

Stockholm 2016 04 15

**Yttrande angående mark- och miljödomstolens mål nummer M  
1333-11 rörande tillstånd för slutförvarsbyggnation för högaktivt  
kärnavfall i Forsmark enligt KBS-3 metoden**

MARK- OCH MILJÖDOMSTOLEN
Avdelning 4
INKOM: 2016-04-17
MÅLNR: M 1333-11
AKTBIL: 382

mmd.nacka.avdelning4@dom.se

Nacka tingsrätt,  
Mark- och miljödomstolen  
Box 1104  
131 26 Nacka Strand

Undertecknarna av detta yttrande till mark- och miljödomstolen representerar en initierad grupp forskare från olika institutioner på Kungliga Tekniska Högskolan (KTH) i Stockholm. Detta yttrande behandlar den mest kritiska frågan rörande den enskilt viktigaste av de s.k. tekniska barriärerna i slutförvarsmetoden KBS-3, nämligen frågan om kopparkorrosion och dess koppling till kopparkapselns livslängd.

Projektet KärnbränsleSäkerhet (KBS) tog i slutet på 70-talet fram ett slutförvarskoncept bestående av en kopparkapsel omgärdad av bentonitlera, se teknisk rapport KBS 90 [1]. KBS-3-metoden har vidareutvecklats av SKB, Svensk Kärnbränslehantering AB, och är nu föremål för miljöprövning.

Redan från början framfördes kritik angående osäkerheter med kopparkorrosion i grundvatten. Den dåvarande korrosionsauktoriteten på KTH, professor Gösta Wranglén varnade för att kopparkapseln som då var beräknad till 20 cm i väggtjocklek (jämfört med dagens tjocklek på endast 5 cm) inte skulle hålla måttet. G. Wranglén listade upp flera punkter i sitt särskilda yttrande i rapporten KBS 90, varav de sista fyra punkterna ur sammanfattningen återges här nedan.

5. Enligt förutsättningar, som hydrogeologisk expertis funnit rimliga i samband med en framtida nedisning, kan en kopparkapsel i kontakt med svavelhaltigt vatten på några tusen år omvandlas till kopparsulfid, som är den termodynamiskt stabila form, i vilken koppar i regel förekommer i berggrunden.
6. Kopparcyndrar för kapsling av utbränt, icke upparbetat kärnbränsle kan därför icke garanteras en mycket lång livslängd, 100.000-tals år och därutöver. Under inga omständigheter kan en så lång livslängd anses "helt säker". Förutsägelser som sträcker sig utöver nästa istid torde över huvud taget vara helt meningslösa.
7. Direktdeponering av använt kärnbränsle synes på grund härav vara en moraliskt oansvarig åtgärd gentemot kommande generationer och mot framtida jordiskt liv över huvud taget.
8. Det torde ankomma på oss, nu levande generationer, att omhändertaga och förstöra vårt eget långlivade radioaktiva avfall av typen plutonium och andra transuraner. Detta synes kunna ske via upparbetning av använt kärnbränsle under avskiljning av transuraner samt användning av dessa som nytt bränsle i brytare. Lagringsproblemet begränsas därigenom till en lagring av klyvningsprodukter under förhållandevis kort tid, 500-1000 år, något som torde vara möjligt även ur korrosionsteknisk synpunkt.

Vidare skrev G. Wranglén i sin sammanfattning om orimligheten i att estimeras och förutspå nedbrytningsprocesser under tidsrymder bortom mänsklig erfarenhet:

Emellertid finns inga möjligheter att simulera eller praktiskt utprova effekten av tidsrymder långt bortom mänsklig erfarenhet. Det faller på sin egen orimlighet, att man vid val av material och konstruktion för avfallskapslar skulle kunna ta hänsyn till processer, vars natur är okänd, men vars existens man icke har rätt att utesluta. Man måste nämligen räkna med förekomsten av hittills okända åldrings- och materialförstörelseprocesser. Man kan inte utesluta att en kapsel efter något tusentals år börjar förstöras av en långsamt verkande åldringsprocess XYZ, vars natur på grund av de nödvändiga långa försökstiderna, kanske klarläggs först långt senare.

Det var ett insiktsfullt påpekande att man måste räkna med förekomsten av okända nedbrytningsprocesser för inte så många år senare, nämligen 1986, påvisade docent Gunnar Hultquist på KTH en sådan dittills okänd kopparkorrosionsprocess [2].

Det visade sig nu att koppar inte bara korroderar p.g.a. sulfid i grundvattnet utan att koppar även reagerar med vattenmolekylerna självt, med andra ord, koppar korroderar i rent syrgasfritt vatten. Detta var naturligtvis dåliga nyheter för SKB och om detta skulle tas för en sanning så skulle det innebära att själva grundbulten för hela KBS-3 metoden skulle falla. Under årens lopp har fler och fler forskarrapporter bekräftat G. Hultquists rön, däribland nyare vetenskapliga publikationer från KTH tillsammans med nationella såväl som internationella forskargrupper men även från Studsvik AB och strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) [3-10]. Så sent som för ett drygt år sedan har en mycket ansedd forskargrupp i USA ledd av prof. Mark Orazem återigen bekräftat att koppar faktiskt korroderar i rent vatten [11].

Inom korrosionsvetenskapen tas det numera för en accepterad sanning att koppar reagerar spontant med vattenmolekyler. Detta innebär att det blir omöjligt att uppskatta kopparkorrosionen i ett slutförvar med enkla sulfiddiffusionsmodeller. SKB vägrar dock att ta till sig dessa fakta vilket innebär att säkerhetsanalysen och därmed hela slutförvarsmetoden KBS-3 inte vilar på solid vetenskaplig grund.

Den planerade slutförvarsmiljön, 500 meter under Forsmarks havskust är mycket komplex och innebär att flera aggressiva korrosionsprocesser kommer att angripa kopparkapseln, dessa beskrivs utförligt i SSM-rapporten 2012-17 [12]. En ytterligare försvårande omständighet är den kraftigt accelererande inverkan av radioaktiv strålning på kopparkorrosionen som under senare år kunnat påvisas i ett avslutat doktorsarbete [13]. Strålningens starka effekt har bara delvis kunnat förklaras med idag kända korrosionsmekanismer och det är i skrivande stund oklart hur detta kan påverka koppars korrosionsbeteende under längre tidsrymder.

Med de korrosionstekniska brister KBS-3 metoden uppvisar i nuläget så kan man uppskatta att majoriteten av kopparkapslarna kommer att kollapsa redan inom 1000 år. Detta kan jämföras med SKB:s egna teoretiska livslängdsberäkningar i säkerhetsanalysen på över en miljon år baserat på enkla sulfiddiffusionsdata, se SKB TR-11-01, Vol. 3, sid. 600 [14].

Idag pågår intensiv forskning för att förverkliga fjärde generationens kärnkraft med breederteknik runt om i världen och som redan påpekades av G. Wranglén (punkt 8) så utgör det den mest ansvarsfulla metoden att ta hand om avfallet.

D.v.s. att återanvända dagens kärnavfall som bränsle i framtidens kärnkraftverk. Därmed skulle man få ett framtida avfall som är farligt i 500-1000 år vilket inte skulle utgöra någon större teknisk/vetenskaplig utmaning att skydda oss mot.

Med tanke på att kärnavfallet troligen kan återanvändas inom relativt snar framtid och i synnerhet med tanke på att SKB:s säkerhetsanalys med avseende på kopparkorrosion har fundamentala brister och därmed att hela MKB:n (miljökonsekvensbeskrivningen) är felaktig, yrkar vi på att tillåtlighet ej skall ges för en slutförvarsbyggnation baserat på KBS-3 metoden.



Tekn. Dr. Peter Szakálos



Prof. Anders Rosengren



Prof. em. Seshadri Seetharaman



Prof. em. Christofer Leygraf

## Referenslista

- [1] Korrosionsinstitutet och dess referensgrupp, ”Koppar som kapslingsmaterial för icke upparbetat kärnbränsleavfall. Bedömning ur korrosionssynpunkt”, Teknisk rapport KBS 90 (1978)
- [2] G. Hultquist “Hydrogen evolution in corrosion of copper”, Corros. Sci., 26, 173-176 (1986)
- [3] P. Szakálos, G. Hultquist, G. Wikmark, “Corrosion of Copper by Water” Electrochem Solid State Lett. 10:C63 (2007)
- [4] G. Hultquist, P. Szakálos, M.J. Graham, G.I. Sproule, G. Wikmark, “Detection of hydrogen in corrosion of copper in pure water”, Proceedings of the 2008 International Corrosion Congress (2008) 1–9, Paper 3884.
- [5] G. Hultquist, P. Szakálos, M.J. Graham, A.B. Belonoshko, G.I. Sproule, L. Gråsjö, P. Dorogokupets, B. Danilow, T. Aastrup, G. Wikmark, G.K. Chuah, J.C. Eriksson, A. Rosengren, ”Water corrodes copper”, Catal. Lett. 132 311–316. (2009)

- [6] G. Hultquist, M.J. Graham, P. Szakálos, G.I. Sproule, A. Rosengren, L. Gråsjö, “Hydrogen gas production during corrosion of copper by water”, *Corros. Sci.* 53 310–319. (2011)
- [7] R. Becker, H.-P. Hermansson, “Evolution of Hydrogen by Copper in Ultrapure Water Without Dissolved Oxygen”, Swedish Radiation Authority SSM, pp. 34 ( 2011)
- [8] A.B. Belonoshko, A. Rosengren, “Ab Initio Study of Water Interaction with a Cu Surface”, *Langmuir* 26, 16267–16270. (2010)
- [9] A. B. Belonoshko, A. Rosengren, “A possible mechanism of copper corrosion in anoxic water”, *Phil. Mag.* 92, 4618-4627 (2012)
- [10] G. Hultquist, M.J. Graham, O. Kodra, S. Moisa, R. Liu, U. Bexell, J. Smialek, “Corrosion of copper in distilled water without oxygen and the detection of hydrogen”, *Corros. Sci.* 95 162–167. (2015)
- [11] C. Cleveland, S. Moghaddam, M.E. Orazem, “Nanometer-scale corrosion of copper in de-aerated deionized water”, *J. Electrochem. Soc.* 161 (3) C107–C114. (2014)
- [12] P. Szakálos and S. Seetharaman “Corrosion of copper canister”, SSM-rapport 2012-17. <http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/Global/Publikationer/Rapport/Technical%20Note/2012/SSM-Rapport-2012-17.pdf>
- [13] Å. Björkbacka “Radiation induced corrosion of copper” Avhandling, KTH. (2015)
- [14] “Long-term safety for the final repository for spent nuclear fuel at Forsmark”, SKB TR-11-01, Vol. 3, (2011)