolution in corrosion of copper in pure water, Corrosion Science Vol.26, No.2, p.173.

**Hultquist, G., Chuah, G., K., and Tan K., L., 1989**, Comments on Hydrogen evolution from the corrosion of pure copper, Corrosion Science Vol.29, No 11/12. p. 1371.

**Hultquist, G., Szakálos, P., Graham, M., J., Sproule, G., I., Wikmark, G., 2008**, Detection of hydrogen in corrosion of copper in pure water, Proceedings, Paper no. 3884, ICC, Las Vegas, USA, NACE International (2008).

**Hultquist, G., Szakálos, P., Graham, M., J., Belonoshko, A., B., Sproule, G., I., L. Gråsjö, L., Dorogokupets, P., Danilov, B., Aastrup, T., and Wikmark, G., 2009**, Water Corrodes Copper, Cat. Lett. DOI 10.1007/s10562-009-0113-x.

**Hultquist, G., Graham, M., J., Szakalos, P., Sproule, G., I., Rosengren, A., and Gråsjö, L., 2011**, Hydrogen gas production during corrosion of copper by water, Corrosion Science Volume 53, Issue 1, Pages 310-319.

**Macdonald, D., D., and Sharifi-Asl, S., 2011**, Is Copper Immune to Corrosion When in Contact With Water and Aqueous Solutions?, Swedish Radiation Safety Authority, SSM 2011:09.

**Martinsson, Å., Wu, R., 2008**, Hydrogen charging of oxygen-free copper, KIMAB 2008-131.

**Pedersen K., 2000**, Microbial processes in radioactive waste disposal. SKB Technical Report TR-00-04.

**Szakálos, P., Hultquist, G., and Wikmark, G., 2007**, Corrosion of copper by water, Electrochem. and Solid State Letters, 10 (11) pp. C63-C67.

**Wampler, W., R., Schober, T., Lengleler, B., 1976**, Precipitation and trapping of hydrogen in copper, Philosophical Magazine, Vol. 34, No. 1, pp.129-141.