



DokumentID  
1385068

Sida  
1(6)  
Datum  
2013-01-02  
Ert datum  
2012-12-10  
Kvalitetssäkrad datum  
2013-03-26  
2013-03-26  
2013-03-26  
Godkänd datum  
2013-03-30  
Kommentar  
Granskning, se SKBdoc id 1387259

Handläggare  
Patrik Sellin  
Er referens  
SSM 2011-2406-86  
Kvalitetssäkrad av  
Saida Engström  
Allan Hedin  
Olle Olsson  
Godkänd av  
Anders Ström  
Kommentar  
Granskning, se SKBdoc id 1387259

Ärende

Strålsäkerhetsmyndigheten  
Att: Ansi Gerhardsson  
171 16 Stockholm

## Svar till SSM på begäran om komplettering rörande kemisk erosion av buffert

Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM, har i skrivelse till Svensk Kärnbränslehantering AB, SKB, daterad 2012-12-07 begärt komplettering av ansökan om slutförvaring av använt kärnbränsle angående faktorer och processer som påverkar den kemiska erosionen av buffertmaterial enligt följande:

1. *Utförlig motivering för den antagna geometriska formen för borteroderat buffertmaterial i deponeringshål (SKB TR-10-66, s 22, figur 4-3).*
2. *Utförlig motivering för val av fall med ren natriumbentonit som det sämsta fall som ger upphov till det högsta riskbidraget.*
3. *Reologiska egenskaper hos bentonit med låg densitet samt med olika kvot av natrium och kalcium på jonbytessäten.*

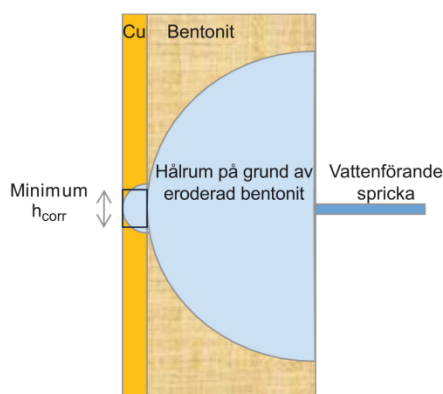
I det följande lämnar SKB förtydligande information till ansökan för var och en av dessa punkter.

### **1. *Utförlig motivering för den antagna geometriska formen för borteroderat buffertmaterial i deponeringshål (SKB TR-10-66, s 22, figur 4-3).***

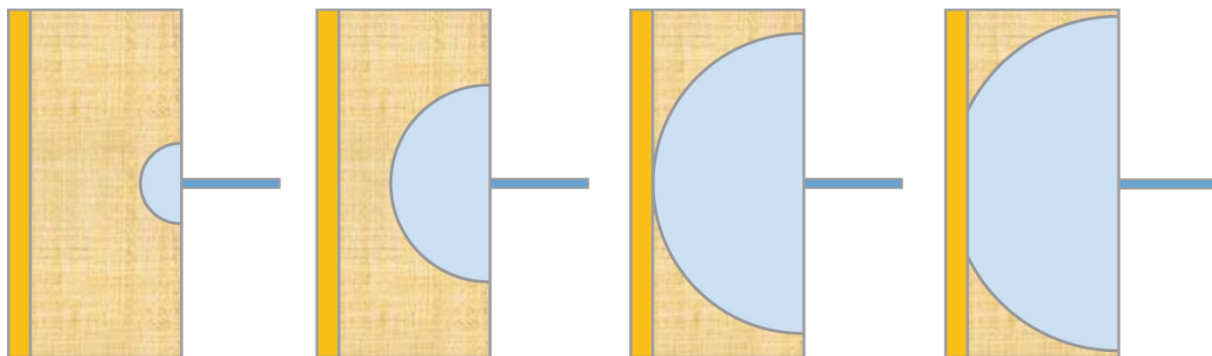
SSM:s utförliga text i kompletteringsbegäran: *I enlighet med SKB:s säkerhetsredovisning SR-Site finns det två scenarier som kan ge upphov till riskbidrag i ett tidsperspektiv på en miljon år. Ett av dem är kapselbrott orsakad av ökad kopparkorrosion till följd av buffertens kemiska erosion, s.k. advektiva fallet (SKB TR-11-01, vol. III, avsnitt 15.2.1). I det advektiva fallet presenteras riskbidraget med antalet kapselbrott orsakade av kopparkorrosion (SKB TR-11-01, vol. III, sid. 608, figur 12-16 och 12-17). Det korroderade djupet i kapselvägg är omvänt-proportionellt till arean på kapselvägg som är utsatt för korrosion (SKB TR-10-66, sid. 14, ekvation 3-5). SKB har tagit fram en volym med halvsfäriskt symmetrisk form för det borteroderade buffertmaterialet i deponeringshål efter buffererosion (SKB TR-10-66, sid. 22, figur 4-3) som blottar en area på kapselvägg där korrosion kan ske. SKB hävdar att denna eroderade buffervolym är ett mycket pessimistiskt antagande. SSM anser att en tillräckligt detaljerad motivering för detta saknas i redovisningen och bör därför kompletteras i ansökan.*

**SKB:s svar:*****Geometrisk form för korrosionsberäkningen***

Den geometriska formen för det borteroderade buffertmaterialet i korrosionsfallet i SR-Site (SKB 2011) är vald för att representera ett rimligt pessimistiskt fall för konsekvensanalysen. Den geometriska formen representeras inte av Figure 4-3 i TR-10-66 (återgiven som Figur 1 nedan) utan av illustrationen längst till höger i Figure 4-2 i SKB (2010) (Figur 2 nedan). Figur 1 visar ett extremt, gränssättande fall, vilket också framgår av texterna i huvudrapporten och i SKB (2010). Det extrema fallet redovisar en situation då erosionen har pågått så att den borteroderade volymen har nått exakt fram till kapseln och sedan upphört. Om erosionen skulle fortgå enligt Figur 2 skulle det bara ta ytterligare ~20% längre tid att gå från den 3:e illustrationen, då korrosionen kan starta, till den 4:e illustrationen, då korrosionen sker enligt korrosionsberäkningarna i SR-Site. I alla andra tidsintervall är korrosionen lägre än i vad som antas i korrosionsberäkningarna. Att då anta att erosionen fortgår precis fram till den tredje illustrationen för att sedan upphöra, bedömdes i SR-Site som orimligt pessimistiskt. Sensitivitetsanalysen i (SKB (2010, figur 5-9 i avsnitt 5.3.5) visar att det pessimistiska fall som valts för konsekvensanalysen ger en omfattning av korrosionen som är cirka en faktor 5 lägre än det orimliga, extrema fallet.



**Figur 1 Illustration av erosions- och korrosionsgeometrin i modellen för erosion och korrosion. Den korroderade kopparytan är modellerad med en konstant höjd, med ett extremt minimivärde som härletts från ett växande, halvcirkulärt tvärsnitt in i kopparmaterialet. (Figur 12-15 i SKB 2011).**



**Figur 2 Illustration av geometrin för erosion av buffert, med ett växande halvcirkulärt tvärsnitt. Efter att kopparytan har nåtts av den eroderade sektionen kommer sektionen att fortsätta växa, och exponera en större höjd på kopparytan. (Figur 4-2 i SKB 2010).**

### ***Homogeniseringsanalysen***

Den geometriska formen av borteroderat buffertmaterial i ett deponeringshål bestäms av dels mängden borteroderat material, dels buffertens förmåga att självläka.

Mängden borteroderat material styrs av vattenflöde, sprickapertur och varaktigheten av förhållanden med jonfattiga grundvatten. Den kvantitativa modellen för erosionstakten bygger på att det borteroderade materialet är en natriumbentonit. Ingen kvantitativ modell finns utvecklad för en kalciumbentonit, men det är känt att kalciumbentonit ger en lägre erosionstakt. Det är därför pessimistiskt att kvantifiera omfattningen av erosionsprocessen med hjälp av en natriumbentonit.

Självläkningen styrs av parametrarna i den materialmodell som beskrivs i Åkesson et al. (2010, avsnitt 6.3.2). Den förlust av buffertmassa som krävs i deponeringshålet för att advektiva förhållanden ska börja råda har i SR-Site bestämts enligt följande: En viss massa antas initialt saknas i ett deponeringshål. Den saknade massan antas ha lämnat ett tomrum i form av en ihålig cylinder kring kapseln. Igensvällningen av den tomma volymen modelleras. Den minsta initialt saknade massa som igensvällningen inte förmår fylla ut väljs som gränsvärde för uppkomst av advektiva förhållanden. Resultatet visar att detta gränsvärde ungefär motsvarar massan hos två buffertringar, dvs det initiala tomrummet har en höjd av en meter. Detta fall illustreras i Figur 3 nedan (Figur 6-7 i Åkesson et al. 2010).

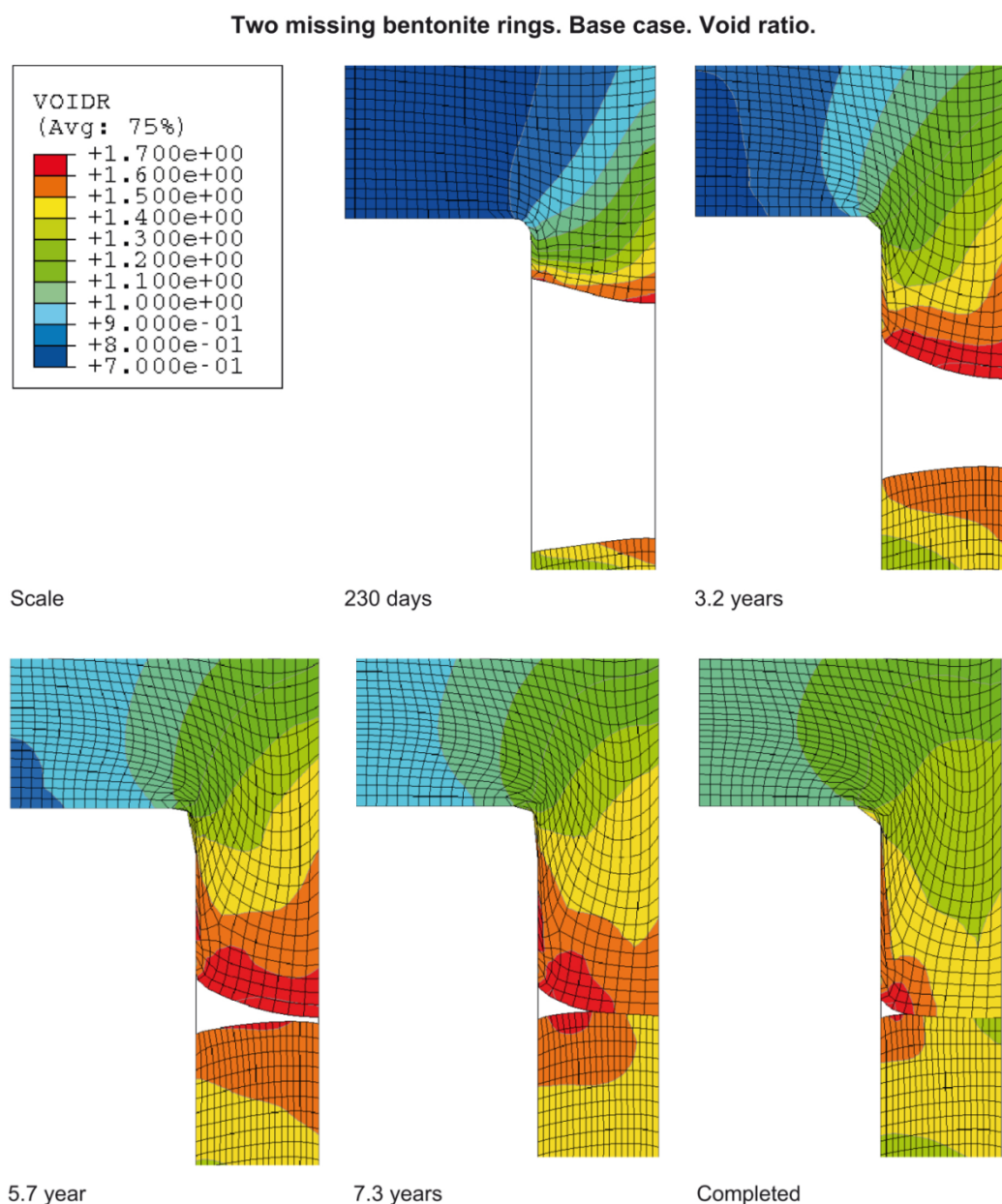
I korrosionsberäkningarna representeras därför situationen längst ner till höger i Figur 3 av fallet längst till höger i Figur 2. Det är uppenbart att den representationen är haltande. Om Figur 3 skulle användas för att bestämma korrosionsgeometrin skulle man snarare hamna i ett fall där bentoniten finns kvar, men svälltrycket är för lågt för att förhindra att det bildas kanaler genom bufferten. Om transportern av sulfid skulle ske genom kanaler och diffundera från dessa till kapseln skulle korrosion potentiellt kunna bli mycket lägre än i referensfallet. Tillvägagångssättet är därför pessimistiskt. (Det ska också noteras att modelleringen i Figur 3 beskriver ett fall där två bentonitringar har tagits bort från början, vilket inte är helt representativt för ett fall där den mättade bentoniten försvinner långsamt.)

Geometrin för det borteroderade buffertmaterialet skulle i princip kunna beräknas med en probabilistisk modell som tog hänsyn till osäkerheterna i materialmodellen och varaktigheten av de utspädda förhållandena. Idag finns dock inte den konceptuella förståelse för hålrumsbildning som skulle behövas för att göra en kvantitativ modellering meningsfull. Den modell som används för erosion (Moreno et al. 2010) innehåller ingen friktionsterm och skulle i praktiken inte ge något hålrum alls, eftersom en fullständig homogenisering sker om inre friktion i bufferten och friktion mot deponeringshålets vägg saknas.

I valet av modellparametrar för beräkningen av maximalt tillåten massförlust behöver hänsyn tas till om materialet är en natriumbentonit eller en kalciumbentonit. Natriumbentonit har gynnsammare svällningsegenskaper vid låga densiteter och skulle ge en högre tolererad massförlust än kalciumbentonit. Materialparametrarna som använts gäller för Mx-80 (ett natriumdominerat material), med ett viktigt undantag: Materialmodellen tar inte hänsyn till den extra svällning som Na-bentonit ger för portal över 1,5. Svälltryckets beroende av portalet fortsätter istället enligt den s k Porous Elastic

modellen, dvs det logaritmiska sambandet med materialparametern  $kappa = 0.21$  (enligt ekvation 8-1 i Åkesson et al. 2010) används i modellen för portal större än 1.5. Som visas i bl a figur 9-5 i Åkesson et al. (2010) finns för Na-bentonit en plötslig förändring i sambandet mellan portal och svälltryck kring detta portal (och svälltrycket 200 kPa) för Na-bentonit men inte för Ca-bentonit. Den valda modellen stämmer alltså betydligt bättre överens med Ca-bentonitens svällningsegenskaper för portal större än 1.5. Valet av materialmodell är därför pessimistiskt i det viktiga avseendet att denna kritiska parameter liknar den för kalciumbentonit.

Detta gör också att självläkningen i ett natriumdominerat system bedöms vara bättre än den som redovisas i Figur 3. Valet av denna materialparameter framgår endast kortfattat i Åkesson et al. (2010) och det är därför viktigt att detta nu kan förtydligas.



**Figur 3 Portalfördelning i bufferten vid fem olika tidpunkter efter deponering för ett fall med två saknade bentonitringar (Figur 6-7 i Åkesson et al. 2010).**

### **Slutsats**

SKB anser baserat på redovisningen i SR-Site, förtydligad enligt ovan, att beskrivningen av hålrumsgemetri för referensfallet i SR-Site ger en pessimistisk förutsättning för korrosionsberäkningarna.

Den eventuella bildningen av hålrum i bufferten och den fortsatta erosionen efter att advektiva förhållanden har åstadkommit är prioriterade områden i SKB:s framtida forskningsprogram kring bufferterrosion.

### **2. Utförlig motivering för val av fall med ren natriumbentonit som det sämsta fall som ger upphov till det högsta riskbidraget.**

SSM:s utförliga text i kompletteringsbegäran: *SKB har tidigare redovisat underlag för processerna för bufferterrosion i två rapporter (SKB TR-09-34 och TR-09-35). I rapporterna ansågs att det sämsta fallet för bufferterrosion som kan leda till kopparkorrosion är fallet där den största mängden (massa) av buffertmaterialet förloras. Detta antagande verkar inte vara konsekvent med resultaten av SKB:s senare analys i rapport SKB TR-10-66. Enligt den senare analysen bör det sämsta fallet vara det som ger den minsta korrosionsutsatta arean av kapselsvägg efter bufferterrosion, istället för det som leder till största förlorade mängden av buffertmaterial. Med hänsyn till denna villrådighet anser SSM att SKB:s tidigare redovisning av bufferterrosion vid analysen av ren natriumbentonit (SKB TR-09-34 och TR-09-35) inte längre kan antas vara det mest konservativa fallet, eftersom fallet med ren natriumbentonit ger bara den största eroderade mängden av buffertmaterial. Det är dock inte säkert att det leder också till den minsta utsatta arean för kopparkorrosion. Motivering för val av fall med ren natriumbentonit som det sämsta fall som ger upphov till det högsta riskbidraget bör kompletteras.*

### **SKB:s svar:**

I SR-Site används data för MX-80 (natriumbentonit) i beräkningarna av maximal massförlust innan advektiva förhållanden nås, dock med det viktiga tillägget att självläkningen och kavitetbildningen baseras på data för kalciumbentonit (se svaret på fråga 1 ovan), vilket ger ett mer pessimistiskt utfall än om data för natriumbentonit använts också här.

I SR-Site har alltså erosionshastigheter för natriumbentonit kombinerats med data för självläkningen och kavitetbildningen för kalciumbentonit. Detta är inte konsistent, men pessimistiskt. Redovisningen av detta faktum är dock knapphändig i underlaget till SR-Site där det anges i en kort punkt på sidan 179 i Åkesson et al. (2010). En utförligare beskrivning om materialmodellen finns i svaret till fråga 1 ovan.

### **3. Reologiska egenskaper hos bentonit med låg densitet samt med olika kvot av natrium och kalcium på jonbytessäten.**

SSM:s utförliga text i kompletteringsbegäran: *Reologiska egenskaper hos bentonit med låg densitet samt med olika kvot av natrium och kalcium på jonbytessäten bör också kompletteras om ren natriumbentonit inte längre kan betraktas att representera det sämsta fallet för riskbidrag.*

**SKB:s svar:**

Den här frågan bör kunna anses som mindre betydelsefull då det framgår av förtydligandena i svaren till frågorna 1 och 2 att SKB hanterat modelleringarna som inbegriper reologiska parametrar pessimistiskt. Detta är dock ett prioriterat forskningsområde där resultat förväntas från Erosions- och BELBaR-programmen. BELBaR deliverable D4.2 (Bilaga 1) redovisar ett testprotokoll för reologimätningar av bentonit.

Med vänlig hälsning

**Svensk Kärnbränslehantering AB**  
Avdelning Kärnbränsleprogrammet

Helene Åhsberg  
Projektledare Tillståndsprövning

**Referenser*****Dokument och referenser i ansökan***

**Moreno L, Neretnieks I, Liu L, 2010.** Modelling of erosion of bentonite by gel/sol flow. SKB TR-10-64, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**SKB, 2010.** Corrosion calculations report for the safety assessment SR-Site. SKB TR-10-66, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**SKB, 2011.** Long-term safety for the final repository for spent nuclear fuel at Forsmark. Main report of the SR-Site project. SKB TR-11-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Åkesson M, Kristensson O, Börgesson L, Dueck A, Hernelind J, 2010.** THM modelling of buffer, backfill and other system components. Critical processes and scenarios. SKB TR-10-11, Svensk Kärnbränslehantering AB.

***Övriga referenser***

**SKBdoc 1385747, ver 1.0.** BELBaR D4.2. Protocol for rheological measurements within the BELBaR project.

**Bilagor**

**SKBdoc 1385747, ver 1.0.** BELBaR D4.2. Protocol for rheological measurements within the BELBaR project.