



Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG)
Första Långgatan 18
413 28 GÖTEBORG

Skrivelse

Datum: 2020-02-18
Diariennr: SSM2019-9556
Dokumentnr: SSM2019-9556-6
Handläggare: Bo Strömberg
Telefon: 08-799 41 63

Svar till MKG: SSM:s perspektiv om LOT-försöket, kvalitetssäkring m.m.

Med anledning av frågor som ställts av Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) i flera skrivelser till Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) angående Svensk Kärnbränslehanterings (SKB) långtidsförsök i Äspölaboratoriet, ger SSM följande svar och förtydliganden.

SSM har tagit del av MKG:s senaste skrivelse, daterad 2019-12-20, rörande kvalitetssäkring och redovisning av resultat från LOT-försöket. MKG:s skrivelse ger synpunkter på SSM:s skrivelse (SSM2019-9556-2), som i sin tur är ett svar på MKG:s tidigare båda skrivelser om samma fråga (daterade 2019-10-24 och 2019-11-19).

Inledningsvis i denna skrivelse bemöter SSM, på övergripande nivå och genom hänvisning till myndighetens tidigare bedömningar, MKG:s sakargument avseende omständigheter kring SKB:s ansökan om att få uppföra ett slutförvar för använt kärnbränsle vid Forsmark med bäring på kunskapsläget kring korrosion av koppar. Därefter lämnar SSM vissa kommentarer på MKG:s tolkningar av SSM:s tidigare skrivelse.

LOT-försökets relevans mot bakgrund av kunskapsläget kring kopparkorrosion

SSM har förstått att MKG ser de nu aktuella LOT-försökspaketen A3 och S2 som en möjlighet att få avgörande information om huruvida koppar fungerar som korrosionsbarriär i KBS-3-förvar och att utfallet därför är av största vikt för den pågående tillståndsprovningen. MKG hävdar att den nyligen avslutade etappen av LOT-försöket kan visa att korrosionen av koppar aldrig avstannar.

SSM konstaterar att LOT-försöken har givit (genom de avslutade och avrapporterade A2, S1, A1 och A0) och förväntas ge (de nu aktuella och pågående S2, A3 och S3) användbar information om den initiala utvecklingen av KBS-3-systemets tekniska barriärer efter slutförvarets slutliga förslutning. Det finns dock, enligt myndighetens uppfattning, ingenting som talar för att de nu aktuella etapperna av LOT-försöken kan visa om koppar fungerar eller inte fungerar som inkapslingsmaterial under säkerhetsanalysens tidsskala. Försöken har inte utformats för att uppnå något sådant syfte och det bedöms vara orealistiskt att de skulle kunna ge någon sådan information. Samtliga typer av försök har sina begränsningar och istället för att förlita sig på någon särskild typ av försök är det mer ändamålsenligt att inom ramen för en säkerhetsanalys väga samman information från olika typer av både experimentella och teoretiska studier. Den ytterligare informationsmängd som LOT S2 och A3 kan tillföra i förhållande till redan känd information bedöms vara



begränsad. SSM vill understryka att detta inte betyder att myndigheten anser att LOT är av mindre intresse eller att SSM inte kommer engagera sig i en granskning av SKB:s arbete, endast att resultaten bör sättas in i ett sammanhang och att förväntningar kring vad försöket kan komma att visa behöver vara realistiska.

Förväntade och erhållna resultat med avseende på kopparkorrosion kan inte ge en trovärdig grund för extrapolation av kapselns fortsatta utveckling i den långa tidsskala som hanteras i säkerhetsanalysen. Den initiala utveckling som LOT-försöken simulerar innefattar bl.a. omättade och oxiderande förhållanden som inte är representativa för förverkets förväntade långsiktiga tillstånd i vilket kemiskt reducerande betingelser förväntas föreligga. SSM:s bedömning, redovisad i myndighetens senaste skrivelse (SSM2019-9556-2), att observerade korrosionsangrepp i försökspaketen från de redan avslutade faserna av LOT-försöken i huvudsak kan kopplas till reaktion mellan koppar och initialt närvarande syre, återfinns även i SSM:s granskningsrapport för ett slutförvars långsiktiga strålsäkerhet efter förslutning (avsnitt 4.10.9.2 i ref.[1]).

SSM konstaterar att försök som genomförs under fältmässiga förhållanden, så som LOT, inte kan förväntas ge entydiga svar kring specifika kemiska och fysikaliska processer och mekanismer, eftersom det saknas möjlighet att få full kännedom om och utöva strikt kontroll av alla väsentliga omgivningsbetingelser. Försök till långtgående tolkningar av orsak och verkan blir därför av nödvändighet spekulativa. Försöken kan dock ge verifierande information som ett komplement till annan mera grundläggande forskning. I den ursprungliga planeringen av LOT angavs särskilt utvärdering av hypoteser avseende begränsad omvandling av bufferten under de initialt högre temperaturerna som en prioriterad målsättning, liksom utvärdering av hypotesen en begränsad kopparkorrosionshastighet under oxiderande förhållanden [2].

Som SSM tidigare påpekat (SSM2019-9556-2) baseras myndighetens bedömning av koppar som inkapslingsmaterial på skyddsförmågan för ett slutförvar enligt KBS-3-metoden vid Forsmarksplatsen, analyserat inom ramen för en fullständig säkerhetsanalys (ref.[3] med underlagsrapporter inklusive kompletteringar). Kopparkapslarnas långsiktiga förmåga att isolera det använda kärnbränslet är avhängig platsspecifik information från den sökta Forsmarksplatsen så som bergets egenskaper på förvarsdjup i anslutning till den fullständiga uppsättningen av deponeringshålspositioner, grundvattenkemisk och hydrogeologisk långsiktig utveckling i anslutning till deponeringshålen givet olika alternativa förutsatta klimatutvecklingar, samt buffertens utveckling baserat på sådana förutsättningar. Avgörande för korrosion av koppar i slutförvarsmiljö är den långsamma materieöverföring som kan kopplas till den begränsade förekomsten av vattenförande sprickor på förvarsdjup vid Forsmarksplatsen, långsamma grundvattenrörelser, och buffertens transportmotstånd.

Det har inte förväntats att kopparkapseln skulle vara korrosionsresistent i slutförvarsmiljön i den meningen att korrosionen av höljet kommer att avstanna vid någon specifik tidpunkt. Styrande för korrosionsförloppet är förutom förbrukning av initialt förekommande syre, faktorer som fördelningen av grundvattenflöden och buffertens utveckling. Grunden för den nuvarande kopparkapselns utformning med en 50 mm tjock korrosionsbarriär är att kapseln kan isolera det använda kärnbränslet under tillräckligt lång tid, även om korrosion fortgår med en långsam hastighet. Den fördelning av korrosionshastigheter som har härletts baseras förutom på befintliga kunskaper om korrosionsprocesser, på de materieöverföringsbegränsningar som övriga barriärer upprätthåller och på de geokemiska förhållanden som förväntas råda [3].

Det kan även tilläggas att andra aspekter än korrosionsegenskaper är betydelsefulla för val av kapselmaterial så som möjligheterna att tillverka och prova fullstora kopparkapslar



med en segjärnsinsats som uppfyller acceptanskriterier med i huvudsak bäring på långsiktig strålsäkerhet i slutförvarsmiljö.

MKG menar i sin skrivelse att det saknas experiment som visar att koppar korroderar i ett slutförvar i enlighet med SKB:s redovisning. Beträffande SSM:s bedömning av de enskilda korrosionsprocesserna som tidigare studerats inom ramen för olika typer av experiment och som förväntas förekomma i slutförvaret, hänvisas till SSM:s tidigare granskningsrapporter [1,4]. Förståelsen för de grundläggande kemiska reaktioner som förväntas ske i samband med korrosion av en kopparkapsel i slutförvarsmiljö är baserad på sedan länge mycket väletablerad kunskap om koppar och dess korrosionsprodukter. SSM har påtalat behov av ytterligare experiment med avseende på vissa specifika lokala korrosionsmekanismer så som spänningskorrosion och gropkorrosion som kan ske under särskilda förutsättningar så som vid höga sulfidhalter. Detta föranleds dock inte av att det saknas genomförda experiment, utan av att mer avancerade försöksupställningar möjligen kan ge mer uttömmande information som kan utgöra underlag vid optimering av slutförvarets detaljutformning.

Frågan om materialvalets lämplighet kan inte frikopplas från dimensioneringen av kopparkapseln eftersom kopparhöljets tjocklek avgör hur stora korrosionsangrepp som är möjliga innan kapselns isolerande förmåga går förlorad. Myndighetens sammanvägda bedömning, mot bakgrund av kopparhöljets väl tilltagna föreslagna tjocklek på 50 mm, är att SKB:s slutförvarskoncept är robust i förhållande till förväntade korrosionsangrepp i slutförvarsmiljön och att den föreslagna förvarsutformningen har förutsättningar att uppfylla SSM:s föreskriftskrav.

MKG:s kommentarer på SSM:s tidigare skrivelse

I slutet av sin första skrivelse (2019-10-24) uppmanar MKG SSM att agera för att kvalitetssäkra resultaten från S2-paketet rörande kopparkorrosion. Myndigheten kan inte ta på sig ansvaret att kvalitetssäkra SKB:s experiment eftersom det är en verksamhetsutövarers eget ansvar. SSM kan dock ”stödja en kvalitetssäkring” genom att genomföra en särskild granskning av SKB:s program och vidtagna åtgärder. SSM anger i sin skrivelse som svar på MKG:s fråga nr 2 i MKG:s andra skrivelse (2019-11-19) att: ”SSM avser att granska SKB:s dokumentation och hanteringen kring de aktuella faserna av LOT-försöket, och kommer vid behov att efterfråga kompletterande information”. Denna granskning görs med syftet att fortsatt följa och bevaka SKB:s arbete med att utveckla kunskap och metoder inför de kommande granskningar av SKB:s säkerhetsredovisning som följer av ett tillståndsbeslut.

I MKG:s andra skrivelse anges på sidan 3 att SSM borde ingripa så att LOT-analyserna görs av, från kärnavfallsbolaget, oberoende expertis. SSM anser att det vare sig finns rimliga skäl eller praktiska möjligheter att genomföra insatser av denna typ. SSM förväntar sig att SKB i egen regi och/eller med hjälp av externa experter genomför samtliga nödvändiga analyser av LOT-försöken. Beroende på i vilken omfattning externa bolag anlitas, kan även deras kvalitetssäkringsrutiner bli föremål för SSM:s granskning.

MKG hävdar vidare på sidan 2 i sin senaste skrivelse att SSM (SSM2019-9556-2) angivit att alla korrosionsangrepp mindre än 500 µm måste bero på reaktion med syrgas, att korrosionsprodukter från tidigare LOT-faser endast bildas pga. reaktion med syrgas, och att försök vid företaget Clay Technology AB visar att korrosion av koppar enbart beror på reaktion med syre. SSM konstaterar att ingen av dessa tolkningar stämmer överens med vad SSM tidigare har angivit. Det som omnämns i skrivelsen är att SKB i sitt underlag till ansökan pessimistiskt har skattat korrosion pga. syre i slutförvaret till cirka 500 µm. Angivelsen av just 500 µm är en uppskattning av korrosionsomfattningen som har

baserats på de totala mängder av syre som kan förekomma i en nyligen försluten deporeringsstunnel i ett KBS-3 förvar. Denna siffra har därför ingen relevans för resultat från de nerskalade LOT-försöken.

Även om det är korrekt att SSM beskriver omständigheter som talar för en initialt betydande korrosion av koppar så länge syre finns tillgängligt, så som omnämns på sidan 3 av skrivelsen, är det inte orimligt att även ett antal andra kända korrosionsprocesser skulle kunna förekomma under tidsperioden som omfattas av denna typ av försök. MKG anger i sin skrivelse att bildningen av korrosionsprodukten paratakamit ($\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}(\text{s})$) kan utgöra en indikation på korrosion av koppar i syrgasfri miljö och reaktion med vattenmolekyler. I granskningen av SKB:s tillståndsansökan konstaterade SSM dock att korrosionsprodukten associeras med korrosion under oxiderande förhållanden (avsnitt 4.10.9 i ref.[1]). Denna typ av kopparföreningar har identifierats exempelvis i öknar, i kopparfyndigheters oxidationszon, och på exponerade kopparföremål dvs miljöer med närvaro av syre. Relevant för förhållanden vid Äspölaboratoriet är att denna korrosionsprodukt har bildats vid atmosfäriska tester av korrosionskuponger [5], dvs. prover som varit exponerade för oxiderande snarare än kemiskt reducerande betingelser.

De bedömningar av sakförhållanden som MKG tar upp i sitt avsnitt om kvalitetsfrågor och påpekanden kring experimentella betingelser avser inte primärt kvalitetssäkringsåtgärder som avgör om ett kvalitetsarbete kan anses godtagbart eller inte. Att avvikelser har identifierats i samband med tidigare granskningar, att vissa missöden har förekommit under SKB:s tidigare arbete som i samband med LOT A1 eller att SKB gör tolkningar av experimentella resultat som skiljer sig från MKG:s kan inte anses onormalt eller utgöra belägg för att SKB:s kvalitetsarbete är undermåligt eller att forskningsfusk förekommer. SSM instämmer dock med MKG att SKB:s kvalitetssäkring bör följas med syftet att utvärdera vidtagna åtgärder och undersöka om gradvisa förbättringar genomförs. En mer utförlig bedömning av kvalitetssäkringsfrågor i samband med korrosionsexperiment finns redovisad i SSM:s tidigare granskningsrapport (avsnitt 4.10.8 i ref.[1]).

Slutligen, beträffande MKG:s slutsats att SSM uteslutande förlitar sig på SKB och kärnavfallsorganisationer i andra länder och därmed okritiskt accepterar alla SKB:s uppgifter: SSM:s granskning av SKB:s tillståndsansökan har baserats på en genomgång och värdering av samtliga resultat och argument som SKB åberopar i sin ansökan till stöd för en viss slutsats. En sådan insats fordrar naturligtvis även att myndigheten tillgodogör sig information och resultat från andra vetenskapliga studier av relevans. Om SKB:s uppgifter befunnits otillräckliga (t.ex. med hänsyn till bolagets hantering av till synes motstridiga resultat från andra studier) har SSM begärt kompletteringar där tillkommande information antingen har förtydligat eller uppdaterat den ursprungliga informationen. Detta avser även kompletteringar av kopparkorrosionsfrågor som SSM har begärt under såväl huvudgranskningsfasen, som den senast levererade komplettering avseende mark- och miljödomstolens fem punkter [6].

SSM har givit externa experter i uppdrag att granska olika delar av SKB:s säkerhetsanalys inklusive understödjande dokumentation (samtliga bidrag finns publicerade i SSM:s technical note-serie). Granskningen av ansökan har även innefattat en omfattande hantering av remissvar i två olika omgångar med remissinstanser som exempelvis miljöorganisationer. SSM har också låtit genomföra egna modelleringsstudier, samt har genomfört egna forskningsprojekt inom vissa områden (bland annat inom korrosionsområdet kopplat till exempelvis gropkorrosion och spänningskorrosion i sulfidmiljö) för att skaffa sig ett kompletterande underlag i förhållande till det som redovisats av SKB. Därefter har en övergripande bedömning gjorts baserad på all tillgänglig information. Denna granskningsmetodik innebär att SSM i vissa fall instämmer med SKB:s bedömningar medan i



andra har olika typer av reservationer i förhållande till SKB:s ställningstaganden redovisats, vilket för samtliga granskningsområden framgår av SSM:s granskningsrapport [1].

Med vänlig hälsning

Bo Strömberg
Utredare

Ansi Gerhardsson
Chef slutförvarsenheten

Kopia
Miljödepartementet

Referenser

- [1] SSM, *Strålsäkerhet efter slutförvarets förslutning. Beredning inför regeringens prövning: Slutförvaring av använt kärnbränsle*. SSM Rapport 2018:07, Strålsäkerhetsmyndigheten, 2018-01.
- [2] Karlund O., 1999. Äspö Hard Rock Laboratory Test plan Long term test of buffer material, SKB International Progress Report IPR-99-01.
- [3] SKB TR-11-01 (Art818), 2011. *Redovisning av säkerhet efter förslutning av slutförvaret för använt kärnbränsle. Huvudrapport från projekt SR-Site*. Svensk Kärnbränslehantering AB, Uppdaterad 2012-12.
- [4] SSM, *SSM:s granskning av SKB:s komplettering till regeringen om kapselintegritet*, SSM2019-3222-4, Strålsäkerhetsmyndigheten, 2019-09-30.
- [5] Taxén C, 2004. *Atmospheric corrosion of copper 450 metres underground. Results from three years exposure in the Äspö HRL*. In: Oversby V M, Werme L O (eds). *Scientific basis for nuclear waste management XXVII: symposium held in Kalmar, Sweden, 15–19 June 2003*. Warrendale, PA: Materials Research Society. (Materials Research Society Symposium Proceedings 807), pp. 423–428.
- [6] SKB TR-19-15. *Supplementary information on canister integrity issues*. Svensk Kärnbränslehantering AB, 2019-03.