

**Från:** Georg Lindgren <georg.lindgren.konsult@skb.se>  
**Skickat:** den 29 maj 2020 18:03  
**Till:** Borg, Patrik  
**Kopia:** Klas Källström; Jenny Brandefelt; Magnus Westerlind; SKB Registrator;  
Säkerhet, kvalitet och miljö – Gemensam Mailbox  
**Ämne:** Underlag SSM-PSU möte om scenarier och klimatfall  
**Bifogade filer:** 1900723 - Presentation PSU-SSM-möte om scenarier och klimatfall.pptx

Hej Patrik!

Bifogat en Powerpointpresentation som underlag för mötet den 16 juni om scenarier och klimatfall i PSAR för utbyggnaden av SFR.

Jag antar att uppkopplingen via Skype inte borde vara något problem, men det kan ändå vara bra att kolla att det fungerar någon dag innan mötet. Skulle förmiddagen den 15 juni passa dig?

Med vänliga hälsningar,  
Georg

Georg Lindgren (konsult Kemakta Konsult AB)  
Svensk Kärnbränslehantering AB  
Enheten Säkerhetsredovisning och krav

E-post: [Georg.lindgren.konsult@skb.se](mailto:Georg.lindgren.konsult@skb.se)  
Telefon: +46 707 21 29 35

PSU-SSM-möte  
om scenarier och  
klimatfall

2020-06-16

## Bakgrund

SKB planerar viss utveckling av scenarierna i SR-PSU till nästa steg i den stegvisa prövningen, PSAR. Utvecklingen är ett led i det iterativa arbetet med att utveckla analysen av säkerhet efter förslutning för utbyggt SFR och baseras på:

- Resultaten från SR-PSU (F-PSAR) och därtill hörande kompletteringar
- SSM:s bedömning i Granskningsrapport – Utbyggnad och fortsatt drift av SFR (2019:18, Del III)
- Nuvarande kunskapsläge

## Syfte

- SKB informerar om den planerade utvecklingen
- SSM ges möjlighet att reflektera kring den planerade utvecklingen

## Planerad utveckling av scenarierna i SR-PSU:

- Klimatvarianter som underlag till scenarioanalysen
- Borrade brunn som exponeringsväg
- Intrångsbrunnar som framtida mänskliga handlingar (restscenario)
- Representera osäkerheter probabilistiskt i huvudscenariot:
  - Radionuklidinventarium
  - Koncentration av komplexbildare
  - Grundvattenflöde
- Utveckling av betongbarriärernas egenskaper
- Utveckling av bentonitbarriärens egenskaper

## Klimatvarianter

SKB har sett över beskrivningen av klimatvarianter som underlag till scenarioanalysen i SR-PSU (PSAR) baserat på:

- Resultaten från SR-PSU (F-PSAR) och därtill hörande kompletteringar
- SSM:s bedömning i Granskningsrapport – Utbyggnad och fortsatt drift av SFR (2019:18, Del III, avsnitt 3.2, 9.2)
- De allmänna råden till 9§ SSMFS 2008:21 och till 5-7§§ SSMFS 2008:37, gällande utveckling av yttre betingelser i olika kategorier av scenarier
- Nuvarande kunskapsläge om framtida klimatutveckling

## Basvariant

I enlighet med 10§ i SSMFS 2008:37 inkluderas ett fall som utgår ifrån att de biosfärsförhållanden som råder vid tiden för ansökan om tillstånd för uppförande av slutförvaret inte förändras.

Fyra (*fem*) klimatvarianter som underlag för scenarioanalysen:

\* Ingår i huvudscenario

- **Global uppvärmning\*** – framtida utveckling påverkad av global uppvärmning
- **Tidig permafrost\*** – osäkerhet kring omfattning av global uppvärmning
- Förlängd global uppvärmning – osäkerhet kring omfattning av global uppvärmning
- Glaciation och post-glaciala förhållanden – osäkerhet kring möjlighet för inlandsis efter år 52 000
- *Hypotetisk permafrost (komplettering)* – visa på förvarets robusthet mot tidigt periglacialt klimat

## Resultat av referensutveckling och scenarioanalys

- Säkerhetsfunktionerna för de tekniska barriärerna påverkas inte av klimatutvecklingen under de första 50 000 åren efter förslutning.
- De maximala omgivningskonsekvenserna för de allra flesta beräkningsfallen som ingår i SR-PSU infaller inom 10 000 år efter förslutning, främst på grund av avklingning av det radioaktiva inventariet.
- Den högsta beräknade dosen för en representativ individ i den grupp som utsätts för den största risken, från utsläpp av radioaktiva ämnen från befintligt SFR och den planerade utbyggnaden, erhålls under tempererade klimatförhållanden.

## SKB:s metodik för att välja klimatvarianter

- Identifiera och beskriva den spännvidd inom vilken framtida klimat på förvarsplatsen kan variera under analysperioden.
- Identifiera och beskriva en uppsättning möjliga framtida klimatutvecklingar. De olika klimatutvecklingarna väljs så att de tillsammans belyser de mest betydelsefulla och rimligt förutsägbara sekvenserna av framtida klimattillstånd och deras påverkan på slutförvarets skyddsförmåga och omgivningskonsekvenser. Valet av de klimatutvecklingar som ligger till grund för analysen grundas på känslighetsanalyser och expertbedömningar.

## Spännvidd av framtida klimat vid SFR under kommande 100 000 åren

- Klimatet kommande 100 000 åren bestäms till stor del av dagens höga koncentrationer av växthusgaser i atmosfären, och de antropogena växthusgasutsläppen under detta århundrade.
- Det är högst sannolikt att dagens nivåer av antropogena växthusgasutsläpp kommer att fortsätta kommande årtionden, eller att utsläppen begränsas under denna tidsperiod.
- Det är högst sannolikt att den nuvarande varma perioden (interglacialen) kommer att fortsätta ytterligare 50 000 år, och troligen 100 000 år eller längre om dagens nivåer av växthusgasutsläpp fortsätter under kommande årtionden.
- En utveckling som kännetecknas av betydligt högre utsläpp av växthusgaser än dagens bedöms som osannolikt och utan betydelse för förvarets skyddsförmåga.

### 3.2 Långsiktig klimatutveckling, 9.2 Val och kategorisering av scenarier

#### **SSM:s bedömning**

SSM bedömer att [beräkningsfallet *hypotetisk permafrost*] på ett ändamålsenligt sätt visar på förvarets robusthet mot ett tidigt, periglacialt klimat.

SSM bedömer att beaktandet av glaciala och postglaciala förhållanden inom ramen för riskutvärderingen hade varit önskvärd ur ett känslighets-/fullständighetsperspektiv.

Välj klimatvarianter som underlag för scenarier i enlighet med de allmänna råden till 9§ SSMFS 2008:21:

- Huvudscenariot ska grunda sig på den troliga utvecklingen av yttre betingelser
- Mindre sannolika scenarier tas fram för utvärdering av scenarioosäkerhet, hit hör varianter av huvudscenariot med alternativa händelse och tidsförlopp
- Restscenarier ska omfatta händelseförlopp och förhållanden som väljs och studeras oberoende av sannolikheter bl.a. för att belysa betydelsen av enskilda barriärer och barriärfunktioner

# Klimatvarianter som underlag för scenarioanalys



## F-PSAR

\* Ingår i huvudscenario

Fyra (*fem*) klimatvarianter som underlag för scenarioanalysen:

- **Global uppvärmning\*** – framtida utveckling påverkad av global uppvärmning
- **Tidig permafrost\*** – osäkerhet kring omfattning av global uppvärmning
- Förlängd global uppvärmning – osäkerhet kring omfattning av global uppvärmning
- Glaciation och post-glaciala förhållanden – osäkerhet kring möjlighet för inlandsis efter år 52 000
- *Hypotetisk permafrost (komplettering) – visa på förvarets robusthet mot tidigt periglacialt klimat*



## PSAR

\* Ingår i huvudscenario

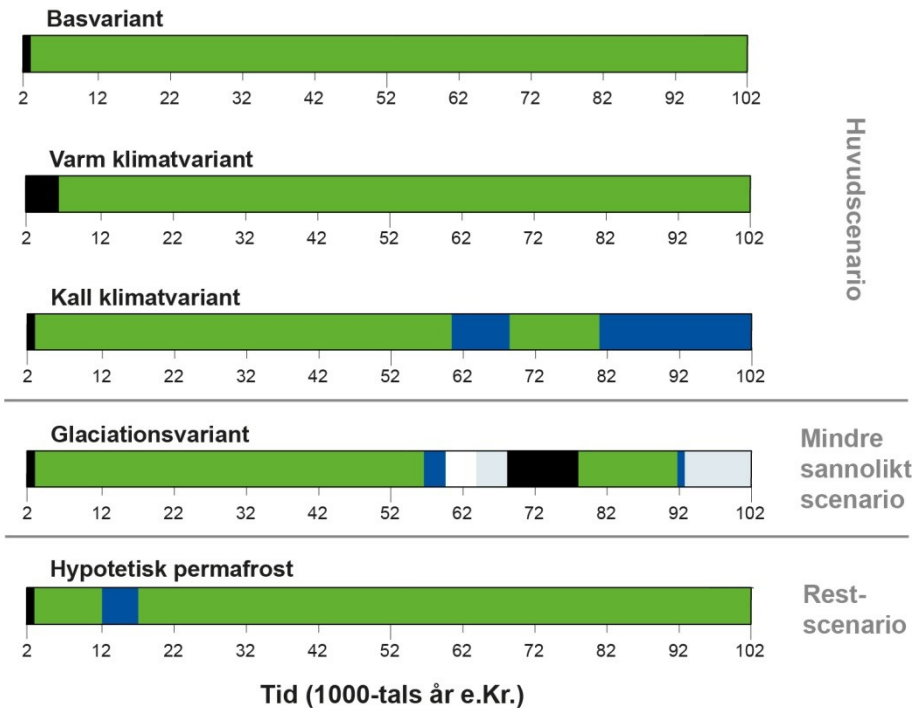
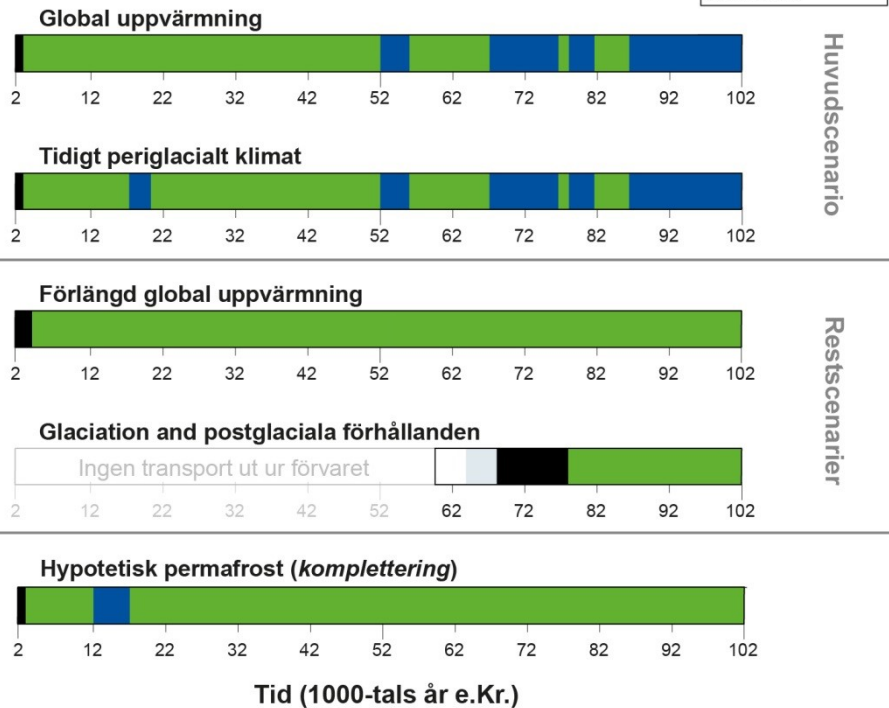
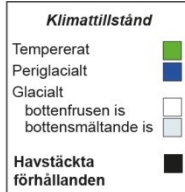
Fem klimatvarianter som underlag för scenarioanalysen:

- **Basvariant\*** – dagens klimat
- **Varm klimatvariant\*** – sannolik framtida utveckling givet att dagens nivåer av antropogena växthusgasutsläpp fortsätter kommande årtionden
- **Kall klimatvariant\*** – möjlig framtida utveckling givet omfattande minskning av atmosfärisk CO<sub>2</sub>
- Glaciationsvariant – osannolik framtida utveckling som resulterar i perioder av inlandsis följt av havstäckta och tempererade förhållanden.
- Hypotetisk permafrost – visa på förvarets robusthet mot tidigt periglacialt klimat

# Klimatvarianter som underlag för scenarioanalys

## F-PSAR

## PSAR



Klimatvarianterna i PSAR representerar tillsammans samma spännvidd av möjliga klimatutvecklingar som varianterna i F-PSAR.

### 9.2 Val och kategorisering av scenarier

#### SSM:s bedömning

Scenariot med brunnar nedströms förvaret beaktar dagens levnadsvanor i förhållande till slutförvarets förläggningsdjup. SSM bedömer därför att scenariot följer de allmänna råden till 5-7 §§ i SSMFS 2008:37. **Eftersom brunnsborrning är en relativt vanligt förekommande aktivitet kan det också ses som en exponeringsväg och inte som ett scenario, vilket innebär att scenariot skulle kunna integreras som en exponeringsväg i övriga scenarier.** Att scenariot lämpligen klassificeras som ett mindre sannolikt fall (SSM 2016:09, del 5, avsnitt 4.3.3) stöds dock enligt SSM:s bedömning av SKB:s utvärdering av brunnens tidsmässiga variation, vilken visar en minskad brunnensitet med tiden. På samma sätt som konstaterades i granskningen av SAR-08 är det sannolikhetsresonemang som förs godtagbart eftersom SKB utvärderar risk mot riskkriteriet 10-6. **Hade SKB, som i SSR 2001, i stället valt att utvärdera risken mot det riskkriterium på 10-5, som enligt de allmänna råden till 5-7 §§ i SSMFS 2008:37 är lämpligt om enbart en liten grupp människor kan antas bli exponerade, bör i fallet SFR i stället en sannolikhet på 1 användas för denna typ av exponeringsväg.**

SKB planerar att inkludera en borrad brunn nedströms förvaret som en exponeringsväg för en liten grupp med sannolikhet 1 som utvärderas mot riskkriteriet  $10^{-5}$ . För jämförelse med andra exponeringsvägar, och för risksummering, delas den beräknade dosen med 10.

### 9.2 Val och kategorisering av scenarier

#### **SSM:s bedömning**

SKB har i SR-PSU valt att betrakta fallet med intrångsbrunnar som ett mindre sannolikt scenario och inte som en del i restscenariot borring i förvaret. Intrångsbrunnar har pga. den betydligt mindre arean av förvarsutrymmena betydligt mindre sannolikhet att inträffa än borring av vattenbrunnar i interaktionsområdet. **SSM bedömer att intrångsbrunnar rent formellt borde ha klassificerats på liknande sätt som restscenariot borring i förvaret. Scenariot intrångsbrunnar blir en direkt konsekvens av borring i förvaret, vars direkta effekter redovisas som ett restscenario.**

SKB planerar att klassificera intrångsbrunnar som framtida mänskliga handlingar (restscenario).



## 9. Scenarier, 11 . Sammanfattande bedömning.

### 9.2 Val och kategorisering av scenarier, 11.7 Skydd av människors hälsa

#### **SSM:s bedömning**

SSM anser att det mindre sannolika *scenariot med högt inventarium* rent formellt bör beaktas som ett alternativt initialtillstånd.

SSM bedömer dock att **delar av analyserna inom ramen för de mindre sannolika scenarierna bör integreras i huvudscenariot** i kommande analyser av strålsäkerheten efter förslutning. I detta avseende avses i första hand de hur de tekniska barriärerna för den befintliga anläggningen representeras i initialtillståndet.

Baserat på ny kunskap planerar SKB att representera följande osäkerheter probabilistiskt i huvudscenariot i PSAR:

- Inventarium
- Koncentrationer av komplexbildare
- Grundvattenflöde i berggrund och förvaret

De mindre sannolika scenarierna *Högt inventarium* och *Högt flöde i berggrunden* utgår

### 9.2 Val och kategorisering av scenarier

#### SSM:s bedömning

SSM konstaterar exempelvis att de befintliga betongkonstruktionerna har ett betydande antal genomgående sprickor, i första hand för 1BMA, vilket behöver jämföras med de sprickfria egenskaper som har ansatts för 1-2BMA betongbarriärerna i 1-2BMA i initialtillståndet i SR-PSU. **SSM bedömer dock att SKB:s mindre sannolika scenario med accelererad degradering av betongbarriären till viss del hanterar avvikelser också för det initiala tillståndet.** SSM anser även att SKB kan minska betydelsen av denna typ av avvikelse genom användningen av modifierade förvarsutformningar (2BMA) samt genom att genomföra reparationsåtgärder för befintliga delar (1BMA). **Oavsett dessa åtgärder anser myndigheten att osäkerheter kopplade till förutsättningar att uppnå det i säkerhetsanalysen ansatta initialtillståndet för befintliga och tillkommande betongkonstruktioner behöver i kommande säkerhetsanalyser beaktas genom ett eller flera särskilda beräkningsfall i huvudscenariot.** Egenskaper hos anläggningens betongbarriärer i befintligt skick behöver beaktas på ett utförligare sätt i samband med kommande säkerhetsanalyser.

SKB önskar ett förtydligande om SSM anser att ett oreparerat 1BMA ska ingå i huvudscenariot och risksummeringen. SKB föreslår att huvudscenariot antar *partiell förstärkning* av 1BMA i enlighet med Uppdaterad analys av strålsäkerheten efter förslutning för 1BMA i SFR1 (SKBdoc 1686798). SKB föreslår vidare att en sidoberäkning som antar *ingen reparation* av 1BMA inkluderas, som stöd för en diskussion kring påverkan av en partiell förstärkning på säkerheten efter förslutning.

Vidare planerar SKB ett mindre sannolikt scenario som representerar *både* generellt sämre egenskaper för det initiala tillståndet och en snabbare degradering av betongbarriärernas egenskaper.

# Illustration av bentonitbarriärens funktion

## 11. Sammanfattande bedömning

### 11.6 Slutförvarets konstruktion och utförande

#### SSM:s bedömning

Processer som skulle kunna påverka bentonitbarriären i Silo är frysning i samband med permafrost, accelererad mineralomvandling till följd av interaktion med betong, samt kemisk erosion. **SSM bedömer att de två senare processerna, som är diffusionsstyrda, är alltför långsamma för att få betydelse för barriärens funktioner under den tidsperiod som är relevant för detta förvar.** I fallet med cementinteraktion så är effekterna av sådana mineralomvandlingar i första hand associerande med reducerad svällningsförmåga snarare än avsevärt förändrade hydrauliska egenskaper. Detta gör att betydelsen sannolikt blir liten för bentonitbarriärens huvudsakliga barriärfunktion. **Beträffande frysning bedöms barriären återfå sina ursprungliga egenskaper när materialet tinar i samband med att ett varmare klimat återuppstår.**

I den befintliga förvarsdelen Silo har bentonitbufferten som omger betongbarriären en flödesbegränsande barriärfunktion. Ett särskilt beräkningsfall i SR-PSU illustrerar betydelsen av bentonitbarriärens degradering. Även i detta fall bedömer SSM att analysen visar på robusthet och redundans i Silos barriärsystem som helhet.

SKB planerar att inkludera ett restscenario som illustrerar bentonitbarriärens funktion. Detta ersätter det mindre sannolika scenariot *bentonitdegradering* i F-PSAR.

# Sammanfattning – SR-PSU scenarier som diskuterats på detta möte



## F-PSAR

Global warming climate  
Early periglacial climate variant

High inventory  
High flow in the bedrock  
Accelerated concrete degradation  
Bentonite degradation  
High concentrations of complexing agents  
Wells downstream of the repository  
Intrusion wells

Extended global warming  
Glaciation and post-glacial conditions  
Hypothetical permafrost

## PSAR

Base case *Huvudscenario*  
Warm climate  
Cold climate

### *Mindre sannolika scenarier*

Accelerated concrete degradation  
High concentrations of complexing agents  
Glaciation

Bentonite degradation *Restscenarier*  
Hypothetical permafrost