



Miljödepartementet

103 33 Stockholm

Stockholm, 2019-09-11

Remiss

Remiss av Svensk kärnbränslehantering AB:s kompletterande yttrande i ärende om tillståndsprövning enligt lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet av anläggningar i ett sammanhängande system för slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall
M2018/00221/Ke

KTH har inga kommentarer på remissen ovan.

Sigbritt Karlsson
Rektor

Regeringskansliet

Miljödepartementet

2019-09-13

Remissyttrande

Yttrande över Svensk kärnbränslehantering AB:s kompletterande yttrande i ärende om

- 1. tillåtlighetsprövning enligt 17 kap. miljöbalken av anläggningar i ett sammanhängande system för slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall (M2018/00217/Me)**
- 2. tillståndsprövning enligt lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet av anläggningar i ett sammanhängande system för slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall (M2018/00221/Ke)**

Den övergripande slutsatsen som presenteras i detta yttrande är att SKB:s säkerhetsanalys, SR-site från 2011, är föråldrad då de senaste årens korrosionsforskning tyvärr har bekräftat närvaron av lokala (snabba) korrosions- och försprödningsprocesser på olegerad kopparslutförvaringsmiljön. Det betyder att SR-site inte längre kan anses utgöra ett underlag för den Svenska regeringen i slutförvarsfrågan.

Ett fundamentalt problem med ett slutförvar i Forsmark är att det tar några tusen år innan grundvattnet fyllt tunnarna och samtliga deponeringshål. Dessutom har det nu visats att bentonitlerans svällande förmåga påverkas av mikrobiell aktivitet, saltindunstning samt mineraliseringsprocesser.

Detta gör att den andra barriären, bentonitleran, inte kan fungera som det var tänkt från början. I praktiken har detta visat sig vara ödesdigert för huvudbarriären, den enda barriären som vid deponering av kärnbränslet är helt tät, kopparkapseln. Bentonitleran kommer att bli utsatt för sprickbildning, kanalbildning samt mineralisering/försprödning och kan då inte skydda kopparkapslarna från flera aggressiva korrosionsprocesser. Det kalla och salta grundvatten på ca 12° C som sipprar in i ett deponeringshål kommer att hettas upp av strålningsvärme från kärnavfallet via kopparkapseln, vilket genererar upp till 1700W och en temperatur vid kopparkapseln på ca 90 °C. Detta leder oundvikligen till att fukt och ånga kommer att lämna deponeringshålen, samtidigt som svavel- och kloralternerna stannar kvar och då orsakar oacceptabelt snabb korrosion på den upphettade kopparkapseln. Detta fenomen har kommit att kallas Saunaeffekten. De senaste årens forskning har bekräftat att kopparkorrosion i slutförvaringsmiljön inte bara ger synliga skador på kopparytan i form av gropfrätning. Metallen förstörs dessutom genom s.k. väteförsprödning och andra korrosionsrelaterade processer inne i kopparmaterialet. När olegerad kopparslutförvaringsmiljön korroderar i en syrgasfri miljö bildas fria väteatomer som spontant går in i kopparmetallen och reagerar med kopparslutförvaringspartiklar i svetsfogarna vilket resulterar i små vattenblåsor. Övriga koppargodset drabbas av väteblåsor. Dessa väte-

och vattenblåsor blir fler och fler, inre spänningar uppstår och till slut spricker metallen. Hastigheten på dessa väteförsprödningsprocesser beror på rådande kopparkorrosionshastighet samt temperatur. Baserat på mätningar i riktig slutförvarsmiljö kan man dra slutsatsen att en stor andel av kopparkapslarna, ca 40%, kommer att spricka redan inom 100 år, i huvudsak beroende på dessa väteförsprödningsprocesser.

Kopparmetallen påverkas även av hydroxidjoner samt svavelatomer. Den kombinerade effekten av svavel och väte ger upphov till snabbt växande spänningskorrosionssprickor (SCC) i kapselns områden med mekanisk spänning. Spänningskorrosion och väteförsprödning i kapselmaterialet har alltid ansetts vara helt oacceptabel i en slutförvarsmodell, så även för KBS-3. Under de senaste åren har det bekräftats av flera forskargrupper att SCC sannolikt kommer att ske i slutförvaret, särskilt i kombination med Saunaeffekten. Dessutom har tänkbara skador i kopparmaterialet orsakade av den kombinerade effekten av radioaktiv strålning och exponering i grundvatten helt underskattats av SKB. Nya rön visar att såväl kopparkorrosion som väteupptag accelereras av den radioaktiva strålningen, d.v.s. både väteförsprödning och SCC kan väntas förvärras av strålningen från avfallet, vilket SKB inte ens har börjat studera. Forskare vid KTH har därför påbörjat studier kring frågeställningen.

I Schweiz har man nyligen avslutat en gedigen korrosionsstudie som pågått 19 år (FEBEX-DP) i en riktig slutförvarsmiljö. Flera olika metaller studerades, inklusive legerad och olegerad koppar. Slutsatsen var att olegerad koppar (SKB-koppar) drabbades av gropfrätning och var den sämsta metallen av de undersökta. Bentonitleran, kommer inte att ha mycket till barriäregensheter i Forsmarks slutförvarsmiljö, då sprickor, kanalbildning, svällningsreduktion p.g.a. mikrober samt mineralisering/försprödning kommer att ske. Därför kommer denna s.k. ”barriär” som ska fördröja utsläpp av radioaktiva ämnen när kopparkapslarna går sönder inte heller att fungera på det sätt som SKB redovisar i sin säkerhetsanalys, SR-site. Det faktum att bentonitleran inte kommer att ha några egentliga barriäregensheter, gör att de samverkande korrosionsmekanismerna kommer att förstöra de återstående 60% av kapslarna redan inom 1000 år.

Alla ovan diskuterade korrosions- och degraderingsprocesser med tillhörande vetenskapliga referenser har utförligt beskrivits i en kommande SSM-rapport ¹⁾. Den viktigaste slutsatsen är att SKB:s säkerhetsanalys, SR site från 2011 ²⁾, är föråldrad då de senaste årens korrosionsforskning har bekräftat närvaron av lokala (snabba) korrosions- och försprödningsprocesser på olegerad koppar i slutförvarsmiljön. Det betyder att SR-site inte längre kan anses utgöra ett underlag för den Svenska regeringen i slutförvarsfrågan. SKB:s kompletterande rapport ³⁾ har inte heller tagit hänsyn till de senaste forskningsrönen på ett adekvat sätt.

SSM upphandlade ett granskningsuppdrag rörande SKB:s kompletterande material ¹⁾ under maj månad 2019, men innan uppdraget påbörjades valde myndigheten att skriva ett eget manuskript som skickades in till en vetenskaplig tidskrift den 30 maj 2019 ⁴⁾. I denna publikation genomför SSM en genomgång av majoriteten av de degraderingsmekanismer som mark och miljödomstolen har pekat ut och som ingår i granskningsuppdraget ¹⁾. I ref. 4 redovisas hur SSM ser på degraderingsprocesser för kopparkapseln som bl.a. korrosion i syrgasfritt vatten, punktcorrosion, spänningskorrosion och krypskador. SSM konstaterar vidare att dessa degraderingsprocesser i dagsläget skall anses som osannolika. SSM presenterar dessutom en konsekvensanalys av hur stor radioaktiv påverkan som kan drabba människor då kapslarna går sönder. Syftet med artikeln anges vara att utvärdera KBS-3 modellen med avseende på den potentiella inverkan dessa degraderingsprocesser har på människor p.g.a. radioaktiv strålning. Från beräkningen framgår att SSM:s krav enligt ref. 5 inte kan uppfyllas om dessa degraderingsprocesser är verksamma. Baserat på detta resultat är det något förvånande att SSM

vid förhandlingen i mark och miljödomstolen ändå ansåg att KBS-3 modellen uppfyllde SSM:s föreskrifter och därmed tillstyrkte att miljödomstolen skulle bifalla ansökan. Det är vidare anmärkningsvärt att SSM använder ett förvisso förenklat angreppssätt för att utvärdera vilka potentiella effekter olika kapseldegraderingsprocesser har på spridningen av radioaktivt material, men låter de andra barriärfunktionerna, bufferten och berget, vara helt intakta. Det har i ref. 1 redovisats att barriäregenskaperna även för lerbufferten måste ifrågasättas. Ska denna typ av angreppssätt användas måste alla osäkerheter i samtliga barriärer tas med i kombination med varandra och den totala osäkerheten i skadeverkningar på människor p.g.a. radioaktiv strålning beräknas. Att SSM lyfter ut osäkerheter i degraderingsprocesser endast för kapselmaterialet i ref 4 är därför anmärkningsvärt. Det är dessutom oklart varför SSM väljer att publicera detta innan SKB:s komplettering behandlats av myndigheten, övriga remissinstanser samt regeringen. Att SSM publicerar ett arbete där 1000-tals kapslar går sönder efter några tusentals år samtidigt som de anser att SKB:s säkerhetsanalys SR-site där det anges att mindre än en kapsel går sönder efter en miljon år ska bifallas av mark och miljödomstolen är uppseendeväckande. Frågan bör därför ställas om SSM kan anses objektiv i denna fråga.

- 1) P. Szakálos and C. Leygraf. "Review of SKB:s Supplementary Information on copper canister integrity issues". External reviewers: S. Seetharaman and A. Rosengren. 2019-08-14, SSM-diarie no: 2019-1127. In press.
- 2) Hedin A. et al. 2011. "Long-term safety for the final repository for spent nuclear fuel at Forsmark". Main report of the SR-Site project SR-Site main report, SKB TR-11-01
- 3) Hedin A. et al. 2019. Supplementary information on canister integrity issues. SKB TR-19-15, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 4) Strömberg, B., Sonnerfelt, L., and Öberg, H. Exploratory what-if analysis of some debated canister failure modes in the review of a licence application for the construction and operation of a spent nuclear fuel repository in Sweden, Adv. Geosci., 49, 67–75, <https://doi.org/10.5194/adgeo-49-67-2019>, 2019.
- 5) Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter om skydd av människors hälsa och miljön vid slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle och kärnavfall, SSMFS 2008:37

Tekn. Dr. Peter Szakálos,

Prof. em. Christofer Leygraf

Prof. em. Anders Rosengren

Prof. em. Seshadri Seetharaman

Tekn. Dr. Jan Linder (Ansvarade tidigare för kapsel frågor på Strålsäkerhetsmyndigheten)