



|                              |                |                   |                     |                |
|------------------------------|----------------|-------------------|---------------------|----------------|
| DokumentID<br>1207112        | Version<br>1.0 | Status<br>Godkänt | Reg nr              | Sida<br>1 (40) |
| Författare<br>Ingrid Aggeryd |                |                   | Datum<br>2009-05-27 |                |

## Anteckningar expertgruppsmöte berglinjen 2009-05-26

Plats: Folkets Hus, Barnhusgatan 12-15, Stockholm  
Tid: 2009-05-26 kl 9.00 - 14.30  
Deltagare: SSM Bengt Hedberg, Bo Strömberg (förmiddag), Öivind Toverud, Lena Sonnerfelt  
SKB Olle Olsson, Ingrid Aggeryd, Johan Andersson, Rolf Christiansson, Mats Holmberg, Karl-Erik Almén, Assen Simeonov, Lena Morén, Sverker Nilsson, Marika Westman, Eva Widing, Magnus Westerlind, Martina Sturek

### 1 Inledning (Olle Olsson, SKB)

Detta möte om berglinjerapporten är ett av tre möten om linjerapporter. Den 13 maj hölls ett möte om kapsellinjen. En introduktion som redovisade ramverket för linjerapporterna gavs vid det mötet och kommer delvis att upprepas idag för att ge nya deltagare samma bakgrund och övergripande information. Syftet med linjerapporterna är att visa gången för slutförvarets barriärer fram till initialtillståndet och tillförlitligheten i att ställda krav och specifikationer uppnås.

### 2 Linjerapporterna (Lena Morén, SKB)

SKB:s presentation av "Linjerapporter: syfte, omfattning och struktur" framgår av bilaga 1.

### 3 Krav och konstruktionsförutsättningar

#### Design premises för berglinjen (Johan Andersson, SKB)

SKB:s presentation av "Design premises for a KBS-3V repository based on results from the safety assessment SR-Can and some subsequent analyses" framgår av bilaga 2.

#### *Diskussion*

SSM frågar om EFPC-kriteriet har ändrats från SR-Can där kriteriet innebar en skärning av sprickor mot kapselns centrumläge.

SKB svarar att man i nuläget ser över den exakta formuleringen av kriteriet så att det inte leder till onödigt bortfall av kapselpositioner.

SSM frågar om ett bortfall innebär att en kapselposition förskjuts eller om det leder till att ett öppnat kapselhål överges.

SKB svarar att man i nuvarande analyser utgår ifrån att man första hand förskjuter positionen, eller i tveksamma fall borrar ett pilothål där man bedömer en kapselpositions lämplighet och där man vid behov kan förskjuta positionen. Det kan även inträffa att ett färdigborrat deponeringshål behöver överges.

SSM frågar hur SKB gör för att avgöra hur lång en deformationszon är.

SKB svarar att den bedömningen görs från platsmodellen eftersom det inte går att mäta längden lokalt i berget.

SSM frågar om ny sprickbildning och om detta ger ett försumbart riskbidrag.

SKB svarar att sprickor som bildas efter förslutning av förvaret inte är konstruktionsstyrande men att frågan hanteras i SR-Site. Där utreder man bland annat frågan om förvaret skulle kunna utgöra en svaghetszon i berget. Analysen visar att det inte är fallet. En rapport om detta kommer troligen att publiceras under det här året.

SSM påpekar att man vid granskning av SR-Can frågat om korrelation mellan storlek på sprickor och vattenflöden i dem.

SKB svarar att vi har alternativa modeller med mer eller mindre sådan korrelation. Troligen är de flesta vattenförande sprickor också långa, men korta sprickor kan också ha höga vattenflöden.

SSM pekar på att man i Finland planerar för mindre avstånd mellan deponeringstunnlar än vad SKB gör och frågar varför man gör olika i detta avseende.

SKB svarar att detta är en fråga om termisk dimensionering av avstånd mellan deponeringshål och deponeringstunnlar. Kortare avstånd mellan hål gör att det behövs större avstånd mellan deponeringstunnlar vilket leder till ökad total area för slutförvaret men kortare total tunnellängd. Större avstånd mellan deponeringshål gör att avståndet mellan tunnlar kan göras mindre men att den totala längden på tunnlar blir större.

SSM frågar om hänsyn tas till att den termiska konduktiviteten i berget varierar.

SKB svarar att den layout som nu tas fram baseras på att ett avstånd mellan deponeringshål väljs utan hänsyn till lokala förhållanden i berget. Detta leder till för stort avstånd i många fall med avseende på temperaturkriteriet, men alternativet är lokala mätningar av värmeledning, något som SKB får överväga i ett senare skede. Avsikten i nuläget är att visa på ett robust förhållningssätt. I en framtid kan även enskilda kapslar ses över med avseende på bränsleinhåll och dess effekt, men det är inte aktuellt att göra inför ansökan. Det finns bättre möjligheter att göra optimeringar när det finns större kunskaper om förhållanden på förvarsdjup i berget.

### **Övriga krav och konstruktionsförutsättningar (Mats Holmberg, SKB)**

SKB:s presentation av "Övriga krav och konstruktionsförutsättningar" framgår av bilaga 3, där även innehållsförteckningen för Berglinjerapporten redovisas.

## **4 Referensutformning (Rolf Christiansson, SKB)**

SKB:s presentation av "Referensutformning" framgår av bilaga 4.

### *Diskussion*

SSM frågar om området för slutförvaret går att utvidga om kärnkraften byggs ut.

SKB svarar att detta är en fråga som diskuteras i rapporter om platsval. Den ansökan som lämnas in kommer att vara för dagens program med totalt 12 000 ton uran. Om större område behövs i en framtid måste större områden undersökas än vad som gjorts i platsundersökningarna.

SSM frågar om rampen för nerfart även är dimensionerad för ett eventuellt byte till KBS-3H.

SKB svarar att rampens storlek är sådan att det även går att föra ner supercontainers för deponering enligt KBS-3H i den.

SSM frågar om spjälkning i deponeringshål.

SKB svarar att detta kopplar till krav på buffertdensitet och att det även kan vara en fråga om flödesvägar i uppluckrat berg. Deponeringshålen rensas på eventuellt lösgjort material från spjälkning. Alternativa lösningar vid större spjälkning är att ett deponeringshål överges eller att buffertblocken anpassas till hålets verkliga dimensioner.

SSM pekar på att frågan om spjälkning tas upp i SR-Can.

SKB svarar att spjälkning kan uppstå när ett hål tas ut eller senare efter deponering på grund av värmepåverkan från kapseln. Det sistnämnda hanteras i SR-Site.

SSM frågar om det finns kriterier för att överge hål på grund av spjälkning.

SKB svarar att det nuvarande kriteriet är att ett hål överges om spjälkningsdjupet är större än 5 cm, men detta beror på om det blir ändamålsenligt att ta fram speciallösningar för utformning av buffertblock. Grunden är att den installerade bufferten ska uppfylla krav på densitet efter vattenmättnad.

## **5 Produktion och kontroll, hantering och installation (Rolf Christiansson och Mats Holmberg, SKB)**

SKB:s presentation av "Referensmetoder" framgår av bilaga 5.

### *Diskussion*

SSM frågar hur produktionsanpassad den testade metodiken för berguttag är.

SKB svarar att detta är nästa steg i utvecklingsarbetet. Det är fråga om en balans mellan att spränga försiktigt och att minska omfattningen på efterarbete. En optimering av hela cykeln måste göras. Driften av slutförvarsanläggningen, inklusive uttag av deponeringsområden planeras ske med egen personal, vilket gör att SKB ges större möjligheter styra hanteringen med avseende på kvalitetskrav. Däremot kommer entreprenörer att anlitas för drivning av tillfarter till anläggningen och centralområdet.

SSM frågar om det finns rapporter om EDZ och utveckling av metoder för att mäta detta.

SKB svarar att det finns en rapport som i nuläget är på tryckning (R-09-17 Studies of factors that affect and controls the Excavation Damaged/Disturbed Zone) och en annan rapport som är på granskning.

SSM frågar om SKB har gjort några egna studier av EDZ i deponeringshål.

SKB svarar att man förutom egna studier även gjort en litteraturstudie om EDZ vid fullortsborrning.

## **6 Initialtillstånd (Mats Holmberg, Assen Simeonov och Rolf Christiansson, SKB)**

SKB:s presentation av "Initialtillstånd och detaljundersökningsprogram" framgår av bilaga 6.

### *Diskussion*

SSM frågar var framtida utvecklingsarbete redovisas i ansökan.

SKB svarar att det pågår en diskussion om var i ansökan SKB ska redovisa sina planer för framtida arbete. SKB:s bedömning är att säkerhetsredovisningen inte bör innehålla ett utvecklingsprogram, men återkommer i frågan.

SSM frågar med anledning av EFPC-kriteriet om SKB avser att ta ut deponeringshål i tur och ordning.

SKB svarar att ett pilothål borrar innan en deponeringstunnel drivs där resultaten jämförs med prediktionerna. Det samma gäller för deponeringshål. EFPC-kriteriet hanteras vid kartering av tunnel och vid kartering av deponeringshål. Det måste finnas en systematik i beslutsfattande som innebär att det först beslutas om ett deponeringsområdes utbredning, därefter beslutas i tur och ordning var tunnlar placeras, var deponeringshål placeras och slutligen om godkännande av enskilda deponeringshål.

SSM kommenterar att frågan och utveckling av informationshantering pekar på en stor utmaning som även SSM behöver tänka igenom.

SKB svarar att det kommer att samlas mycket stora mängder information under slutförvarsanläggningens drift. Denna information kan förvaltas och föras över mellan system så länge SKB finns. En intressant fråga är vad som händer med informationen när SKB har avslutat sitt uppdrag och företaget avvecklats. Det gäller att utveckla strategier som även tar hänsyn till detta. SKB avser att behandla frågan om långsiktigt informationsbevarande på en övergripande strategisk nivå i ansökan.

## **7 Avslutning, övriga frågor (Olle Olsson, SKB)**

SKB framhåller att det är viktigt att få synpunkter från SSM efter redovisningarna av linjerapporterna om det är något väsentligt som saknas för ansökan som borde finnas i det underlaget.

SSM svarar att man återkommer i frågan, men att det kan vara svårt att ge några närmare besked utan att se själva linjerapporterna.

SKB avser enligt nuvarande planering inte att publicera linjerapporterna tidigare än när ansökan lämnas in.

SKB noterar att SSM vid förra mötet om kapsellinjen uttryckte ett önskemål om att det skulle hållas ett möte om bränslelinjen. Det finns sedan tidigare planer att hålla ett möte mellan SSM och SKB om kriticitet. SKB:s förslag är att det mötet även kan ta upp bränslelinjerapporten och återkommer med information om det finns något datum fastställt för det mötet.

SSM konstaterar att en breddning av det mötet till att omfatta bränslelinjen innebär en delvis annan bemanning från myndigheten vid mötet, men kontrollerar om det skulle vara möjligt att hantera frågan på det viset.

## Bilaga 1

# Linjerapporter: syfte, omfattning och struktur

## Syfte

- Redovisa krav och andra konstruktionsföresattningar för KBS-3-förvaret och dess tekniska barriärer och bergutrymmen
- Redovisa en tekniskt genomförbar referensutförning som svarar mot konstruktionsföresattningarna
- Redovisa hur SKB planerar att producera de tekniska barriärerna, bygga bergutrymmena och uppföra slutförvaret på ett kvalitetssäkrat sätt
- Tillhandahålla den information om slutförvarets konstruktion och utförande som krävs för redovisningen av slutförvarets långsiktiga säkerhet – SR-Site

SKB 2

## Linjerapporter

- Common basis for the production of the KBS-3 repository
- Spent nuclear fuel for disposal in the KBS-3 repository
- Design, production and initial state of the
  - canister
  - buffer
  - backfill – (återfyllning och plugg i deponeringstunnlar)
  - closure – (förlutning av borrhål, bergutrymmen, schakt och tunnlar som inte är deponeringstunnlar)
 for the safety assessment SR-Site
- Design, construction and initial state of the underground openings for the safety assessment SR-Site

SKB 4

## Linjerapporter

Syfte, omfattning och struktur

SKB 1

## Omfattning

En rapport med flera delar

```

graph LR
    A[Repository production report] --- B[Spent fuel report]
    A --- C[Canister production report]
    A --- D[Buffer production report]
    A --- E[Backfill production report]
    A --- F[Closure production report]
    A --- G[Underground opening construction report]
    
```

SKB 3

### Avgränsningar

- Den gemensamma delen innehåller en beskrivning av KBS-3-systemet och de krav som ställs på säkerhet och strålskydd men inga analyser av anläggningarnas säkerhet eller miljöpåverkan
- Bränslelinjen är baserad på fastställt driftscenario och det bränsle som för närvarande finns i Clab – alternativa driftscenarier ingår ej
- Berglinjen redovisar hur slutförvaret anpassas till platsen – platsval och berget som barriär ingår ej
- Linjerapporterna omfattar primärt konstruktionsföresattningar relaterade till långsiktig säkerhet – krav relaterade till miljöpåverkan och arbetskydd nämns men redovisas ej närmare
- Linjerapporterna innehåller designöversäkanden och konstruktionsföresattningar relaterade till tillämpning av bästa möjliga säkerhets- och strålskyddsteknik – motiveringar av de presenterade lösningarna som bästa möjliga ingår ej



5

### Common basis for the production line reports

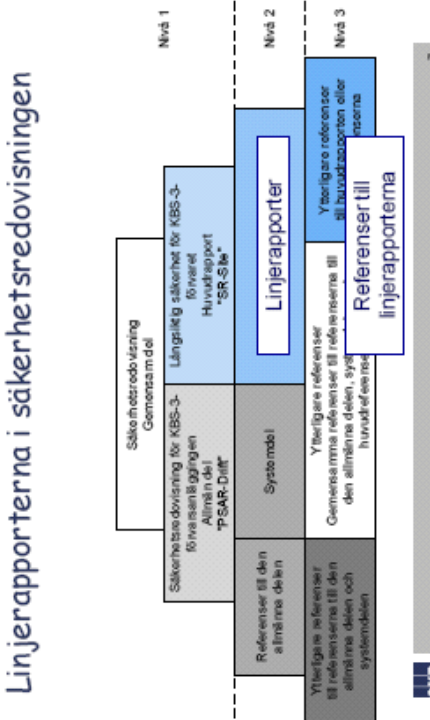
#### Syfte och innehåll

- Syfte:
  - Ge gemensamma förutsättningar och utgångspunkter för linjerapporterna
  - Ge en överblick över KBS-3-förvaret med dess barriärer och övriga delar
  - Ge en överblick över KBS-3-systemet
- Innehåll:
  - Syfte och avgränsningar
  - Linjerapporternas roll i säkerhetsredovisningen och deras gränssnitt mot andra dokument inom den
  - Kort om linjerapporternas struktur och innehåll
  - Centrala begrepp med definitioner/förklaringar
  - Gällande författningar och deras tillämpning i linjerapporterna
  - KBS-3-förvaret och dess barriärer inklusive viktiga tekniska utgångspunkter för barriärernas utformning
  - KBS-3-systemet – en överblick samt introduktion av produktionslinjerna



6

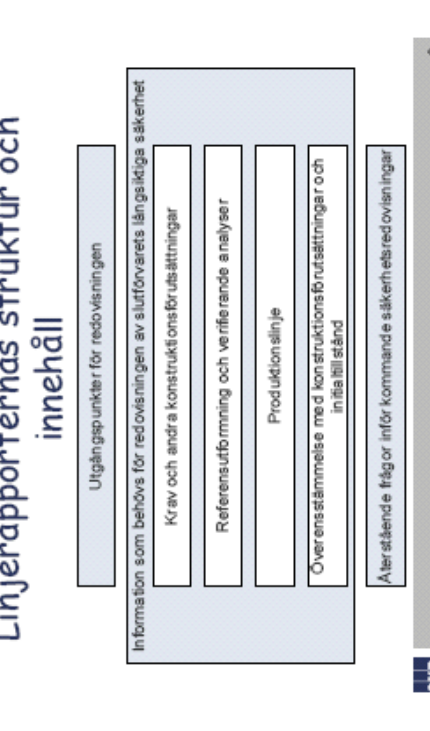
### Linjerapporterna i säkerhetsredovisningen





7

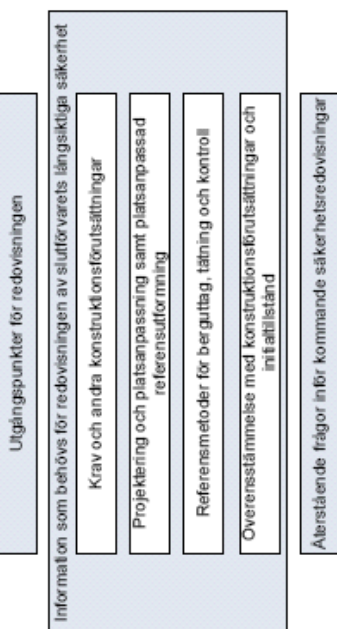
### Linjerapporternas struktur och innehåll





8

## För berglinjen



9



## Centrala begrepp

- Referensutformning (metod)
  - En utformning (process för tillverkning, installation, byggande eller kontroll) som är giltig från en definierad tidpunkt till dess annat beslutats. Fastställd referensutformning ska användas som föresättning för teknikutveckling, projektering och analyser av säkerhet, strålskydd och miljöpåverkan.
- Initialtillstånd
  - Kontrollerade och dokumenterade egenskaper hos tekniska barriärer då de slutligt satts på plats i slutföraren och ej hanteras ytterligare inom slutförarsanläggningen.
  - Kontrollerade och dokumenterade egenskaper hos bergutrymmen vid slutlig deponering, återfyllning eller förslutning.

De presenterade utformningarna och metoderna är de nu beslutade. SKB förutsätter att de kommer att vidareutvecklas också efter tillstånd givits och slutförarsanläggningen byggts och tagits i drift.

10



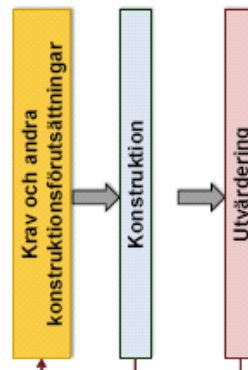
## Gällande författningar och deras tillämpning i linjerapporterna

- Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management
  - Födraget om uppträttandet av Europeiska atomenergigemenskapen. (Euratom-födraget)
  - Lag (1984:3) om kärnteknikverksamhet (Kärntekniklagen KTL)
  - Strålskyddslag (1988:220) (SSL)
  - Lag (2000:140) om inspektioner enligt internationella avtal om förhindande av spridning av kärnvapen
  - SSMFS 2008:1 (SKIFS 2004:1) SSM:s föreskrifter om säkerhet i kärntekniska anläggningar
  - SSMFS 2008:12 (SKIFS 2005:1) SSM:s föreskrifter om fysiskt skydd av kärntekniska anläggningar
  - SSMFS 2008:21 (SKIFS 2002:1) SSM:s föreskrifter om säkerhet vid slutförning av kärnämne och kärnvätska
  - SSMFS 2008:37 (SKIFS 1998:1) SSM:s föreskrifter om skydd av människors hälsa och miljö vid slutförning av kärnämne och kärnvätska
- ska användas för identifiera och underbygga konstruktionsföresättningar

11



## Iterativ utveckling av konstruktionsföresättningar och utformning



12



## Några av de viktigaste kraven för KBS-3-förvartes utformning och uppförande 1 (2)

- Använt kärnbränsle och kärnämne, som inte ska användas på nytt, ska slutförvaras. – Slutförvaret ska rymma allt använt kärnbränsle från det nu godkända svenska kärnkraftsprogrammet.  
KTL 10, 14 §§
- Slutförvaret ska innesluta det använda kärnbränslet och isolera det från biosfären.  
SSMFS 2008:21 3, 6 §§; SSMFS 2008:37 3, 4, 5, 6 §§
- Om inneslutningen byts ska slutförvaret förhindra och fördröja spridning av radioaktiva ämnen så att den joniserande strålningen när ämnena slutligen når biosfären inte ger upphov till skada.  
SSMFS 2008:21 3, 6 §§; SSMFS 2008:37 5 §
- Slutförvaret ska ha flera barriärer som enskilt och tillsammans ska bidra till och upprätthålla barriärfunktionerna.  
SSMFS 2008:21 2, 3, 5, 6, 7 §§

14

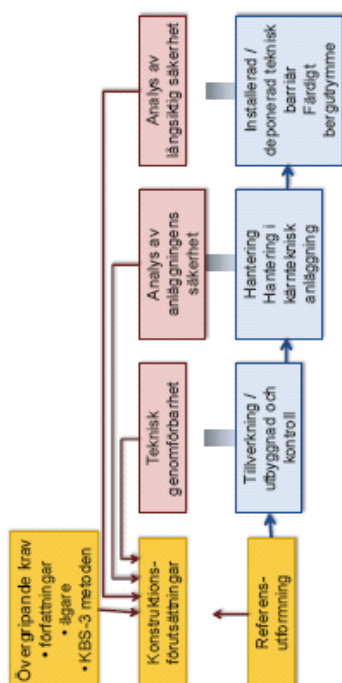
SM8

## Bergutrymmen

- De konstruktioner i berget som krävs för slutförvarsanläggningens undermarksdel. Bergutrymmena består av:
  - utrymmenas faktiska geometri och placering
  - det berg som omger utrymmena och som påverkats av byggnationen
  - konstruktioner för tätning och bergförstärkning samt fämmande material från genomförande av verksamheterna i slutförvarsanläggningen, som vid deponering, återfyllning respektive förslutning finns kvar i och på berget som omger utrymmena.
- Bergutrymmena har ingen barriärfunktion.
- Bergutrymmena ska anpassas till berget så att det kan bidra till att upprätthålla isolering och till att innesluta, förhindra eller fördröja spridning av radioaktiva ämnen.

16

SM8



13

SM8

## Några av de viktigaste kraven för KBS-3-förvartes utformning och uppförande 2 (2)

- Slutförvarets system av barriärer och barriärfunktioner ska erbjuda skydd mot skadlig verkan av strålning så länge som krävs med hänsyn till det använda kärnbränslets radiotoxicitet.  
– SSMFS 2008:21 5, 9, 7, 10 §§; SSMFS 2008:37 3-6, 10-12 §§
- Slutförvarsanläggningens och slutförvarets barriärsystem och fysiska skydd ska vara tillräckligt motfällfunktioner och förhållanden, händelser och processer som kan påverka deras funktioner.  
– SSMFS 2008:21 5, 9 §§; SSMFS 2008:1 3 kap
- Uppförande, tillverkning, deponering, förslutning och oförstörande provning av slutförvarets barriärsystem ska vara tillförlitliga och driftstabila.  
– SSMFS 2008:21 5, 9 §§; SSMFS 2008:1 2 kap 1 §, 3 kap

15

SM8

## Krav på bergutrymmenas funktioner och egenskaper i KBS-3-förvaret 1 (2)

- Bergutrymmenas layout ska vara anpassade till förvarsberget så att en termiskt och mekaniskt lämplig miljö erhålls och förvarsberget kan medverka till att innesluta radioaktiva ämnen under lång tid.
- Bergutrymmenas layout ska vara anpassade till förvarsberget så att lämpliga kemiska, hydrologiska och transportförhållanden erhålls och förvarsberget kan medverka till att innesluta, förhindra eller fördröja spridning av radioaktiva ämnen under lång tid.
- Bergutrymmena ska vara utformade så de inte signifikant försämrar förvarsbergets, förslutningens, återfyllningens, buffertens och kapselns barriärfunktioner.
- Förvarsdjupets ska väljas med hänsyn till de mänskliga verksamheter som baserat på dagens levnadsvanor och tekniska förutsättningar kan tänkas förekomma på förvarsplatsen.

17

SKB

## Krav på bergutrymmenas funktioner och egenskaper i KBS-3-förvaret 2 (2)

- Bergutrymmena ska medge deponering av kapsel och installation av buffert med önskad barriärfunktion.
- Bergutrymmena ska medge att återfyllning och förslutning med önskad barriärfunktion kan installeras.
- Bergutrymmena ska utformas så att driftstörningar och missöden i samband med kärnteknisk drift förebyggs.
- Bergutrymmena ska rymma undermarksanläggningen med det antal godkända deponeringshål som krävs för deponering av samtliga kapslar med använt kärnbränsle.

18

SKB

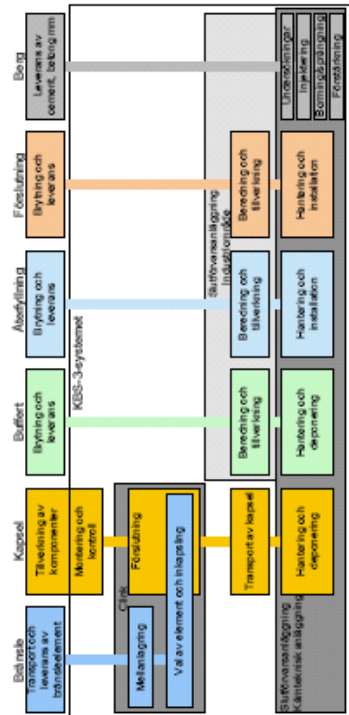
## Designöverblicken

- Berguttag, tätning och bergförstärkning ska vara baserade på beprövad eller väl utprovad teknik.
- Bergutrymmena ska uppföras så att de med hög tillförlitlighet erhåller de egenskaper som krävs med hänsyn till slutförvarets och slutförvarsanläggningens säkerhet.
- Bergutrymmenas egenskaper ska gå att kontrollera mot specificerade acceptanskriterier.
- Samt krav på:
  - begränsad miljöpåverkan
  - kostnadseffektivitet och kapacitet

19

SKB

## KBS-3-systemet och produktionslinjerna



20

SKB

## Gränssnitt mot övriga linjer 1 (2)

- Buffertlinjen – iordningställande av deponeringshål
  - tömning av vatten och rengöring
  - kontroll av inflöde till det färdiga hålet
  - kontroll/kartering av spickor som skär hålet
  - installation och kontroll av bottenplatta
  - kontroll av deponeringshållets geometri;
    - radier och tvärsektioner som funktion av djupet
    - bottenlutning
    - totalvolym
    - inmätning av centrumlinje



21

## Gränssnitt mot övriga linjer 2 (2)

- Återfyllningslinjen – iordningställande av deponeringstunnel
  - skroting
  - avskämning av takbultar bakom bullbricka så att de inte hindrar maskinerna för inplacering av block och pellets
  - bottagnig av grus samt rengöring och tömning från material och utrustning från tidigare verksamheter
  - inmätning av tunneln och sillisen i den övre delen av deponeringshålet (görs efter skroting, bottagnig av bultar och rengöring)
  - installation av ventilation, el och belysning som enkelt kan tas bort
- Återfyllningslinjen – förberedelser för installation av plugg
  - uttag av slits för betongplugg
  - installation av upplag för balkar
- Förslutningslinjen – iordningställande av tunnel, berggrum, schakt eller ramp
  - motsvarande åtgärder som för återfyllning och plugg i deponeringstunnel



22

## Bilaga 2

# Design premises for a KBS-3V repository based on results from the safety assessment SR-Can and some subsequent analyses

## Föreskrifter

- SKIFS 2002:1 (SSMFS 2008:21) - allmänna råd:
  - Med utgångspunkt i scenarier som kan visas vara särskilt viktiga från risksynpunkt bör ett antal konstruktionsstyrande fall identifieras. Dessa fall bör tilläggas med annan information, t.ex. om tillverkningsteknik och kontrollerbarhet, användas för att underbygga konstruktionsföresattningar såsom krav på bärägenskaper.
- SSMFS 2008:1, s15 allmänna råd
  - Säkerhetsredovisningen för en anläggning ska minst innehålla ... .. Redovisning av de krav med konstruktionsprinciper samt konstruktionsföresattningar och konstruktionsregler som har styrt anläggningens konstruktion och utförande
- Engelska:
  - "Based on scenarios that can be shown to be especially important from the standpoint of risk, a number of *design basis cases* should be identified. Together with other information, such as on manufacturing method and controllability, these cases should be used to substantiate the *design basis* such as requirements on barrier properties."



## Relation to production reports

- Production reports should *verify* that the chosen design complies with the design premises.
- The design premises report takes the burden of justifying why these design premises are relevant.
- Production reports *should also demonstrate* that the final product after construction and quality control fulfils the specifications of the reference design.
  - to cover uncertainties in production and quality control the reference design need usually consider a margin to the conditions that would verify the design premises.
- The more specific aims and objectives of the production reports are provided in these reports.



## Design premises for a KBS-3V repository based on results from the safety assessment SR-Can and some subsequent analyses

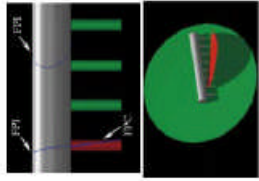
Expertgruppsmöte Berglinjen  
2009-05-26

## Approach to develop design premises

- Reference design in SR-Can starting point
- A few design basis cases - mainly related to the canister
  - The design basis cases are based on several assumptions on the state of other barriers.
  - Design premises are derived:
    - from the conditions developed in the design basis case and
    - the implied conditions being part of the design basis case
- SR-Can also provides substantial feedback on most aspects of the analysed reference design. This feedback is also formulated as design premises
- Also the SR-Can safety function indicator criteria are a basis for formulating design premises
  - but not the same as the design premises
  - Function indicator criteria should be upheld throughout the assessment period
  - Design premises refer to the initial state - must be defined such that they give a margin for deterioration over the assessment period
  - The basic approach for prescribing such margins is to consider whether the design assessed in SR-Can was sufficient to result in safety.
- Some additional analyses have been undertaken to provide a better basis for setting the design premises.

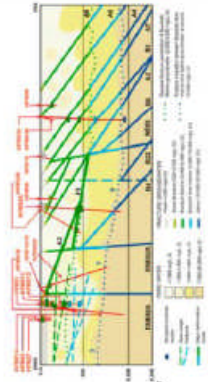


## Provide mechanically stable conditions



- One of three identified failure modes of the canister is that due to a rock shear movement across a deposition hole.
  - SR-Cart A need to reject deposition holes in order to reduce the probability of large shear movements.
- Can we find the critical positions?
  - A crude method is to apply the EFPC criterion and apply respect distance to long deformation zones.
  - Additional studies are warranted for devising more efficient means of avoiding large fractures.
  - It may be possible to reduce the respect distance of 100 m to some deformation zones based on an site specific detailed and individual assessment of their properties.
- Design premises
  - Deposition holes are not allowed to be placed closer than 100 m to deformation zones with trace length longer than 3 km.
  - Deposition holes should, as far as reasonably possible, be selected such that they do not have potential for shear larger than the canister can withstand. To achieve this, the EFPC criterion should be applied in selecting deposition hole positions.
  - Indirect requirements due to assumptions in analyses.
    - None

## Provide favourable chemical conditions

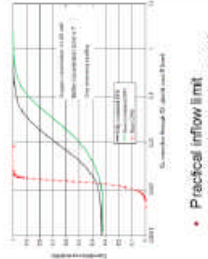


- The groundwater composition in rock volumes selected for deposition holes should, prior to excavation, fulfil the SR-Cart function indicator criterion R1 on favourable chemical conditions.
  - ISR-Can Main report section 7.5 (Figure 7.2f) and following the condition expected for the buffer, see section 3.2.1
- Design premises
  - Reducing conditions: Salinity, TDS, limited ionic strength,  $[M^{2+}] > 1 \text{ mM}$  concentration,  $\text{pH} > 10$ , limited  $\text{pH} < 11$ . Avoid chloride corrosion,  $\text{pH} > 4$  or  $[\text{Cl}^-] < 3 \text{ M}$ .
- Indirect requirements due to assumptions in analyses
  - These geochemical conditions are assumed by selection of appropriate repository volumes and depth, see section 3.2.1. For the selected volumes, the deposition holes should be temporarily returned.
  - Justification of suitability for selected deposition areas is provided in the main design report (p. 11) and should be confirmed in 1993-04.

## Content

|       |                                                    |       |                                                                          |
|-------|----------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Introduction                                       | 3.2   | Buffer                                                                   |
| 1.1   | Objectives and scope                               | 3.2.1 | Buffer material - long term durability                                   |
| 1.2   | Approach                                           | 3.2.2 | Initially deposited buffer mass                                          |
| 1.3   | Structure of the document                          | 3.2.3 | Buffer thickness                                                         |
| 2     | Design basis                                       | 3.2.4 | Minimizing composition of buffer material                                |
| 2.1   | Design basis for the design of the deposition hole | 3.2.5 | Minimizing buffer design requirements                                    |
| 2.1.1 | Regulatory requirements                            | 3.3   | Deposition hole                                                          |
| 2.1.2 | The role of the safety assessment                  | 3.3.1 | Provide mechanically stable conditions                                   |
| 2.1.3 | Scenarios                                          | 3.3.2 | Provide favourable hydrologic and transport conditions                   |
| 2.1.4 | Time scale                                         | 3.3.3 | Provide favourable chemical conditions                                   |
| 2.1.5 | Design basis for the design of the deposition hole | 3.3.4 | Provide thermally favourable conditions                                  |
| 2.2   | Canister layout                                    | 3.3.5 | Provide favourable mechanical conditions                                 |
| 2.3   | Canister layout                                    | 3.4   | Deposition hole and buffer                                               |
| 2.4   | Canister layout                                    | 3.4.1 | Restricting buffer expansion                                             |
| 2.4.1 | Introduction                                       | 3.4.2 | Limiting advective transport                                             |
| 2.4.2 | Compliance with risk criteria                      | 3.4.3 | Deposition hole - interferences and excavation damage                    |
| 2.4.3 | The time scale perspective                         | 3.4.4 | Impacts on buffer behaviour from ground, rock, and excavation damage     |
| 2.4.4 | Conclusion                                         | 3.4.5 | Deposition hole and buffer                                               |
| 2.5   | Buffer                                             | 3.4.6 | Deposition hole and buffer                                               |
| 3     | Safety-related design premises                     | 3.5   | Monitoring, transport, access, tunnels, shafts, central area and closure |
| 3.1   | Canister                                           | 3.5.1 | Impact on buffer functions due to hydraulic properties                   |
| 3.1.1 | Canister layout                                    | 3.5.2 | Impacts on buffer functions from ground and rock                         |
| 3.1.2 | Canister layout                                    | 3.5.3 | Impacts on buffer functions from ground and rock                         |
| 3.1.3 | Canister layout                                    | 3.5.4 | Canister - plugs - external buffer and closure interval expansion        |
| 3.1.4 | Canister layout                                    | 4     | Summary of design premises                                               |
| 3.1.5 | Canister layout                                    | 4.1   | Completeness of design premises in regards long-term safety              |
|       |                                                    | 4.2   | Overview of design premises                                              |

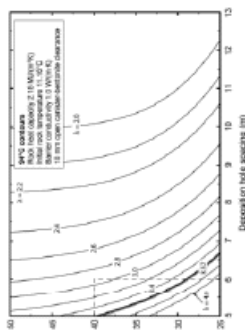
## Favourable hydrologic conditions



- Flow in deposition holes
  - Affects piping and erosion during the water saturation phase, could release, effects of oxygen penetration, inflow of condensate, potentially leading to canister failure and outflow of radionuclides (in both cases in particular for eroded buffer).
- Risk contribution
  - Will not accept piping corrosion
  - Likely to be a strong correlation between the inflow to open deposition holes and flow conditions during saturated conditions.
- Design premises
  - The total volume of water flowing into a deposition hole, for the time between when the buffer is exposed to inflowing water and saturation, should be limited to ensure that no more than 100 kg of the initially deposited buffer material is lost due to piping corrosion. The total volume of water flowing into an accepted deposition hole must be less than 150 m<sup>3</sup>.
  - Fractures intersecting the deposition holes should have sufficiently low connected transmissivity. This condition is assumed to be fulfilled if the conditions regarding inflow to deposition holes are fulfilled.
- Practical inflow limit
  - 6.5 L/min (corresponds to 1.5 m<sup>3</sup>/h)
- Indirect requirements due to assumptions in analyses
  - The inflow rates are assumed to be constant for the duration of the design life of the repository.

### Provide favourable thermal conditions

- **There is a thermal requirements on the buffer**
  - Controlled by heat load, buffer material and dimensions, but also
    - on rock thermal conductivity and canister spacing
- **Design premises**
  - The buffer geometry (e.g. void spaces), void volume and shape are basic design parameters. The deposition holes should be selected such that the temperature in the buffer is  $<100^{\circ}\text{C}$ .
- **Indirect requirements due to assumptions**
  - Since the buffer geometry and canister heat output is selected for other reasons, this criterion essentially constrains the adaptation to safe repository design. Concerning the spacing of deposition holes and the repository drift.
  - The principles of the thermal dimensioning, as found in Holmström, at the end of the 1980s, are still valid. The thermal properties and geometry of the canister, the thermal properties and geometry of the buffer, thermal properties and geometry of the rock and the geometry of the deposition holes are the main design inputs. The design of the buffer would require changes, the thermal design.



## Further Design Premises on the Rock

- **EZD Deposition holes**
  - The connected effective transmissivity integrated along the full length of the deposition hole wall and as averaged over the entire hole, must be less than  $10^{-10}$  m/s.
- **Repository depth and location**
  - The repository volume and depth need to be selected where it is possible to find large volumes of rock suitable for the specific requirements of the repository, i.e. section 3.3.
  - Warnings of rock properties and the need for drilling and grouting are given in section 3.3.
  - To ensure the mechanical properties of the canister (see section 2.3), surface erosion and inactivation of human intrusion on the depth should be considerable. Analyses in the SR-Can assessments corroborate that this is achieved by prescribing the minimum depth to be as superficial for a KBS-3 repository i.e. at least 400 m.
- **Impacts on barrier function** from grouting, reinforcement and foreign materials
  - The following restrictions apply for grouting and reinforcement deposition tunnels.
    - Only low pH materials (pH < 11) No continuous shotcrete Continuous grouting boreholes outside tunnel perimeter should be avoided
- **Main tunnels, transport tunnels, access tunnels, shafts, central area and closure**
  - Below the location of the top sealing, the integrated effective connected hydraulic conductivity in the central area must be less than  $10^{-10}$  m/s.
  - The tunnel diameter must be less than 106 m. This value need not be upheld in sections where a tunnel/ramp passes highly transmissive zones. There is no restriction on the hydraulic conductivity in the central area. The top sealing has no demands on hydraulic conductivity in the part of the top sealing that is not adjacent to the second top sealing.
  - The tunnel diameter must be less than 106 m. This value need not be upheld in sections where a tunnel/ramp passes highly transmissive zones. There is no restriction on the hydraulic conductivity in the part of the top sealing that is not adjacent to the second top sealing.
  - The tunnel diameter must be less than 106 m. This value need not be upheld in sections where a tunnel/ramp passes highly transmissive zones. There is no restriction on the hydraulic conductivity in the part of the top sealing that is not adjacent to the second top sealing.



### Deposition tunnel—tolerances and excavation damages

- SR-Can Main report section 10.5.7
  - 10-100 times higher conductivity than the surrounding rock – only a limited impact
- May still be hard to prove that the EDZ has such a low conductivity.
- A further sensitivity study has been undertaken /Jocely et al.

[illegible]

- Design Premises
  - Excavation induced damage should be limited and not result in a connected effective transmissivity along a significant part (i.e. at least 20-30 m) of the disposal tunnel and averaged across the tunnel floor, higher than  $10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s. Due to the preliminary nature of the criterion, its adequacy needs to be verified in SR-Site.



**Current design premises will evolve!**

- The resulting design premises
  - constitute design constraints, which, if all fulfilled, form a good basis for demonstrating repository safety, according to the analyses in SR-Can and subsequent analyses.
  - However, some of the design premises may be modified in future stages of SKB's programme, as a result of analyses based on more detailed site data and a more developed understanding of processes of importance for long-term safety.
- We need to show that we can follow the currently stated design premises
- SR-Site, as well as subsequent understanding and assessments gained e.g. during excavating the access will form a basis for revising the Design Premises for the Detailed Design Stage



### Status 2009-05-26

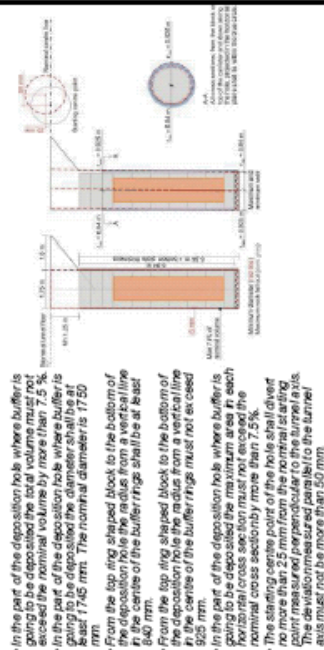
- Formellt granskade under oktober 2008
- Internt fastlagda som förutsättning för linjerapporterna (november 2008)
- Införda i linjerapporterna som krav!
- Uppdaterade som resultat av arbetet med linjerapporterna (våren 2009)
- De specifika konstruktionsförutsättningarna för varje linje presenteras i samband med expertmöten för respektive linjerapport.
- Publicering – hösten 2009



## Bilaga 3

# Övriga krav och konstruktionsförutsättningar

## Krav på deponeringshål



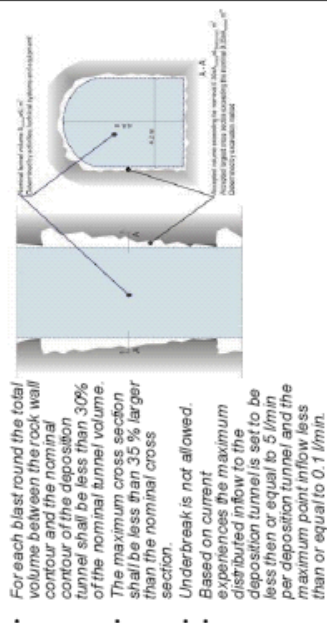
## Berglinjen - Innehållsförteckning

1. Introduction
2. Design basis for the underground openings  
(konstruktionsförutsättningar)
3. Rock engineering and site adaptation  
(övergripande metodik för stegvis projektering)
4. Reference design (relevanta resultat design D2)
5. Reference methods (metoder för berguttag, etc.)
6. Initial state (färdigställda bergutrymmen)

## Konstruktionsförutsättningar

- Design Premises
- Konstruktionsförutsättningar från produktionslinjerna Buffert och Återfyllning
  - Geometrisk toleranskrav och utformningskrav avseende deponeringstunnlar och deponeringshål
  - Krav på inföde till deponeringstunnlar samt övriga bergutrymmen " below the location of the top sealing "

## Krav på deponeringstunnlar



## Bilaga 4

# Referensutformning

## Kapitel 4 – Referensutformning (1)

- 4.1 Inledning
- 4.2 Förvarsdjup
  - Avvägning mellan krav på långsiktig säkerhet och byggbarhet
- 4.3 Termisk dimensionering
  - Avstånd mellan deponeringshåll
- 4.4 Platsanpassning deformationszoner
  - Lägen för potentiella deponeringshåll är anpassade till lägen för deformationszoner med och utan respektavstånd



## REFERENSUTFORMNING

- Måste stödja säkerhet och verksamhet
- Anläggningens styrande mått och inbördes beroenden

## VARFÖR REFERENSUTFORMNING?

Gemensamma förutsättningar

- Projektering
- Långsiktig säkerhet
- Miljökonsekvensbeskrivning
- Teknisk utveckling



## REFERENSUTFORMNING

## Kapitel 4 – Referensutformning (2)

- 4.5 Potentiellt bortfall av deponeringshåll baserat på geologiska och bergmekaniska förutsättningar
  - Diskriminerande sprickor enligt kriterier FPC/EFPC
  - Maximalt tillåtet inflöde
  - Bedömd omfattning av spjälkning
  - Bedömd förekomst av berg med "dåliga" termiska egenskaper
- 4.6 Bergförstärkning och tätning
  - Bergförstärkning, typer och mängder av främmande material
  - Injektering, omfattning och mängder av främmande material
- 4.7 Layout och funktionalitet
  - Separation av aktiviteter för berguttag och deponering
  - Losshållen bergvolym



## REFERENSUTFORMNINGEN

- Hanteras med versionshantering både ritningar och beskrivning
- Teknikfrys layout D i oktober 2008 - Dokumenteras i linjerapporter och systembeskrivningar



Ämne för presentationen 7

## Referensutformning

- Utgångsmetod; borming & sprängning
- Försiktig och skonsam sprängning, pall-uttag i deponeringsorter för att minimera EDZ i golv
- Konventionell hästskoform, mått låsta för D2, men kan behöva justeras



Ämne för presentationen 6

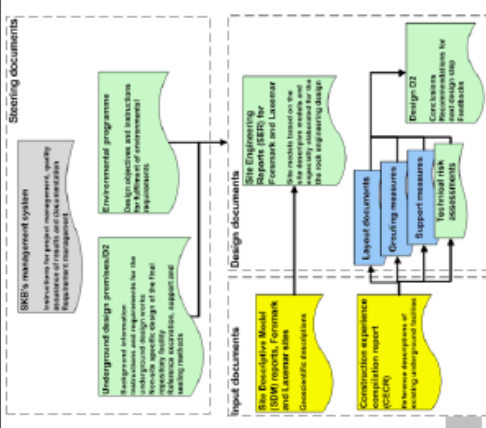
## Referensutformning

- Tillfarter (schakt och ramp) samt centralområde har en för D2 låst utformning
- Platsanpassning har gjorts för ytförhållanden, och i begränsad grad för centralområdet
- Rampens platsanpassning är inte optimerad mot bergets nu kända förhållanden



Ämne för presentationen 7

## Projektering D2, styrning, indata och resultat





Ämne för presentationen 6

## Implementation of feedback from SR-Can to Design D2 goes primarily through SER

- Respect distance to D.Z. > 3 km
- Estimated range of degree of utilization
- Canister spacing due to temperature restrictions
- Uncertainties → expected range of a design parameter

## Layoutens platsanpassning - Forsmark

Administrativa gränser, för en del och under markytan.

- Administrativa begränsningar
  - Markägareförhållanden
  - Naturvårdsintressen
- Geologiska förhållanden
  - Tektoniska linser
  - Deformationszoner > 3 km
  - Deformationszoner < 3 km
  - Bergets termiska egenskaper (domän-nivå)

## The level of detail to be achieved in D2

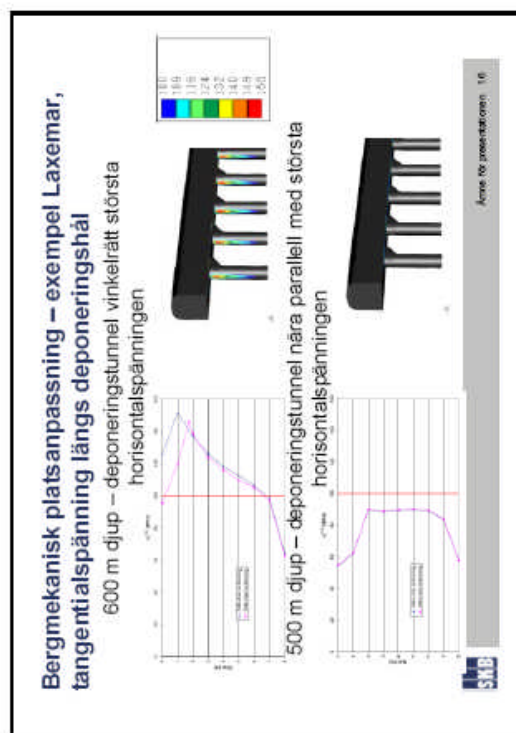
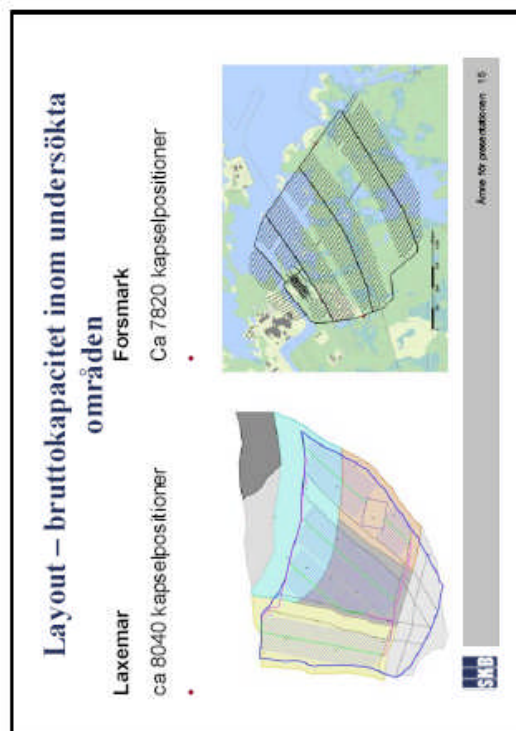
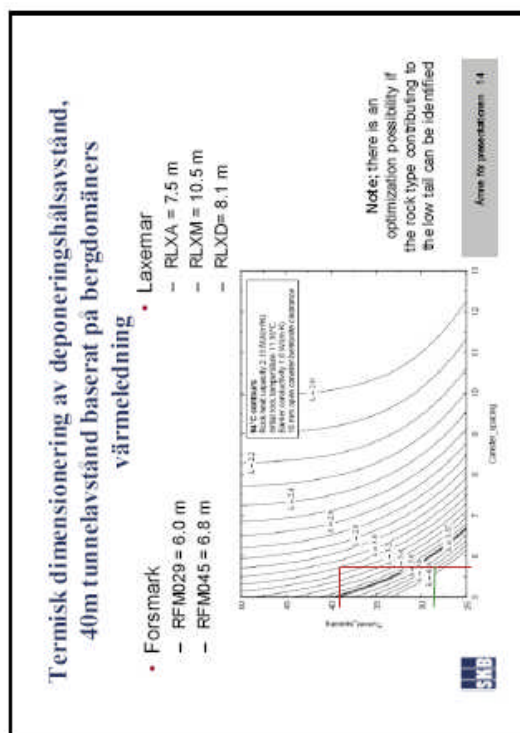
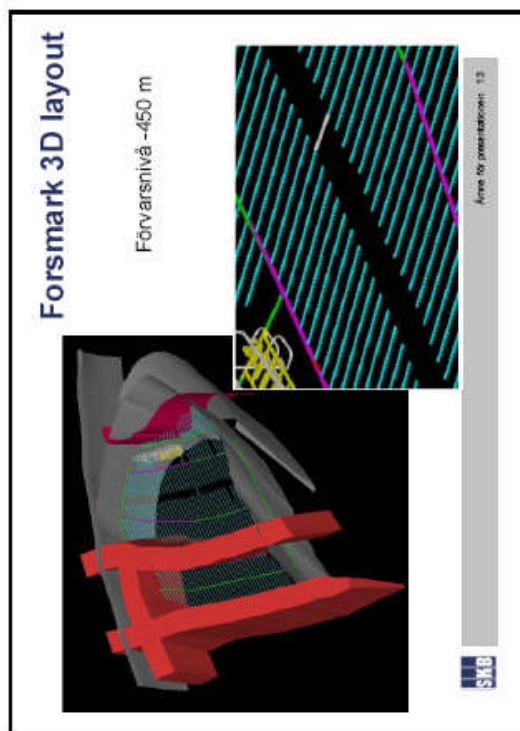
- Design should be based on experience or accepted principles and aims to show how current SKB requirements can be handled with known technology
- Estimation of quantities should be based on accepted principles and current technology
- All design tasks should include an outline of a control programme fit for the purpose of detailed design. This requires that the "Designer" put some effort in describing the design objective and the problem at hand.
- All design tasks should include an outline of analysis methods fit for the purpose of detailed design
- All design tasks should include feedback to relevant parties as per instruction in UDP/D2

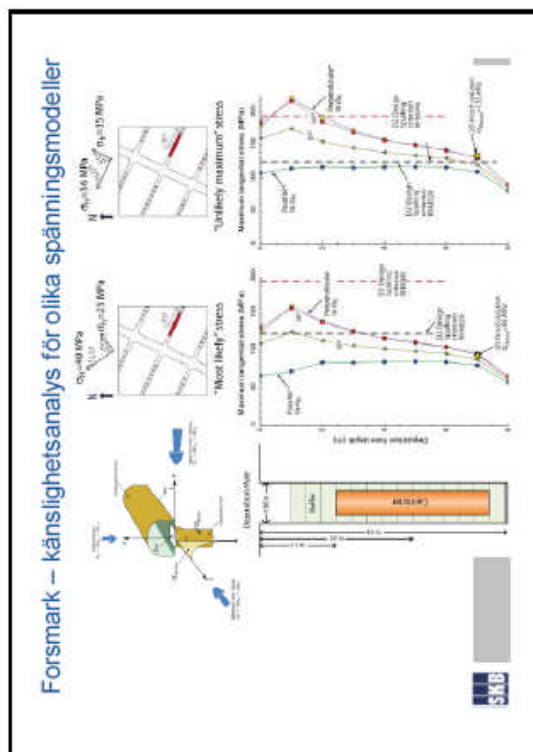
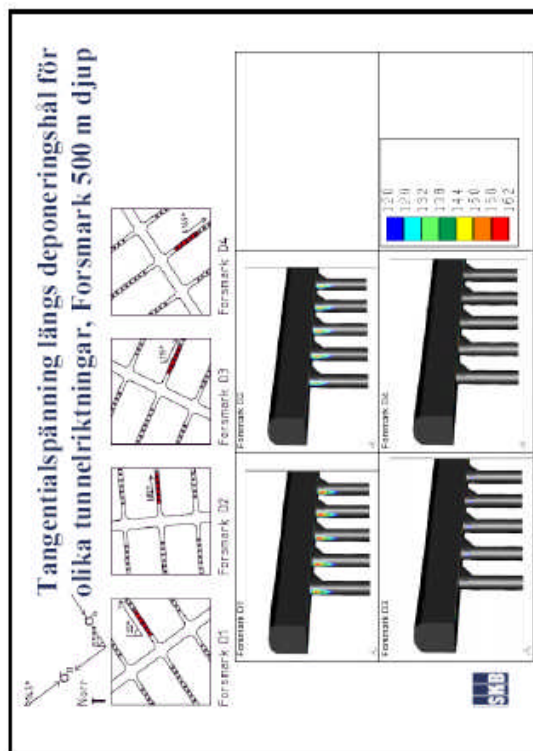
## Design Flow Chart

• SER summarize the engineering properties within the domains described in the SDM

• SER gives restrictions that may be related to a specific "functional area"

The flowchart illustrates the design process, starting with the Site Descriptive Model (SDM) and the Engineering Properties (EP) within the Functional Domains (FD). The process involves a series of steps: SER (Site Engineering Restrictions) and Designer responsibilities, leading to the Detailed Design Plan (DDP) and the Detailed Design Plan (DDP). The flowchart includes decision points for SER and Designer responsibilities, leading to the Detailed Design Plan (DDP) and the Detailed Design Plan (DDP).





## Bilaga 5

### Referensmetoder

#### Kapitel 5 – Referensmetoder

- 5.1 Inledning
- 5.2 Bedömningar av resulterande EDZ
  - Borring och sprängning, samt fältförsök i Äspö (redovisas idag)
  - Borring av deponeringshåll, litteraturstudier
  - Potentiella undersökningsmetoder, litteraturstudier
- 5.3 Berguttag av deponeringshåll (redovisas idag)
  - Analys av resulterande geometri baserat på fältförsök i Äspö (bl.a. prototypföret)
  - Känslighetsanalys - Konstruktionsförutsättningar och resulterande geometri (referensmetodens prestanda)
  - Potentiella mätmetoder
- 5.4 Konstruktionsdetaljer i deponeringshåll
  - Slitsborring och installation av bottenplatta

#### Kapitel 5 – Referensmetoder

- 5.5 Metoder för bedömning och lokalisering av diskriminerande sprickor
  - Referat baserat på Cosgrove et. al. R-08-39
- 5.6 Berguttag deponeringstunnlar
  - Analys av geometriska toleranser baserat på fältförsök i Äspö (redovisas idag)
  - Känslighetsanalys - Konstruktionsförutsättningar och resulterande geometri (referensmetodens prestanda)
  - Tunnelgolvets kontur
  - Potentiella mätmetoder
- 5.7 Tätning
  - Resultat fältförsök med s.k. fintätning i Äspö (redovisas idag)

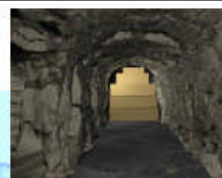
#### Projekt: Fintätning av tunnel på stort djup

- Mål:** - Silica sol användbarhet  
- Uppnå täthet med max inläckage 1 l/min på 60m tunnel på slutförvarsdjup  
- Belysa vad som är realistiska krav på konturtoleranser och skadezon i sprängda ytor

Tidplan för FUD:  
-Injekterings skärm  
-Tunneldrivning  
-Utvärdering (inflöde och kontur)



#### Riktlinjer



Verklig kontur ska aldrig inkräkta på teoretisk kontur  
Överberget < 30 volym% av teoretisk volym  
Stickningen < 25 cm i sula samt < 20 cm i tak och

#### Nyckelfrågor för kontur och skadezon

|                                                                |                                                    |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Borrprecision                                                  | Påhugg<br>Stickning (slutpunkter)<br>Parallellitet |
| Laddmängd                                                      | Patronerat (Dynotex kontur o hjälpare)             |
| Frikoppling                                                    | Centreringsshylsor (kontur och sula)               |
| Upptändning                                                    | Elektriska (Nonel) vs Elektroniska (i-Kon)         |
| Dokumentation av utförandet för att kunna införa förbättringar |                                                    |

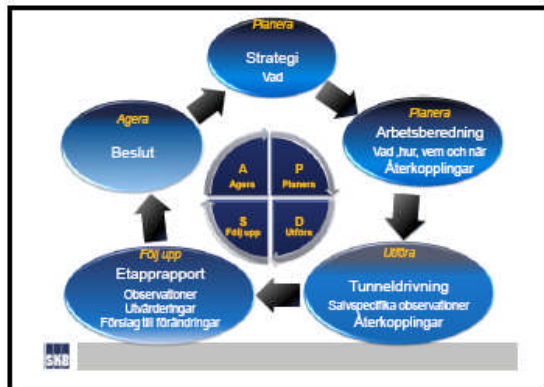
#### Strategi

SKB skulle ta ett tydligare ansvar för genomförandet genom att stödja entreprenören med:

- ledning och kontroll gällande borring och laddning med syftet att dokumentera det som utfördes så att valt utförande skulle kunna utvärderas.

- information, utvärderingar och resultat förmedlas till utförarna för att:

- skapa delaktighet och förståelse för planerna
- betydelsen av att utförarnas kunskaper och observationer behövs för att nå målen.



### Resultat

- Överberg 15%
- Borrpipor > 80%
- Indrifter ≈ 97%

### Analysis of Factors that affect and control the Excavation Disturbance/Damage Zone in crystalline rock

A. Bäckström & M. Jonsson  
R. Christiansson  
Co  
D. Mas Ivars

ÅF - Rock Engineering Technology,  
Swedish Nuclear Fuel and Waste Management  
Itasca Geomekanik AB  
Stockholm, Sweden

### Test location – Äspö Hard Rock Laboratory (HRL) Sweden

The Q-tunnel at the 450-m level

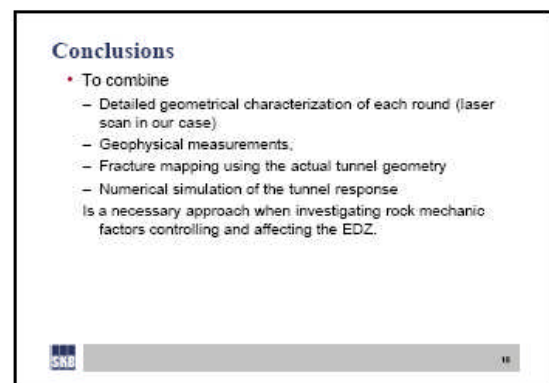
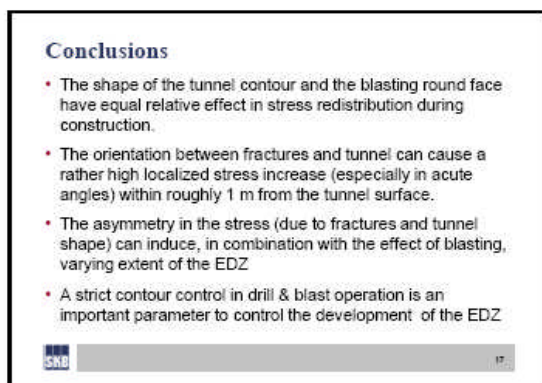
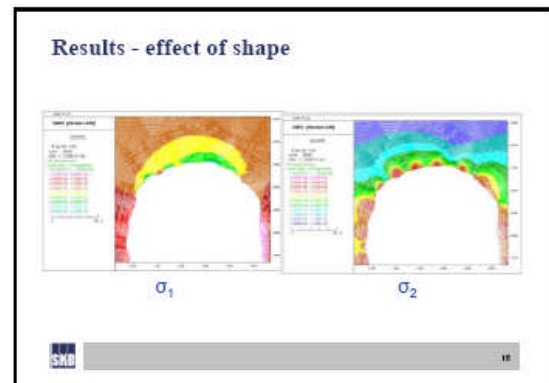
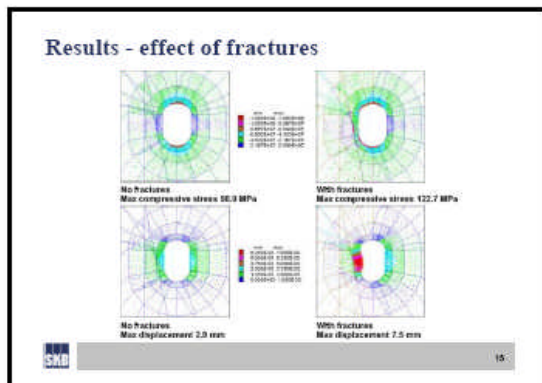
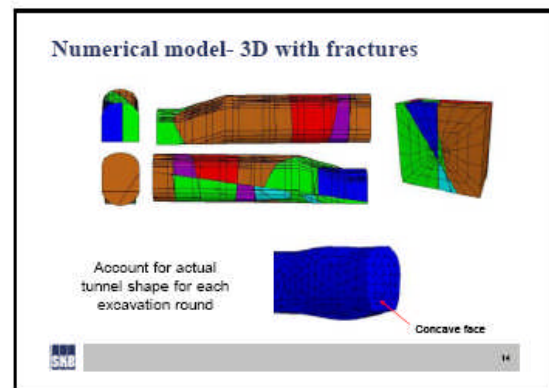
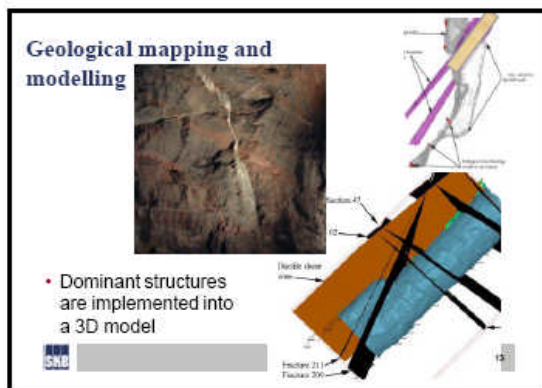
- Developed in 2003
- Oval shape
- Aligned almost perpendicular to the maximum horizontal in-situ stress

### Aim and concepts – understanding damage mechanisms

- To evaluate the rock mechanic response during the excavation of the TASQ tunnel
- Emphasis on the effect of fractures and tunnel shape within a known in-situ stress field
- Study factors of importance that contribute to the development of the EDZ in the TASQ tunnel of the Äspö HRL.

### Aim and concepts – characterization methods

- Evaluate the effectiveness of the various methods used for characterization of the EDZ in the actual tunnel.
- Give feed-back to future planning of tunnelling on issues of importance for requirements on tunnelling with respect to minimising the EDZ from the drill and blast method.
- Give recommendations on investigation methods suitable for characterization of the EDZ in future tunnels in crystalline rock.



### Hydraulic characterisation and conceptual modelling of the Excavation Disturbed Zone (EDZ)

R. Christiansson  
Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co (SKB), Stockholm, Sweden  
L. O. Ericsson  
G Gustafsson  
Division of GeoEngineering, Department of Civil and Environmental Engineering,  
Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden

 CHALMERS

19

### Conceptual idea of EDZ in tunnelling

Modified from Rutqvist and Stephansson, 2003



20

### Postclosure condition of Nuclear Waste Repository!



21

### General aim of the study:

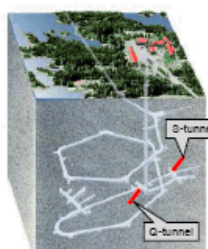
- Study of Excavation Damage Zone regarding its extent and saturated hydraulic properties
- Conceptual understanding of the saturated hydraulic conditions nearby and in the surroundings of an underground facility



22

### Site location for sampling and tests

- 450 m depth at the Äspö Hard Rock Laboratory, Sweden
- Crystalline rock
  - USC = 210 MPa
  - $E_{\text{rock mass}} = 45 \text{ GPa}$
  - $\sigma_{H \text{ max}} = 30 \text{ MPa}$





23

### Blast

|                                         | Q-tunnel              | S-tunnel                           |
|-----------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|
| Blast requirements                      | Standard requirements | According to recent blast research |
| Dry holes – decoupled charges           | Randomly achieved     | Systematic                         |
| High requirements in drilling precision | No                    | Yes                                |
| Initiation                              | Pyrotechnic (Non-el)  | Electronic (Orica)                 |
| Specific charge                         | 2.4 kg/m <sup>3</sup> | 2.2 kg/m <sup>3</sup>              |



24

### Objectives:

- Explore to what extent an EDZ is developed; using latest research in blast design
- Develop a simple laboratory method for determination of saturated fracture transmissivities
- Determine robust values of fracture transmissivity in EDZ
- Investigate micro fractures from tunnel wall in radial direction
- Investigate matrix porosity from tunnel wall in radial direction
- Develop single hole hydraulic testing methodology in EDZ for saturated conditions
- Integration of fracture geometries and transmissivity investigations for conceptual hydraulic modeling of EDZ



25

### Sampling method:

- Cutting slices of rock out from the tunnel
- Large diameter (200 mm) core drilling



26

Simple laboratory method – fracture transmissivities



27

Permeameter tests/triax. cell

Diameter 200 mm

Sample height ~ 100 mm



CHALMERS

28

Testing routine:

•Water saturation of sample

•Confining pressure =  
=Axial pressure =  
=0.5 MPa 1.0 MPa

•Constant hydraulic gradient

•Flow determination



CHALMERS

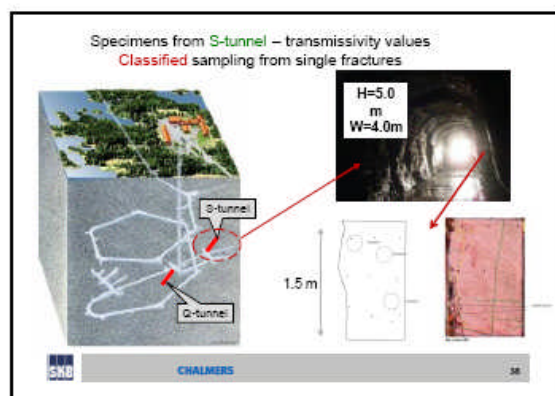
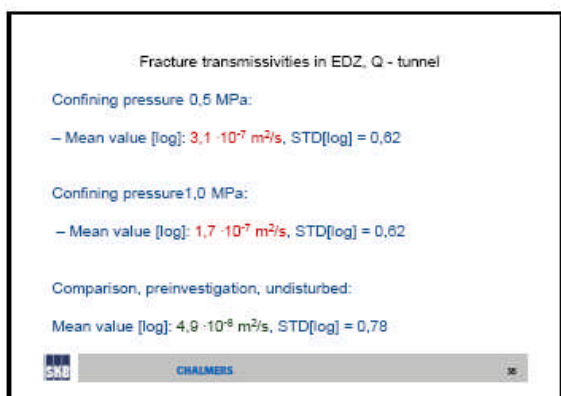
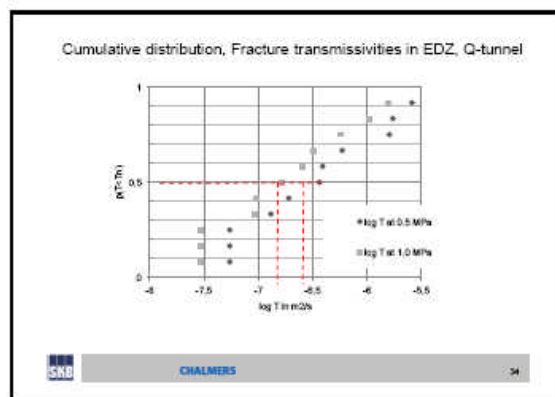
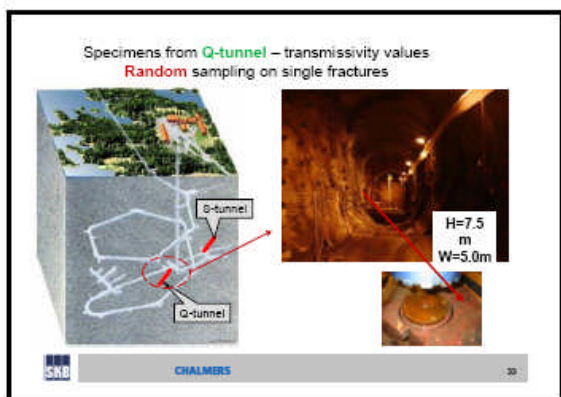
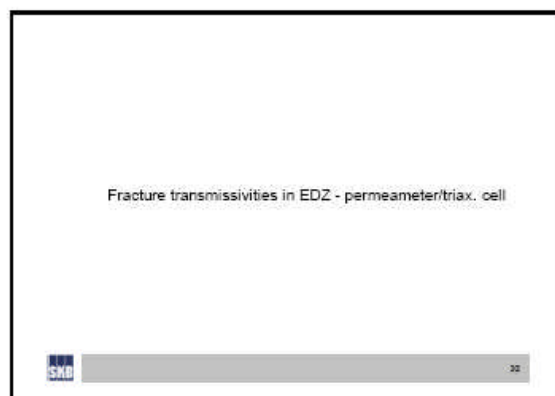
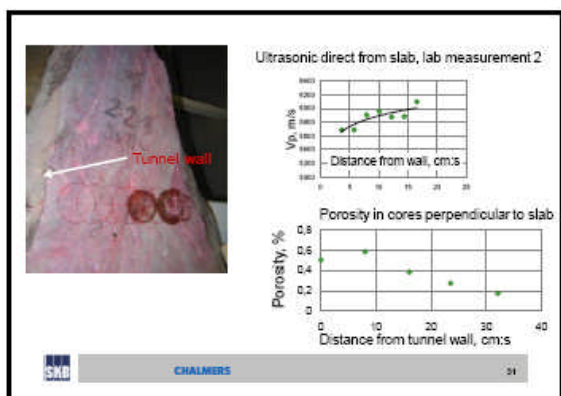
29

**Microfractures and  
intact rock (matrix) porosity**



CHALMERS

30



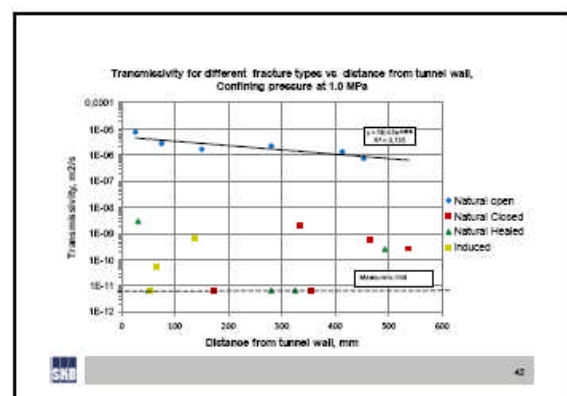
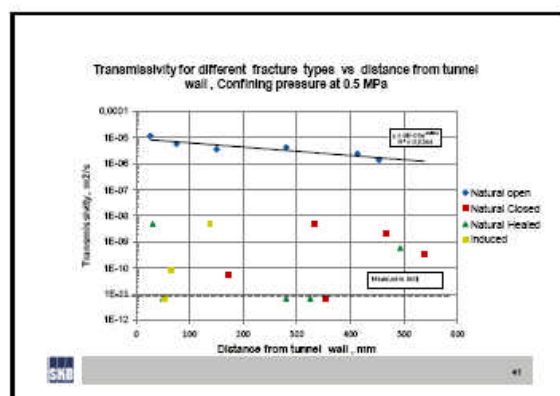
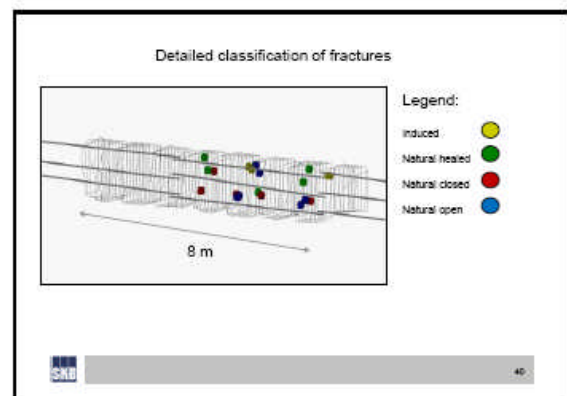
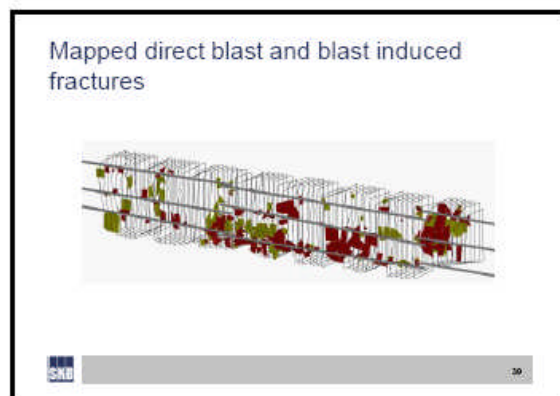
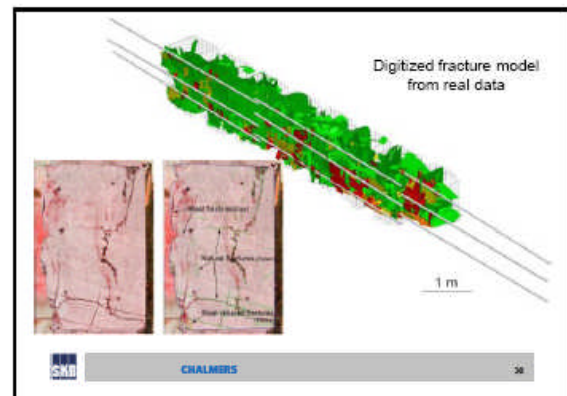
### Sampling and modelling of a rock wall

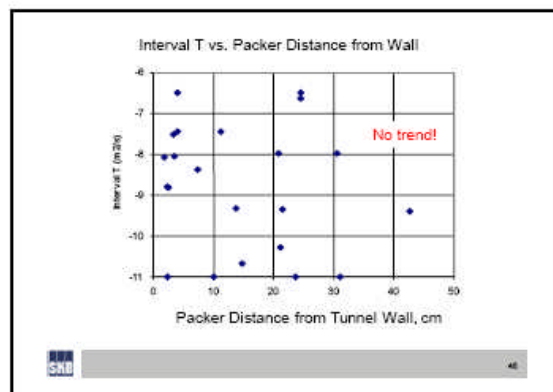
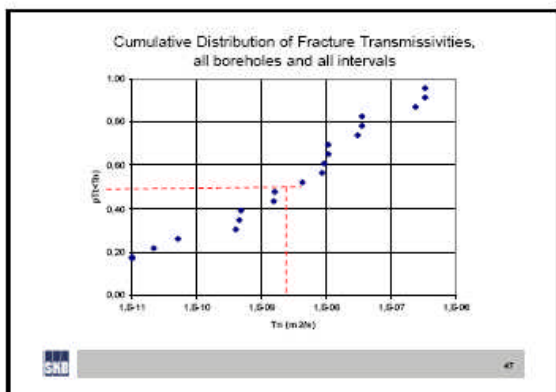
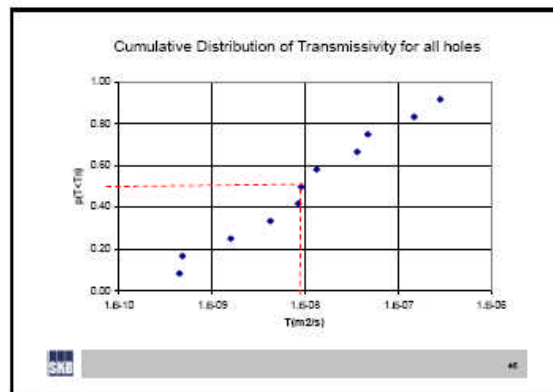
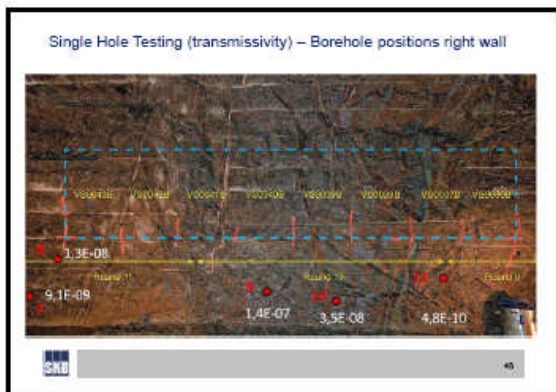
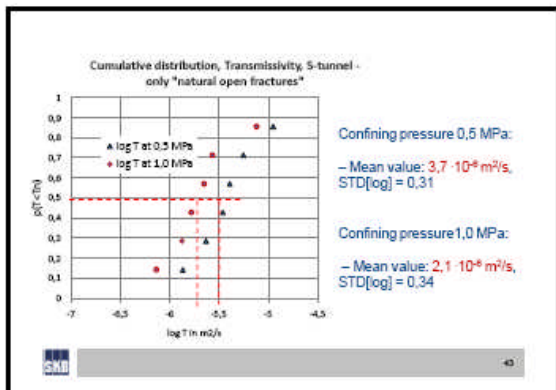
- 8 block, 1.5 m high, 1.0 m wide and 0.7 – 1.0 m deep were sampled
- Each block cut into slices, ca 10 cm thick. A total of 75 slices of rock
- Characterization of natural and induced fractures
- 3D modelling of fracture distribution



CHALMERS

37



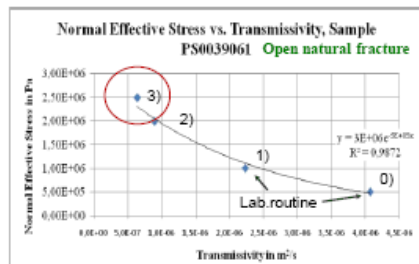


Some uncertainties:

Initial Hydraulic Pressure in Single Hole Testing:

- 50% were zero or less → unsaturated conditions

- Some underestimation of T-values!



## Conclusions

- A large scale sampling and modelling of the EDZ has been carried out
- A careful blasting indicates sparsely distributed microfracturing (small matrix porosity increase) 250 - 350 mm from tunnel wall
- A careful blasting was found to create a discontinuous distribution of blast induced fractures
- Current data indicate that the axial hydraulic connectivity is estimated to be insignificant due to the sparsely distributed induced fractures
- Induced and conspicuous single fractures show low transmissivity values ( $T < 10^{-8}$  m<sup>2</sup>/s)

## Conclusions, cont.

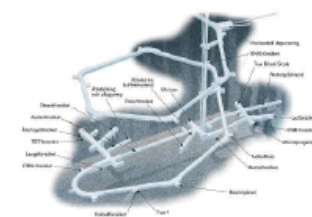
- The Permeameter/Triax cell measurement is a robust method for fracture transmissivity determination
- Hydraulic classification was needed in order to understand the hydraulic regime
- Need for development of estimation of normal stress distribution on EDZ fracture sets in order to define confining and axial stress levels in lab.
- Single hole hydraulic tests in EDZ is a robust method to bound range of transmissivity values, but need for improvement regarding initial pressure conditions

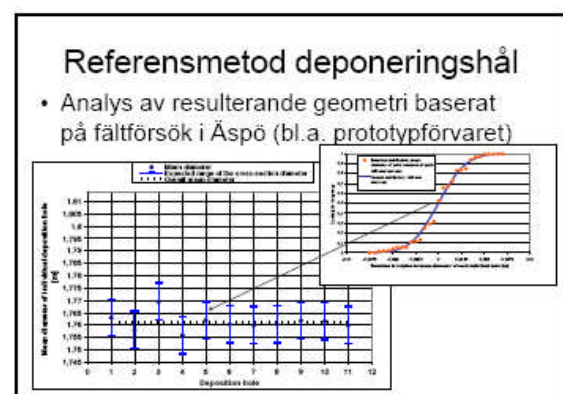
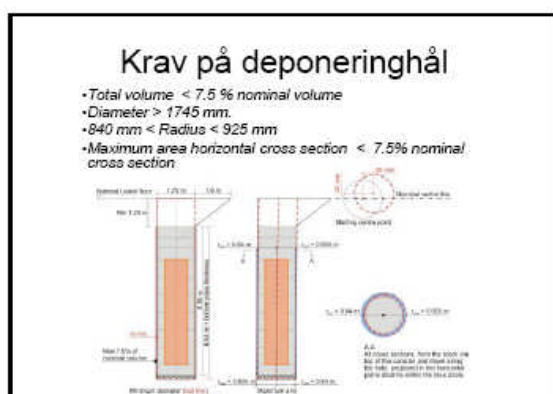
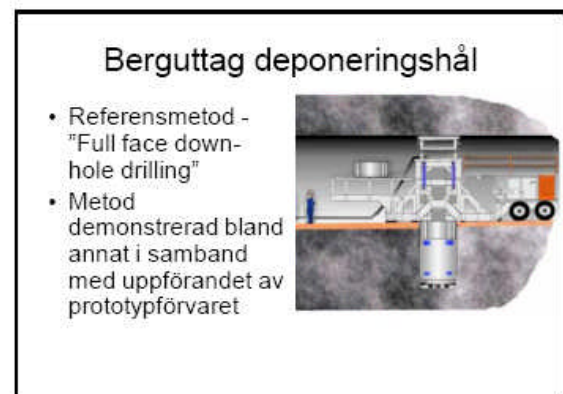
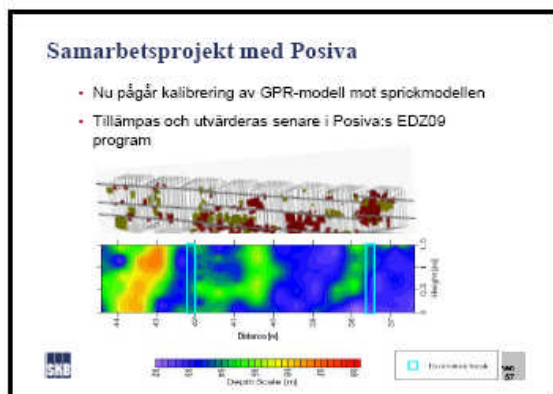
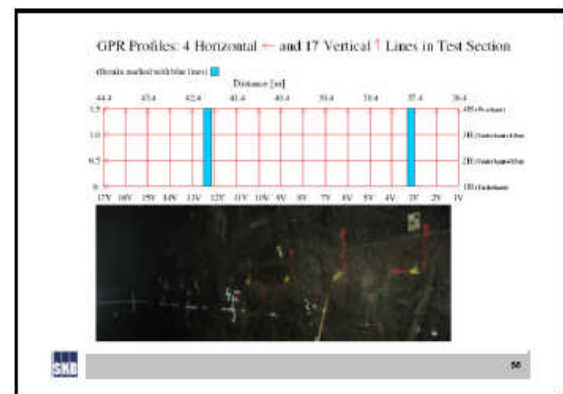
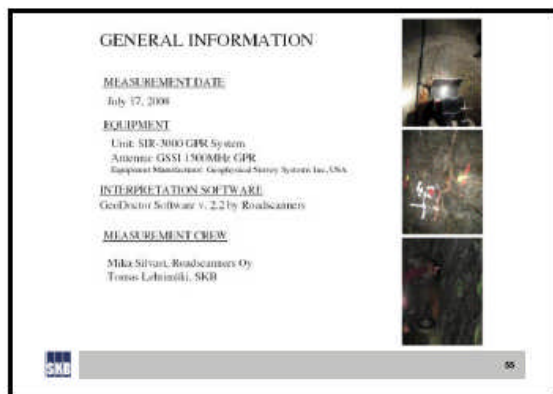
### Future work:

- Further development of blast design and quality assurance methods of the excavation works
- Strategies for normal stress estimation in EDZ, S-tunnel data
- Reinterpretation of natural fractures in data set from S-tunnel
- Improvement of hydraulic testing of saturated conditions in EDZ
- Development of hydraulic model (discontinuous?)

## GPR Measurements in Äspö Hard Rock Laboratory

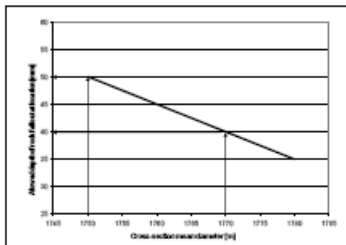
Memo 2008-10-03 / Mika Silvast, Roadscanners Oy





### Referensmetod deponeringshål

- Känslighetsanalys - Konstruktionsförutsättningar och resulterande geometri (referensmetodens prestanda)



### Kontrollmetod deponeringshål

- Potentiella mätmetoder
  - “There are methods and instruments that are potentially fit for controlling the geometry of deposition holes after excavation, e.g. laser scanning and geodetic methods. However the method is to date considered to be conceptual and although the basis is proven technology a certain degree of new technology and innovation is likely to be involved to accomplish a suitable field method ”

### Godkännande av deponeringshål

- Krav som ställs från långsiktig säkerhet avser
  - Diskriminerande sprickor
  - Respektavstånd till deformationszoner > 3 km
  - Inlöde av vatten
  - Avstånd mellan hål på grund av termisk last
- Krav som ställs från buffertlinjen avser
  - Geometrisk toleranskrav, som leder till krav på utförande och eventuellt söka minimera risk för spjälkning

### Godkännande av deponeringshål

- Ett antal layoutpåverkande designbeslut grundlägger förutsättningar för deponeringshålets initialtillstånd
  - Fastlägga läge av stamtunnel
  - Orientering av deponeringstunnlar
  - Fastlägga läge av deponeringstunnel
  - Fastlägga läge av deponeringshål

### Godkännande av deponeringshål

- Fastställa lägen för stamtunnel
  - Respektavstånd till deformationszoner
- Orientering av deponeringstunnlar
  - Minimera eventuell risk för spjälkning
- Fastlägga läge av deponeringstunnel
  - Diskriminerande sprickor
  - Inlöde
- Fastlägga läge av deponeringshål
  - Diskriminerande sprickor
  - Inlöde
  - Termisk last

### Godkännande av deponeringshål

- Referensmetodens kvalitetssäkring
  - Prestanda
  - Utförande
- Kontroll av geometri
  - Volym < 7.5 % nominell volym
  - Diameter > 1745 mm
  - Fastlägga centrumlinje: 840 mm < Radie < 925 mm
  - Tvärsektioners area < 7.5 % nominell area
- Kontroll diskriminerande sprickor
- Kontroll inlöde / EDZ
- Kontroll slits och bottenplatta

### Tätning av deponeringstunnlar

- Förhållandena på förvarsnivå relativt den tätning som skall utföras karakteriseras av
  - Höga krav på inläckage
  - Höga vattentryck
  - Sprickor med förhållandevis liten apertur kan också behöva tätas

### Tätning av deponeringstunnlar

- Referensutformningen (resultat av design D2)
  - "In a repository environment, the current reference method for grouting would be limited to cement-based. For certain fractures and deformation zones in deposition tunnels it may not be practical to use cement-based grouts, and in order to achieve the specified sealing quality, options were included in the references design for the use of new technologies, e.g. those recently tested at the Äspö HRL

### Tätning av deponeringstunnlar

- Resultat av försök med fintätning i Äspö
  - Core holes parallel to the tunnel axis provided the geo-hydrological information required for establishing a basic grouting design
  - The design methodology was demonstrated and indicate that resulting inflow after grouting can be predicted
  - Low pH cement and silica sol were effective in water pressures ranging between 3.0-3.5 MPa and for the variation of joint apertures that can be expected at repository level
  - Control over the gel time during the grouting operation with silica sol is a critical parameter
  - The rheological properties of low pH cement can be controlled in accordance with the specification

### Tätning av deponeringstunnlar

- Resultat av försök med fintätning i Äspö (forts)
  - Completed trials with drilling and grouting outside of the tunnel perimeter indicate that inflow requirements can be fulfilled. Resulting inflow for a 23 m stretch is approximately 0.3 l/min, corresponding to less than 1 l/min and 60 m tunnel or less than 5 l/min and 300 m
  - Completed trials with grouting inside the tunnel contour indicate tentatively that the inflow requirements can be fulfilled
  - The grouting operation need to be optimised relative to time at the tunnel face
  - The equipment for grouting with silica sol need to be further developed

## Bilaga 6

# Initialtillstånd och detaljundersökningsprogram

## Kapitel 6 - Initialtillstånd

- "The initial state of underground openings refers to the checked, inspected, verified and documented state just before deposition, backfilling or closure"
- Design D2 redovisar en referensutförning som är tekniskt genomförbar och uppfyller konstruktionsföreskrifterna
- Inom ramen för referensutförningen redovisas också möjliga konsekvenser av oönskade händelser utifrån rådande osäkerheter i platsspecifika förhållanden

## Kapitel 6 - Riskbedömning

- Sammanvägd kvalitativ riskbedömning av att initialtillståndet uppnås baseras på
  - Geohazards
    - Sannolikheten för oönskade händelser relativt platsbeskrivningen avseende geologi, bergmekanik, geohydrologi och termiska egenskaper
  - Referensmetodernas prestanda
    - Sannolikheten för oönskade händelser relativt demonstrerad prestanda
- i kombination med
  - tilltron till kontrollmetodernas prestanda, inklusive komplexitet i planerad utveckling



## Initialtillstånd, detaljundersökning och byggkontroll

Omfattning och strategi

## Kapitel 6 - Initialtillstånd

- Slutsats: Det förväntade initialtillståndet överensstämmer med konstruktionsföreskrifterna baserat på det troliga utfallet av:
  - Referensutförningen
  - Referensmetoder för att uppföra bergutrymmet
  - Metoder för att kontrollera och dokumentera det färdiga bergutrymmet
- Inom ramen för rådande osäkerheter i platsspecifika förhållanden samt i produktions- och kontrollmetoder görs en sammanvägd riskbedömning
- Syftet är klarlägga om det finns oönskade händelser (faror) som utgör risk för att inte initialtillståndet uppfyller konstruktionsföreskrifterna och som därmed behöver hanteras

## Kapitel 6 - Riskbedömning

- Den sammanvägda osäkerheten (risknivån) representeras av osäkerhet om det färdiga bergutrymmet (likelihood of hazards) samt tilltro till kontrollmetoderna (confidence in inspection, investigation and monitoring methods)

| Likelihood of<br>identified hazards | Very likely        | N/A                                                               | S/U        | S/U |
|-------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------|------------|-----|
|                                     | Likely             | N/A                                                               | N/A        | S/U |
|                                     | Unlikely           | N/A                                                               | N/A        | S/U |
|                                     | Extremely unlikely | N/A                                                               | N/A        | N/A |
|                                     |                    | High                                                              | Acceptable | Low |
|                                     |                    | Confidence in inspection, investigation<br>and monitoring methods |            |     |

Riskenivåer:

N/A = Negligible / Acceptable

S/U = Significant /  
Unacceptable

## Kapitel 6 – Resultat riskbedömning

- Riskenivån för initialtillståndet är acceptabel relativt samtliga konstruktionsförsättningar
- Riskenivån för initialtillståndet är något högre för ett fåtal konstruktionsförsättningar, vilket härrör från att vissa kontrollmetoder önskade funktioner ännu inte demonstrerats i fält, men fortfarande acceptabel

## Kapitel 6 - Resultat riskbedömning

- Den något högre risknivån gäller främst vissa konstruktionsförsättningarna för deponeringshål och uppkommer i kombination med tilltron till kontrollmetoder för deras godkännande med avseende på:
  - Identifiering av diskriminerande sprickor (referensmetod FPC/EFPC)
  - Verifiering av deponeringshålets geometri (referensmetod berguttag)
  - Omförstärkning för verifiering av EDZ (referensmetod berguttag)

## Kapitel 6 - Resultat riskbedömning

- Den något högre risknivån gäller också för vissa konstruktionsförsättningar för andra bergutrymmen och uppkommer i kombination med tilltron till kontrollmetoder för deras godkännande och avser:
  - Omförstärkning för verifiering av EDZ i deponeringstunnlar (referensmetod borrar/spräng)
  - Fastlägga riktning på största horisontella spänning (kan påverka val av deponeringstunnlars orientering)
  - Verifiera bergets termiska egenskaper i fält (fastlägga avstånd mellan deponeringshål och eventuellt deponeringstunnlar)



## Berglinjen: Delmål Detaljundersökningar

Projektperiod: 2009 – 2015

Projekt Detaljundersökningsprogram ska primärt ta fram ett översiktligt program som övergripande beskriver strategier och ramverk för undersökningar och modellering i olika skalor under uppförande och drift av slutförvaret.

Huvudavsnåm:

- Projektering
- Säkerhetsanalys
- MKB



Expertmöte - Berglinjen 2009-05-26 14



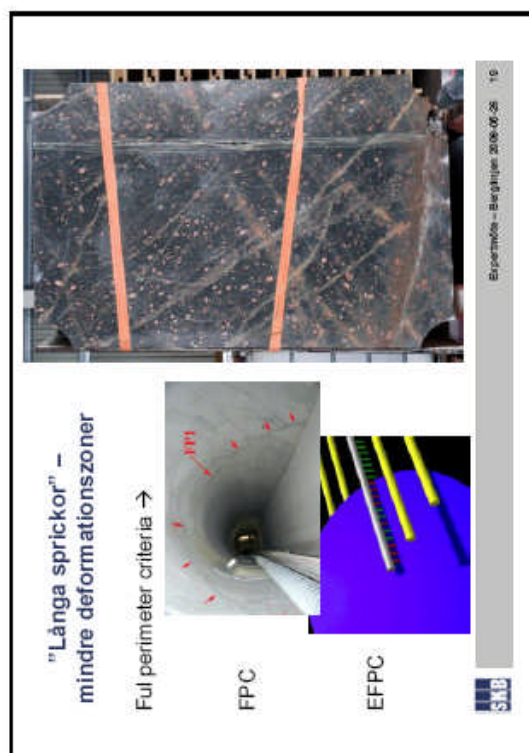
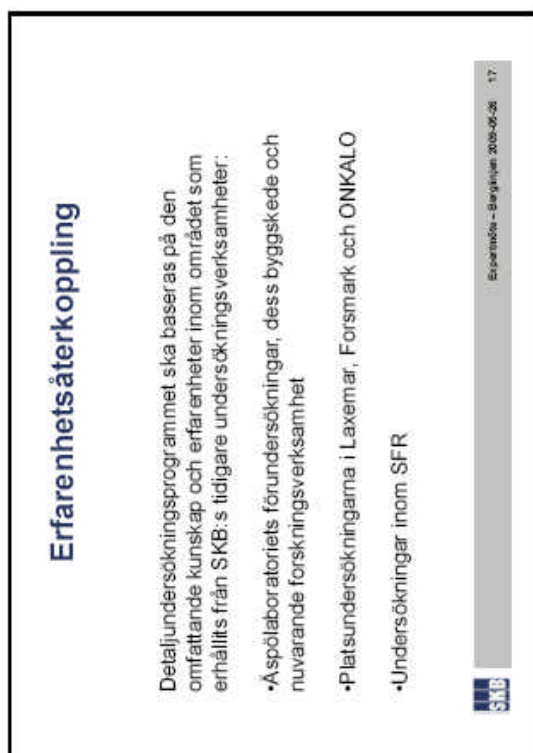
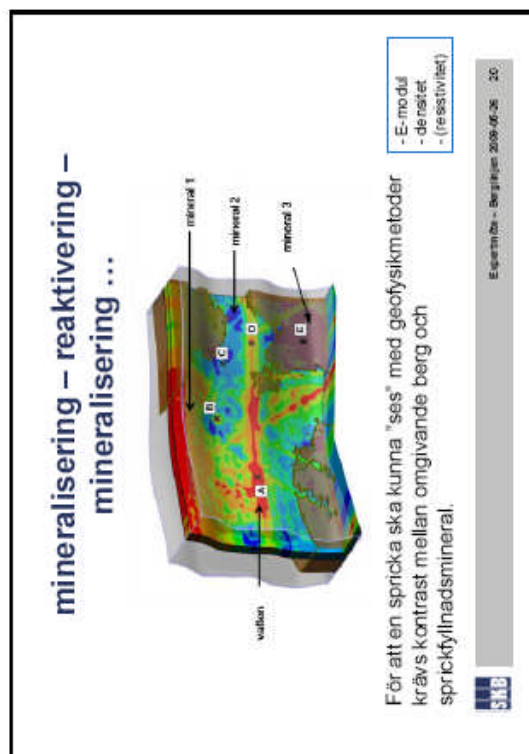
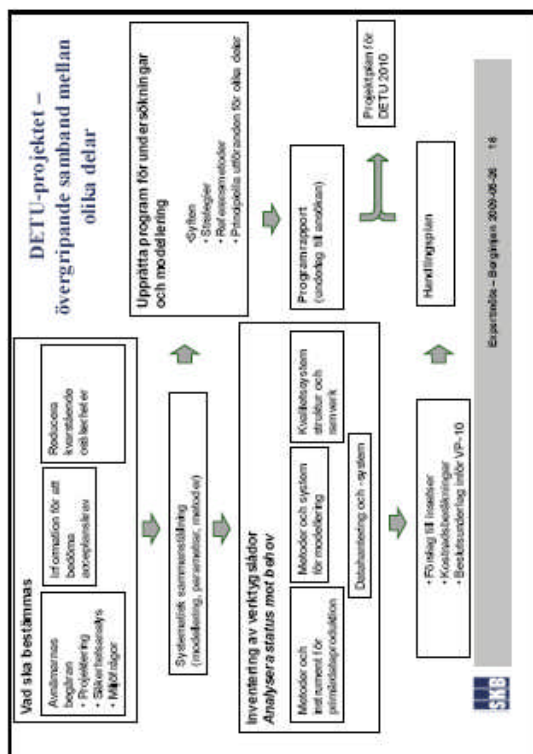
## Detaljundersökningsprogram

### Övergripande huvudsyften

- Ta fram erforderliga data och detaljerade modeller för ingenjörsgelogiska och säkerhetsmässiga överväganden till stöd för deponeringsprocessen och dess beslut såsom:
  - placering av deponeringstunnlar och deponeringshål
  - deponering av kapsel och förslutning samt för återfyllning av tunnel
- Dokumentera att deponering utförts, så att uppställda acceptanskraiv har uppfyllts
- Ta fram underlag om platsens berggrund och miljöförhållanden som behövs för att steg för steg projektera och bygga slutförvaret, för att dokumentera den byggda anläggningen samt för att analysera verksamhetens omgivningspåverkan
- Ta fram erforderliga data och annan information om platsens geosfär och biosfär, uppdatera platsbeskrivningen som underlag för säkerhetsbedömningar och förnyade säkerhetsanalyser



Expertmöte - Berglinjen 2009-05-26 15



## Samarbete med Posiva (referensmetoder)

- Tunnelseismikundersökningar
- GPR (markradar)
- Borrhålsradar

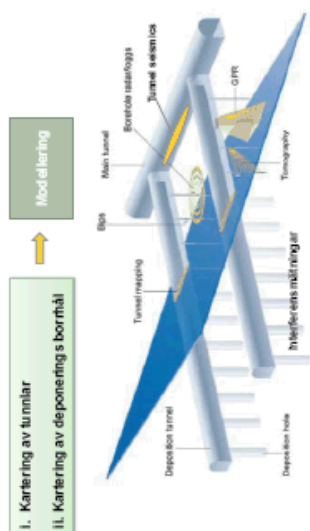
22

## Geometrisk karaktärisering

- Syfte: Fastställa att toleranser för verksamheten (t ex fordonas lastprofil) samt för buffert och återfyllning är innehållna
- Metod: geodetisk inmätning, laserscanning eller fotogrammetri
- Status: känd och etablerad teknik
- Noggrannhet: 2 – 20 mm, beroende på teknikval och förutsättningar

24

Undersökningar av förekomst av långa sprickor (mindre deformationszoner)



Exportação - Beringem 2009-05-26 21



## Byggregulerade kontroller

### Spänningsinducerad spjälkning i deponeringshål

- Observeras genom visuellt och med hjälp av bomknackning och skrotning
- Lösa bergbitar skrolas bort och hålet rensas
- Överbergs läge och utbredning mäts in geodetiskt eller med laser
- Åtgärd med kompletterande buffert genomförs, alternativt förkastas hålet
- Konfidens: 100 %

SKB 26

### Spjälkning i deponeringshål – exempel från CAPS Test 3, KQ0048G04 – Towards the tunnel entrance

After heating, before and after scaling of the holes

Before scaling After scaling

SKB 26

### Uppföljning EDZ

- Planering;
  - Borr- och laddplaner
- Utförandekontroll;
  - Borr-precision
  - Laddning
  - Initiating
- Uppföljning;
  - Utförd geometri
  - Borrpor
- Verifiering;
  - GPR samt kontrollhål/slitisar
  - Erhålls hydraultester

SKB 27

### Övrig byggdokumentation - relationshandlingar

- Layoutens verkliga geometri
- Läge och resultat av sonderingsborrning
- Läge och omfattning av injekteringsarbete
- Läge och omfattning av bergförstärkningsarbete
- Avvikelser
  - Sprängresultat, läge och dokumenterad konduktivitet i EDZ
  - Läge och omfattning av ej acceptabelt inläckage

SKB 26

## Databas-strukturer - utvecklingsbehov

- Visa att platsanpassning gjorts mot krav på långsiktig säkerhet
  - Hantering av all geovetenskaplig information av betydelse för långsiktig säkerhet
  - Hantering av byggets relationshandlingar med fokus på att bergarbetena ligger inom ställda krav
  - Kvalitetsdokument som redovisar beslutsgrunder för accepterade deponeringshål

