

## **SKB – Huvudrapport SR-Site**

### **Redovisning av säkerhet efter förslutning av slutförvaret för använt kärnbränsle**

#### **Huvudrapport från projekt SR-Site**

#### **Del I**

I tidigare distribuerad rapport finns det fel som nu har korrigerats. De korrigerade sidorna 40, 69, 113 och 181 bifogas. Den ändrade texten är markerad med en vertikal linje i sidmarginalen. En uppdaterad pdf-version av rapporten, daterad 2012-01, finns på [www.skb.se/publikationer](http://www.skb.se/publikationer).

**Svensk Kärnbränslehantering AB**  
Swedish Nuclear Fuel  
and Waste Management Co  
Box 250, SE-101 24 Stockholm  
Tel +46 8 459 84 00



Efter omkring 10 000 år är doserna för nästan samtliga fall lägre än den dos som orsakas av den normala bakgrundsstrålningen i Sverige. De enda undantagen är det fall där retentionsegenskaperna i kapseln, bufferten och berggrunden ignoreras (fall D\*) och det fall där det förekommer snabb upplösning av bränslet i kombination med kapselbrott (fall E och E\*). Det låga vattenflödet och den gynnsamma grundvattenkemin i berget samt närvaron av återfyllningen och förslutningen av förvarstunneln skyddar därför i hög grad mot ett bränsle för vilket upplösningshastigheten är oförändrad.

## **Ytterligare resultat**

Ytterligare resultat från beräkningarna av utsläpp av radionuklider och dos presenteras i avsnittet med slutsatser nedan. Här ingår bland annat en summering av riskbidragen från de scenarier som inte kunde uteslutas från analysen, beräkningar av doser till levande organismer förutom människor, beräkningar som utförts med alternativa, förenklade analytiska modeller och användning av alternativa säkerhetsindikatorer.

## **S3.12 Steg 10: Ytterligare analyser och stödjande argument**

### **Översikt**

I detta steg av analysen görs ytterligare ett antal analyser för att fullborda säkerhetsanalysen:

- Analyser av scenarier som rör framtida mänskliga handlingar.
- Analyser för att påvisa optimering och användning av bästa möjliga teknik, BAT.
- Verifiering av att de FEP som uteslutits under tidigare delar av analysen har försumbar betydelse i ljuset av den genomförda scenarie- och riskanalysen.
- En kort redovisning av tidsperioden bortom en miljon år.
- Användning av naturliga analogier.

Nedan ges endast resultat från den första punkten. Vissa resultat från de övriga punkterna sammanfattas i slutsatsavsnittet i denna sammanfattning.

### **Scenarier relaterade till framtida mänskliga handlingar**

I enlighet med allmänt accepterade principer och SSM:s föreskrifter är de framtida mänskliga handlingar som studeras begränsade till globala föroreningar och handlingar som utförs efter förslutningen av förvaret, sker vid eller nära förvarsplatsen, är oavsiktliga och försämrar säkerhetsfunktionerna hos förvarets barriärer. För detta används ett systematiskt tillvägagångssätt som omfattar en teknisk analys, en analys av samhällsfaktorer, ett urval av representativa fall och slutligen scenariebeskrivningar och konsekvensanalyser av de fall som valts. De viktigaste slutsatserna från dessa analyser sammanfattas nedan.

- För ett stiliserat fall där borrhälspersonal oavsiktligt borrar igenom en kapsel och en del av det använda bränslet förs upp till ytan drogs följande slutsatser:
  - Doshastigheten som en individ bland borrhälspersonalen skulle utsättas för under tiden han eller hon arbetar i det mycket kontaminerade området kan vara relativt hög. Om borrhållningen sker omkring 5 000 år efter förslutningen av förvaret kommer emellertid doshastigheten att ha minskat till ett värde som understiger 1 mSv/timme.
  - Den totala dos som fås om borrhålet används som brunn 300 år efter förslutningen av förvaret understiger bakgrundsstrålningen.
  - Den högsta totala årliga effektivdosen från utnyttjande av mark för jordbruksändamål, vilken kontamineras med bränslerester, är mycket hög. Det noteras dock att beräkningarna utförts med ett antal förenklade pessimistiska antaganden.
- Inverkan av ett öppet undersökningsborrhål på grundvattenflödet och på återfyllningens långsiktiga egenskaper i deponeringstunneln i närheten av borrhålet bedöms som försumbara.
- En tunnel som byggts i den övre delen av berggrunden skulle inte påverka grundvattenflödet på förvarsdjup på ett sådant sätt att existensen av tunneln skulle innebära att slutförvarets säkerhetsfunktioner hotas.
- Exploatering av de potentiella mineralresurserna i närheten av Forsmark skulle inte påverka förvarets säkerhetsfunktioner.

Den sistnämnda punkten ger viktiga indata till säkerhetsanalysen. Initialtillståndet för de tekniska komponenterna beskrivs i kapitel 5, med utgångspunkt från det innehåll i **Produktionsrapporterna** som har koppling till den långsiktiga säkerheten.

FEP-hantering i steg 2 gav upphov till ett antal FEP, som relaterar till initialtillståndet. De flesta av dessa täcks in av beskrivningarna av initialtillståndet och den efterföljande användningen av denna information i analysen. Ett fåtal FEP för initialtillståndet, exempelvis sådana som relaterar till en ofullständig förslutning av förvaret, kräver separat behandling i scenarieanalysen som görs i senare skeden av säkerhetsanalysen. Sådana FEP redovisas i avsnitt 5.1.3.

### 2.5.3 Steg 3: Beskrivning av externa förhållanden

Faktorer relaterade till externa förhållanden hanteras i de tre kategorierna ”klimatrelaterade frågor”, ”storskaliga geologiska processer och effekter” samt ”framtida mänskliga handlingar” (FHA<sup>5</sup>). Hanteringen av dessa faktorer beskrivs i **Klimatrapporten**, **Processrapporten för geosfären** respektive **FHA-rapporten**.

Ett viktigt moment vid hanteringen av externa förhållanden är att ta fram externa referensförhållanden för den efterföljande analysen. Dessa externa referensförhållanden förutsätter en upprepning av den senaste 120 000 år långa glaciationscykeln – Weichsel. En alternativ referensutveckling baseras på antagandet om en ökad global växthuseffekt. Dessutom undersöks de fysikaliskt möjliga klimatförhållanden som skulle ha den allvarligaste inverkan på förvarets säkerhet. Syftet är att använda dessa vid scenarieanalysen i ett senare steg av analysen. Hanteringen av klimatrelaterade frågor beskrivs utförligare i avsnitt 6.2.

Framtida mänskliga handlingar hanteras i enlighet med den metodik som fastställdes i säkerhetsanalysen SR-Can och som i viss utsträckning uppdaterats för SR-Site. Utifrån en strukturerad redovisning av ett stort antal FEP som rör FHA, väljs ett antal stiliserade fall ut för vidare analys. Detta beskrivs i analysen av scenarier för FHA, se avsnitt 14.2.

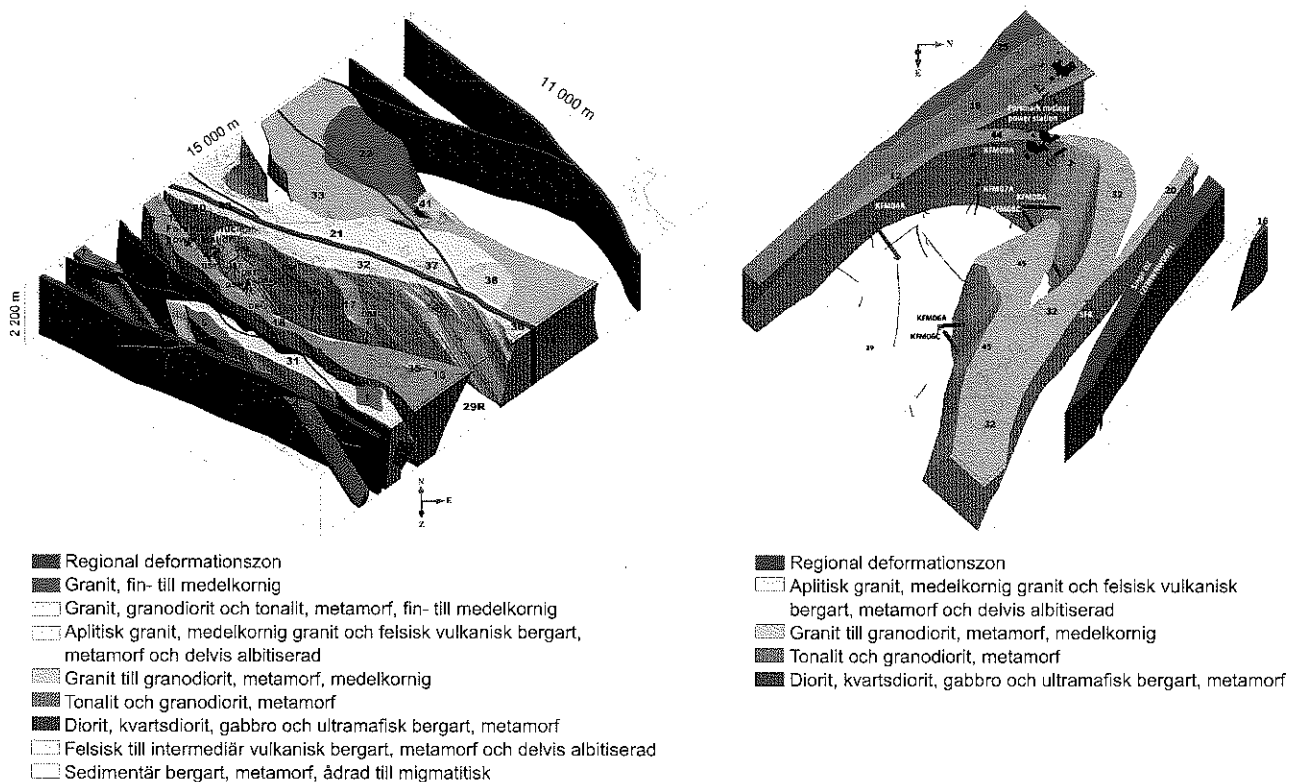
### 2.5.4 Steg 4: Beskrivning av processer

Identifieringen och hanteringen av processer av betydelse för förvarets långsiktiga utveckling och säkerhet är en huvudpunkt i säkerhetsanalysen. Identifieringen av processer baseras på tidigare analyser och sällning av FEP. Alla processer som identifieras inom systemgränsen – och som är relevanta för systemets långsiktiga utveckling – beskrivs i tre särskilda **Processrapporter**: en för bränslet och kapseln, en för bufferten, återfyllningen och förslutningen samt en för geosfären. Kortvariga processer eller förändringar i geosfären, som orsakas av byggnationen av förvaret, ingår i **Processrapporten för geosfären** och beaktas i säkerhetsanalysen.

Varje process dokumenteras i **Processrapporterna**. Dokumentationen följer en mall med följande rubriker:

- Översikt/allmän beskrivning.
- Beroenden mellan process och systemvariabler.
- Randvillkor.
- Modellstudier/experimentella studier.
- Naturliga analogier/observationer i naturen.
- Relevant tidsperspektiv för processen.
- Hantering i säkerhetsanalysen SR-Site.
- Hantering av osäkerheter i SR-Site.
- Relevans hos referenser som stödjer hanteringen i SR-Site.

<sup>5</sup> Future Human Actions.



**Figur 4-8.** Tredimensionell modell av bergdomäner (numrerade) och regionala deformationszoner (röd färg). Flera domäner, inklusive RFM029, är ofärgade för att lyfta fram det strukturella utseendet på platsen och i den tektoniska linsen. Den dominerande bergarten i varje domän illustreras med hjälp av olika färger (se förklaring). Till vänster: Regional modell som visar den modellerade sydöstra förlängningen av flera domäner (figur 4-15 i /Stephens et al. 2007/). Till höger: Bergdomäner i den nordvästra delen av kandidatområdet, betraktade åt väster ungefär från läget för SFR (figur 4-6 i /Stephens et al. 2007/).

#### Bergdomäner utanför den prioriterade volymen

Bergdomäner utanför den tektoniska linsen och den prioriterade volymen lutar brant åt sydväst, vilket följer tendensen hos kustens deformationsbälte, se figur 4-8. De domineras av olika sorters granitoida och övervägande felsiska vulkaniska bergarter samt kvartsfattig diorit till gabbro. I enheterna RFM018 och RFM021 på båda sidor om den tektoniska linsen, se figur 4-7, är berggrund mer inhomogen.

#### Tilltro

Tilltron är stor till såväl bergdomänernas geometri som deras egenskaper ned till ett djup av 1 000 m inom och i den prioriterade volymens omedelbara närhet. Däremot kvarstår signifikanta osäkerheter beträffande karaktären och geometrin hos bergdomäner utanför den prioriterade volymen, exempelvis i havsområdet.

#### 4.3.2 Mineraldillgångar

Malmtillgångarna i kustområdet i norra Uppland har samband med bergarterna och deras karakteristik. Vid en bedömning av möjliga malmtillgångar drogs slutsatsen att det inte finns någon potential för fyndigheter av metaller och industriella mineraler inom Forsmarks kandidatområdet. En möjlig förekomst av järnoxidmineral uppdagades i ett område sydväst om kandidatområdet, huvudsakligen i det felsiska till metavulkaniska berget. Mineralfyndigheterna är dock små och har i dagsläget bedömts sakna ekonomiskt värde /Lindroos et al. 2004/. Felsiskt till metavulkaniskt berg dominerar också i domän RFM021, belägen norr om och utanför kusten vid kandidatområdet, se figur 4-7. Det finns ingen dokumenterad förekomst av järnmineral i tillgängliga data från öarna. Eftersom det mesta av denna bergdomän ligger under Östersjön, varifrån inga mineralogiska data finns, så kan förekomsten av järnoxidmineral inte helt uteslutas i bergdomän RFM021.

Vattenmättnaden och svällningsprocesserna utgör en del av buffertens långsiktiga utveckling och kan inte kontrolleras vid initialtillståndet. Utifrån analyser av dessa processer kan det i stället ställas krav på initialtillståndets geometri och densitet. Utifrån dessa krav kan sedan en referensutformning härledas och specificeras.

## 5.5.2 Referensutformning och produktionsmetoder

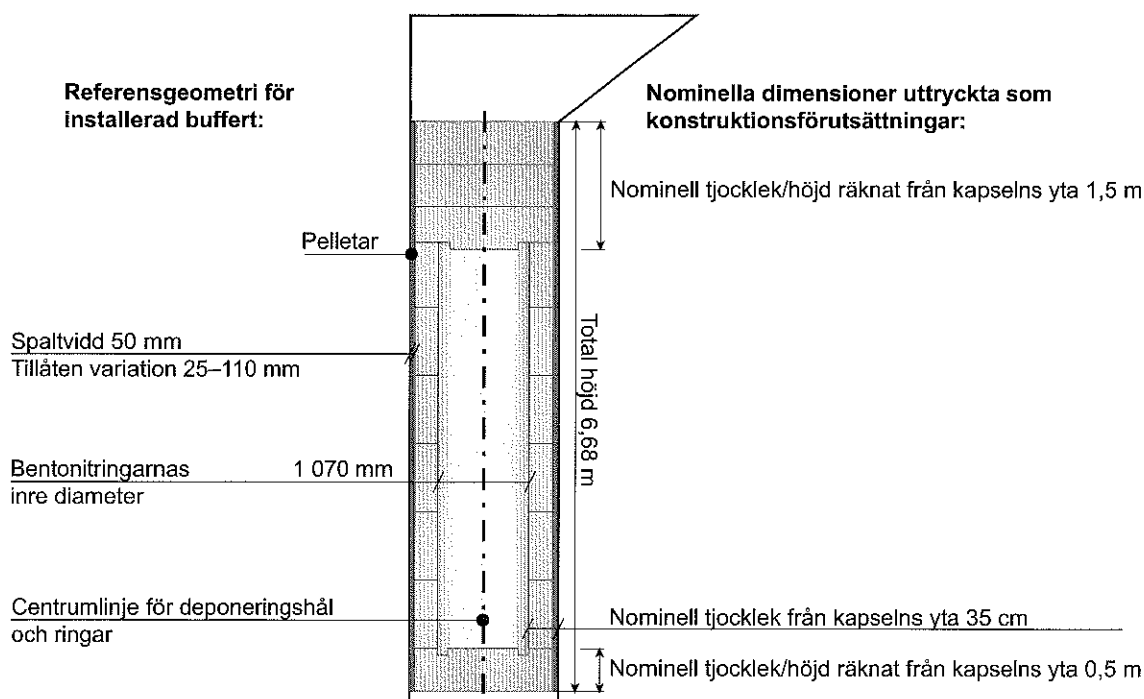
### Referensutformning

Referensutformningen av bufferten beskrivs av en uppsättning *konstruktionsparametrar* för vilka nominella värden och tillåtna toleranser ges. Konstruktionsparametrarna kommer att kontrolleras vid produktionen för att bekräfta att den producerade bufferten vid initialtillståndet överensstämmer med referensutformningen och för att ge en uppskattning av buffertens faktiska egenskaper vid initialtillståndet.

Referensutformningen av bufferten består av specifikationer för:

- Materialsammansättningen.
- Det material som är klart för kompaktering.
- De tillverkade blocken och pelletarna.
- Den installerade bufferten.

Referensbuffertens geometri visas i figur 5-11. Bufferten består av ett bottenblock, sex ringar runt kapseln och tre block ovanför kapseln. Bufferten slutar och återfyllningen tar vid på toppen av det tredje blocket ovanför kapseln. Buffertblockens centrumlinje sammanfaller med deponeringshålets centrumlinje. Spalten mellan blocken och bergytan i deponeringshålet fylls med pelletar. Tjockleken av den installerade bufferten kommer runt kapseln att avvika från den nominella tjockleken som är 35 cm. Den installerade buffertens tjocklek beror på deponeringshålets diameter och hur denna varierar längs med hålet samt på ringarnas position inuti hålet. Bufferttjockleken kommer också att påverkas av kapselns läge i ringarna samt av kapselns diameter. Kapseln kommer att centreras i buffertringen.



**Figur 5-11.** Referensgeometrin hos den installerade bufferten, se figur 3-3 i *Produktionsrapporten för bufferten*.