

Kvalitetssäkring

2017-05-09 Klas Källström (TS)

2017-05-09 Peter Larsson (Godkänd)

Kommentar

Strålsäkerhetsmyndigheten  
Att: Georg Lindgren  
171 16 Stockholm

## Svar till SSM på begäran om komplettering av ansökan om utökad verksamhet vid SFR – effekter av tidig permafrostpåverkan

Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM, har till Svensk Kärnbränslehantering AB skickat en begäran om komplettering av ansökan om utökad verksamhet vid SFR, SSM2015-725-44, daterad 2016-10-10, som avser effekter av tidig permafrost.

SKB översänder härmed begärda komplettering. Leveransen består av detta brev och tillhörande bilaga. I det följande återges de tre frågorna från SSM och efter varje fråga ges SKB:s svar, mer detaljerade information kopplad till frågorna ges i den bifogade bilaga.

- 1. Förvarets tålighet mot eventuell frysning under de första 10-15 ka, konsekvent med en upprepning av Weichsel-glaciationen, samt vilka effekter en frysning under denna tidsperiod har på slutförvarets skyddsförmåga.**

En upprepning av Weichselglaciationen skulle inte innebära en frysning av förvarets barriärer under de första 10 000 - 15 000 åren. I SKB:s säkerhetsanalys SAR-08 sker en frysning av SFR:s barriärer betydligt senare än så vid en upprepning av Weichsel-glaciationen (bilaga 1, avsnitt 2.4.1. och 2.4.2). I SKB:s senaste säkerhetsanalys för SFR, SR-PSU, visas dessutom att en frysning av förvarets barriärer endast kan ske senare än vid en hypotetisk upprepning av Weichselglaciationen (bilaga 1, avsnitt 2.3.2).

SKB har i ansökan utvärderat fyra klimatfall som är antingen exemplifierande eller gränssättande sekvenser av framtida klimat. Ett av dessa fall, *klimatfallet med tidigt periglacialt klimat*, är specifikt identifierat och konstruerat för att adressera frågan kring tidig frysning. Detta klimatfall ska inte ses som en trolig framtida utveckling utan har tagits fram för att belysa en ytterlighet i framtida klimat. Detta för att följa de allmänna råden till SSMFS 2008:37, 5 – 7 §§:

*” att klimatutvecklingarna bör väljas så att de tillsammans belyser de mest betydelsefulla och rimligt förutsägbara sekvenserna av framtida klimattillstånd och deras påverkan på slutförvarets skyddsförmåga och omgivningskonsekvenser ”*

SKB anser att *klimatfallet med tidigt periglacialt klimat* i SR-PSU utgör ett vetenskapligt välmotiverat, pessimistiskt analyserat, gränssättande fall för tidigaste tidpunkt för kallt klimat och permafrost i Forsmark. Hanteringen av osäkerheter är omhändertagen i och med att pessimistiska val gjorts genom hela kedjan av antaganden och val av parametrar i klimat- och permafrostsimuleringarna. Med dessa modelleringar, som har stöd i internationell forskning, visas att frysning av betongbarriärer på förvarsdjup skulle kunna ske tidigast om runt 54 000 år om fryskriteriet som använts i SR-PSU på

-3 °C används (bilaga 1, avsnitt 2.3.2). Resultaten visar även, vid pessimistiska antaganden, att grundvatten skulle kunna frysa i Forsmark och bilda grund permafrost om runt 17 000 år.

Studier av effekterna av frysning av färsk och kraftigt lakad betong som frysts ner till -10°C i en miljö representativ för 1BMA i samband med en permafrost har genomförts (bilaga 1, kapitel 3). Studierna visar att båda materialen erhåller vissa mindre interna skador men att båda bibehåller sin strukturella integritet. Av det flertal studier som SKB låtit genomföra har endast ett prov i en enskild studie erhållit skador vid frysning till -3°C. I samtliga övriga fall har skador uppstått tidigast vid en frysning till -5°C och då endast för prover som torkats innan vattenmättnad med en metod i strid med vad som är lämpligt för betong.

För att besvara SSM:s fråga, har en beräkning av effekterna av att barriärerna fryser sönder redan vid 12 000 e Kr utförts. Denna beräkning visar att dosen blir högre efter permafrosten jämfört med i huvudscenariot, men den maximala dosen inträffar innan permafrosten och således är den maximala dosen för denna beräkning samma som för huvudscenariot (bilaga 1, kapitel 4). SKB har dock visat att det inte kommer bli så kallt i Forsmark att betong-barriärerna i SFR fryser tidigare än om runt 54 000 år (bilaga 1, avsnitt 2.3.2) och att betongbarriärerna inte kommer frysa sönder vid en frysning (bilaga 1, kapitel 3).

I bilaga 1 beskriver SKB utförligt sin motivering till och analys av tidpunkten för första frysning i SR-PSU, samt varför en upprepning av Weichsel inte är relevant för denna analys. Bilaga 1 beskriver vidare resultat av frysstudier på betong, samt de beräkningar som gjorts för det hypotetiska fallet med sönderfrysning vid 12 000 e Kr. Sammanfattningsvis är SFR förlagt till ett sådant djup och plats att en frysning av betongbarriärerna före ca 56 000 e Kr inte kommer att ske och att slutförvarets skyddsförmåga inte påverkas av en tidig frysning.

## **2. Förtydligande av hur betongdegraderingen som antas i huvudscenariot och scenariot med accelererad betongdegradering påverkar temperaturen när betongen degraderar pga. av frysning.**

Som visas i bilaga 1 så är den temperatur vid vilken porvattnet i betong fryser beroende av storleken på den por som vattnet är inneslutet i. I bilaga 1 visas även att porstorleksfördelningen hos ett kraftigt lakat material skiljer sig från den hos ett färskt material. I *Redovisning av säkerhet efter förslutning* (SKB 2015, avsnitt 7.6.3) anges att *scenariot med accelererad betongdegradering* bland annat är förknippat med en tidigare eller större ökning av betongens porositet, dock utan att ange hur detta påverkar betongens porstorleksfördelning. SKB har genomfört studier av frysning av både färsk och kraftigt lakad betong som frysts ner till -10°C i en miljö representativ för 1BMA i samband med en permafrost (bilaga 1, kapitel 3). Studierna visar att båda materialen erhåller vissa mindre interna skador men att båda bibehåller sin strukturella integritet. Det faktum att frysningsegenskaperna för dessa båda material är likvärdiga trots betydande skillnader i sammansättning och porositet pekar på att frysningsegenskaperna hos betong som degraderat enligt huvudscenariot kommer att vara likvärdiga de som degraderat enligt *scenariot med accelererad betongdegradering*.

## **3. Hur i SKB:s scenarioanalys antaganden rörande betongdegradering förhåller sig till effekten av antaganden om en tidig frysning av förvaret.**

Enligt *Redovisning av säkerhet efter förslutning* (SKB 2015, avsnitt 7.4.1) ingår en period med periglaciala förhållanden med permafrost i Forsmark under perioden med

lägst solinstrålning runt 17 500 till 20 500 e Kr i *huvudscenariots variant med tidigt periglacialt klimat*. Under denna period med periglaciala förhållanden, kan frusen mark inte uteslutas på försvarsdjup (SKB 2015, avsnitt 6.2.3 samt bilaga 1 avsnitt 2.3.2). Däremot kan temperaturen på försvarsdjup under denna period inte minska till  $-3$  °C eller lägre, det vill säga den temperatur som är relevant för frysning av förvarets betongkonstruktioner (SKB 2015, avsnitt 6.5.8). I radionuklidtransportberäkningarna för närzonen antas därför samma tidsförlopp för betongdegradering i *huvudscenariots variant med tidigt periglacialt klimat* som i *huvudscenariots variant med global uppvärmning*.

Med vänlig hälsning

**Svensk Kärnbränslehantering AB.**  
Projekt SFR Utbyggnad

Peter Larsson  
Projektledare

### Bilagor

- 1 *Information om klimat och effekter på SFR till följd av frysning.*  
SKBdoc 1572377 ver 1.0, Svensk Kärnbränslehantering AB.

### Referenser

**SKB, 2015.** Redovisning av säkerhet efter förslutning för SFR. Huvudrapport för säkerhetsanalysen SR-PSU. Svensk Kärnbränslehantering AB.

### Revisionsförteckning

Ver	Datum	Revideringen omfattar	Utförd av	Kvalitetssäkrad	Godkännare