

NYHETSBLAD NR. 2013:3

FRÅN KÄRNAVALLSRÅDET

NYA INSIKTER OM DE TEKNISKA BARRIÄRERNA

Den 20 och 21 november 2013 organiserade Kärnavfallsrådet ett vetenskapligt symposium om funktionen hos de tekniska barriärerna, kopparkapslarna och bentonitleran, enligt KBS 3-metoden. Symposiet var en uppföljning av ett seminarium som hölls 2009 och som undersökte om koppar kan korrodera i syrefritt vatten. (Läs mer i rapporten från seminariet, Rapport 2009:4 Mechanisms of Copper Corrosion in Aqueous Environments).

Här ges en kortfattad beskrivning av innehållet i föredragen vid symposiet i november 2013. Kärnavfallsrådets synpunkter och slutsatser kommer dels att redovisas i rådets kunskapslägesrapport under kapitelrubriken "Korrosion, erosion och bergspänningar", dels i en rapport som beräknas vara klar under våren 2014.

Behovet av forskning om de tekniska barriärerna i slutförvaret för använt kärnbränsle är fortfarande stort. Trots att KBS 3-metoden presenterades för ungefär 30 år sedan finns det ännu frågor omkring kopparkapseln och bentonitbufferten som behöver besvaras. Forskningen har under senare tid allt mer inriktats mot grundläggande funktioner hos barriärerna dvs. kopparmetallens och bentonitlerans kemiska och fysikaliska egenskaper. Kopparkapselns långsiktiga hållbarhet som tät barriär har ifrågasatts eftersom det är osäkert med kopparmetallens förmåga att motstå korrosion och mekanisk försvagning genom väteförspredning och

krypning. Krypning innebär en långsam deformation av metaller t.ex. koppar som utsätts för en mer eller mindre konstant yttre påverkan.

Kärnavfallsrådet arrangerade ett seminarium om kopparkorrosion i syrefritt vatten i november 2009. Utgångspunkten var att diskutera de experimentella resultat som redovisats av en grupp korrosionsforskare från KTH under ledning av *Gunnar Hultqvist*. De visade att tunna kopparfolier i rent syrefritt vatten orsakade vätgasutveckling med ett betydligt högre partialtryck än som kunde förväntas utifrån kända termodynamiska samband. Slutsatserna från

**KÄRNAVALLSRÅDETS
KANSLI:**

Holmfridur Bjarnadottir,
kanslichef
e-post: holmfridur.bjarnadottir@regeringskansliet.se
tfn: 08-405 27 28

Peter Andersson,
utredningssekreterare
e-post: peter.h.andersson@regeringskansliet.se
tfn: 08-405 20 94

Johanna Swedin,
biträdande sekreterare
e-post: johanna.swedin@regeringskansliet.se
tfn: 08-405 24 37

www.karnavfallsradet.se

detta seminarium var bl.a. att ytterligare forskningsinsatser krävs och därefter har SKB, Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) och det finska kärnavfallsbolaget Posiva Oy (Posiva) initierat nya projekt om kopparkorrosion i syrefritt vatten och andra viktiga processer för kopparkapselns integritet t.ex. väteabsorption och krypning.

Resultaten från dessa projekt och motsvarande undersökningar om bentonitens långsiktiga egenskaper har gett nya insikter om barriärernas funktion i

förvarsmiljö. Kärnavfallsrådet arrangerade därför ett symposium "New insights into the Repository's Engineered Barriers" om barriärernas egenskaper och samspelet mellan dem i slutförvarsmiljö i november 2013 med presentationer av svenska och utländska forskare.

KOPPARKAPSELN

Vid sitt inledningsanförande underströk *Willis Forsling* det viktiga samspelet mellan kopparkapseln och bentonitleran. Kopparkapseln ska skyddas av bentonitbufferten men båda förändras på vägen från tillverkning till deponering i förvaret, och denna utveckling avgör till stora delar förvarets långsiktiga säkerhet.



Willis Forsling, ledamot av Kärnavfallsrådet och initiativtagare till Symposiet.



Digby Macdonald, University of California at Berkeley.

Digby Macdonald beskrev i sitt föredrag de termodynamiska förutsättningarna för kopparkorrosion i den miljö som gäller i förvaret. En viktig slutsats var att om kopparkapseln ska kunna hålla tätt måste den skyddas från grundvattnet (framför allt sulfidjoner) av bentonitbufferten. Han avslutade med att lite provocativt ifrågasätta behovet av att använda koppar i kapslarna om bentonitbufferten verkligen kunde hålla vad som utlovats.

Peter Szakálos redogjorde i sin presentation för många av de hot han ser för kopparkapseln och dess samverkan med bentonitbufferten. Han påminde om att alla försök som gjorts med kopparfolier i rent syrefritt vatten har visat att vätgas utvecklas, vilket tolkas som att koppar korroderar. Hans mening var att i ett första steg bildas kopparhydroxid, CuOH , som därefter bildar kopparoxid, Cu_2O , genom att väte avgår.

Mats Boman presenterade resultat från ett pågående projekt om kopparkorrosion vid Uppsala universitet. Syftet är att fastställa om den vätgasutveckling man har sett i tidigare försök verkligen betyder att koppar korroderar i syrefritt vatten eller om det kan ha någon annan orsak. I tidigare experiment har mängden vätgas varit betydligt större än vad som motsvaras av materialbalansen. I dessa nya försök användes renare kopparfolie än tidigare (99,9999 %) för att man skulle få en uppfattning om föroreningarnas betydelse för processen. Kopparfolierna rengjordes med ultraljud, polerades elektrolytiskt och värmebehandlades före experimenten. Även här utvecklades vätgas men mycket mindre än i tidigare försök och man kunde trots mycket sofistikerad

utrustning och ytkänsliga analysmetoder inte hitta några korrosionsprodukter på kopparfolierna.

Christofer Leygraf visade på γ -strålningens inverkan på kopparkorrosionen i förvaret. Den viktigaste strålkällan i förvaret är Cs-137 med en halveringstid på cirka 30 år, vilket betyder att γ -strålningen påverkar kapseln i ungefär 100 år. Både totaldosen och dosflödet av strålning har betydelse för kopparkorrosionen, som ökar i en anoxisk syrefri miljö. För att accelerera förloppet har dosflödet varit mycket högre än vad som förväntas i slutförvaret och även om totaldosen motsvarar den förväntade går det inte att dra några bestämda slutsatser om strålningens långsiktiga betydelse för kopparkapselns korrosion.

Hannu Hänninen redovisade hur väte kan tränga in i metallisk koppar. Det tar mycket lång tid att uppnå en vätemättad kopparmetall, huvuddelen av vätet är i form av vätemolekyler och endast en mindre del förekommer som atomärt väte i fast lösning med koppar. Vätet försämrar kopparmetallens mekaniska egenskaper och kan orsaka skador på ytan. En kontinuerlig tillförsel av väte under högt tryck orsakar ökad krypning och skador på kopparmetallens yta.

Kjell Pettersson redogjorde i sitt föredrag för betydelsen av en liten tillsats av fosfor i kopparmetallen för att reducera krypningen till acceptabla nivåer i kapslarna. Faktum är att man än i dag inte vet riktigt varför detta sker även om det finns ett antal hypoteser. Han avslutade med att ifrågasätta SKB:s bevis för att kopparkapseln har tillräckligt bra krypegenskaper.

Första dagen avslutades med ett föredrag av *Allan Hedin* från SKB som redovisade möjliga anledningar till att barriärerna inte skulle fungera i enlighet med beräkningar i säkerhetsanalysen. Dit hör bl.a. olika typer av korrosion av kopparkapseln och erosion av bentonitbufferten. Han visade på skillnader i renhetsgrad på de folier som använts i tidigare korrosionsförsök vid KTH och Studsvik (99,95 %), Micans (99,99 %) och Uppsala universitet (99,9999 %), men också på andra olikheter i experimentförutsättningarna, exempelvis bakgrunds nivå av syre och metoder för förbehandling av ytorna. Det är viktigt att åstadkomma en trovärdig materialbalans eftersom vätgas som bildas måste balanseras av andra korrosionsprodukter som innehåller kopparjoner. Dit har man inte nått ännu.

Symposiets moderator under dagen *Ron Latanision* påminde oss om de slutsatser och rekommendationer som var ett resultat av Kärnavfallsrådet seminarium 2009 och som kan sammanfattas på följande sätt: För att en spontan korrosionsreaktion av koppar ska vara trovärdig måste det visas att de föreslagna korrosionsprodukterna verkligen existerar. Det finns ett antal mycket sofistikerade känsliga metoder att applicera för att göra analys av ytorna. När vi kan identifiera andra korrosionsprodukter än vätgas kommer termodynamiska samband att bekräfta våra teorier.

BENTONITEN

Symposiets andra dag ägnades åt presentationer om buffert och återfyllning. Bufferten och återfyllningen i slutförvaret består av block, ringar och



Dagens första presentation höll *Roland Pusch* som är en av KBS 3-metodens grundare med lång forskningserfarenhet om bentonit.

Bild till höger: *Ron Latanision* och *Hannu Hänninen* samtalar i pausen.



pellets av bentonit, som är en naturligt svällande lera med varierande mineralsammansättning. Bentoniten ska dämpa stötar från berg rörelser, förhindra att korrosiva ämnen i grundvattnet ska komma i kontakt med kopparkapseln och försvåra utflödet av radionuklider från en eventuellt läckande kapsel.

Den diskussion som pågår om kopparkapselns långsiktiga egenskaper som tät barriär i slutförvaret har aktualiserat betydelsen av bentonitens roll som buffert. Kopparkapseln kan påverkas av grundvattnets joner och mikrober. Fritt strömmande grundvatten i kontakt med kapseln skulle kunna leda till förödande konsekvenser på lång sikt, även under syrefria förhållanden. Bentonitens egenskaper på kort och lång sikt är därigenom avgörande för hur väl förvaret kommer att fungera.

Barbara Pastina från Saanio & Riekkola Oy i Finland var ordförande vid andra dagens presentationer och moderator för efterföljande diskussioner och frågor.

Dagens första presentation höll *Roland Pusch* som är en av KBS 3-metodens grundare med lång forskningserfarenhet om bentonit. Han visade på de förändringar som sker i bentonitens egenskaper i samband med att den vattenmättas i förvaret och påverkas av en rad processer som t.ex. jonbyte och cementering som leder till lägre flexibilitet. Han anser att förvaret inte bör ligga i ett berg med höga spänningar, bergspänningar i kombination med strålningsvärme från kapslarna gör att väggarna i deponeringshålen kan spricka upp. Han menar att detta kan motverkas genom att deponeringshålen lutar 45 grader och att koppar-

kapsel och buffert deponeras i s.k. supercontainrar.

David Luterkort från SKB redogjorde i sitt föredrag om produktion och installation av buffert och återfyllning i förvaret. Forskning och utveckling är för närvarande inriktad på hur bentonitringer och block ska tillverkas (isostatisk eller enaxlig kompaktering), och på att hitta en robust och säker metod att installera bufferten i borrhål med varierande tillflöde av grundvatten. Man undersöker också behov och möjligheter att upprätthålla en konstant atmosfär, ändra vatteninnehåll och densitet i bentonitblocken, införa en artificiell vattenmättnings och en förenklad bottenplatta.

Tim Schatz från B+Tech i Finland beskrev sin forskning kring erosion av bentonit som är ett långsiktigt hot mot buffertfunktionen i deponeringshålen. En viktig faktor är kvoten $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ i

bentoniten som blir speciellt utslagsgivande i samband med att smältvattnet efter en istid rinner ner i förvaret. Andra viktiga parametrar är grundvattnets flödes hastighet och jonstyrka samt bentonitens mineralsammansättning.

Nicholas Michau, Andra, Frankrike, berättade om den forskning på bentonit man utfört i Frankrike. Bentonit och andra lermineral i det tilltänkta franska förvaret har liknande funktion som i KBS 3-metoden genom att man utnyttjar deras homogenitet, förmåga till jonbyte och sorption, svällning i vatten och låg diffusion. Bentoniten kommer i kontakt med både stålbehållare och betong och man forskar f.n. hur detta påverkar dess funktion på kort och lång sikt vid olika temperaturer.

Dagens sista föreläsning hölls av *Margit Snellman* som är projektledare vid Saanio & Riekkola Oy i Finland.

Hon berättade om krav på och utvärdering av det finska slutförvaret. Målsättningar för säkerhet och funktion av buffert och återfyllning har definierats på ett liknande sätt som i Sverige. Man har också definierat ett antal osäkerhetsfaktorer för buffertens långsiktiga utveckling, t.ex. erosion av bufferten och korrosion av kapseln, fel i modell och data samt radiologiska konsekvenser av ett kapselbrott. Det finns osäkerheter kring den framtida utvecklingen men man anser att den långsiktiga säkerheten f.n. inte är hotad och forskningen fortsätter.

Avslutningsvis tackade Willis Forsling alla medverkande och konstaterade att all verksamhet inom forskning och utveckling går framåt genom att personer med olika bakgrund möts och presenterar sina resultat.

ETT INTENSIVT VERKSAMHETSÅR GÅR MOT SITT SLUT
Kunskapslägesrapporten 2013 överlämnades i början av året. Den innehöll bl.a. en presentation av de synpunkter om behovet av kompletteringar av SKB:s ansökan som rådet och andra remissinstanser inlämnat till Mark- och miljödomstolen vid Nacka Tingsrätt hösten 2012. Under våren har rådet tagit del av SKB:s kompletteringar och inlämnat sina synpunkter på dessa till domstolen.

Verksamhetsåret har präglats av en livlig internationell verksamhet med ett besök av rådets internationella motsvarighet i USA (NWTRB,

Nuclear Waste Technical Review Board), en studieresa till England och ett vetenskapligt symposium om slutförvarets tekniska barriärer den 20-21 november (läs mer om symposiet i detta nyhetsblad).

För närvarande pågår arbetet med Kunskapslägesrapporten 2014 och arbetet med granskningen av SKB:s Fud-program.

Kärnavfallsrådet har utökats med en ny ledamot, Sophie Grape, kärnteknisk forskare vid Uppsala universitet och kärnämnesexpert. Rådets alla ledamöter ser med stort engagemang fram emot nya arbetsuppgifter under 2014.



Ett stort tack till alla som på ett eller annat sätt medverkat i vår verksamhet under året.

God Jul och Gott Nytt År!

Carl Reinhold Bråkenhielm
ORDFÖRANDE