

Fördjupad redovisning av de geohydrologiska förhållandena (Domstolens fråga 5 från 14 september)



Innehåll

Domstolen önskar en fördjupad redovisning av de geohydrologiska förhållandena inom Forsmarksområdet. Den ska omfatta såväl verksamhetsområdet, som angränsande områden som kan ha betydelse för grundvattenförhållandena inom verksamhetsområdet. Både idag och på lång sikt, med tonvikt på lång sikt.

- Kort introduktion om vad som styr grundvattenströmning
- Undersökningar som ligger till grund för den geohydrologiska beskrivningen
- Områdets vattengenomsläppighet
- Grundvattnets strömningsmönster nu och i framtiden
- Sammanfattning

Grundvattenströmning

Bestäms generellt av

- Markens och bergets vattengenomsläpplighet
- Den drivande kraften

Vattengenomsläpplighet i kristallint berg

- Det är sprickor och deformationszoner som bildar de vattengenomsläppliga strukturerna
- Det intakta berget har mycket låg vattengenomsläpplighet

Drivande kraft

- Gravitationen – inverkan sker väsentligen via yttopografin
- Yttopografin kan dock ändras över långa tider



Forsmarksområdet har undersökts både regionalt och lokalt

Regional beskrivning

- Tillräckligt stort för att kunna ge randvillkor till geohydrologiska modeller
- Undersökt med geofysiska metoder

Lokal beskrivning

- Valt för att tillåta högre upplösning av berget i området kring tänkt placering av Kärnbränsleförvaret
- Undersökt med borrhålsundersökningar, geofysiska metoder och ytkarteringar

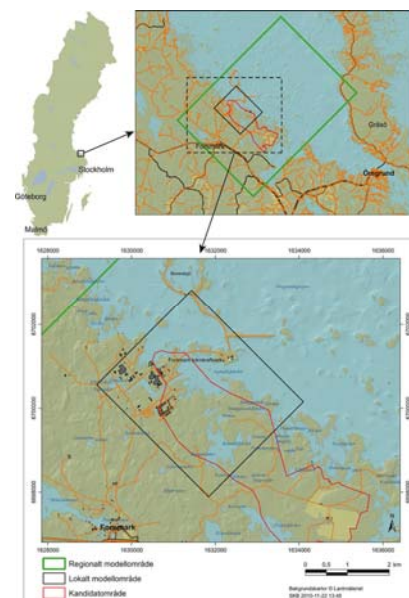
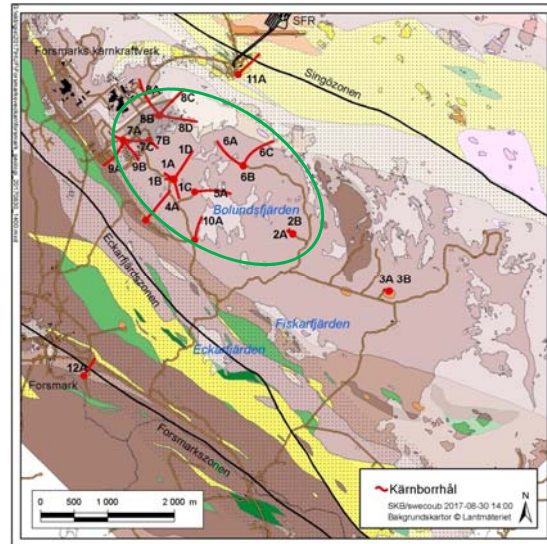


Fig 4-3 SR-Site

Platsundersökning 2002–2007 i Forsmark

- 25 kärnborrhål (totalt 18 km), 38 hammarborrhål och 100 jordborrhål
- Geologisk kartläggning, hydrogeologiska, geofysiska, bergmekaniska och termiska undersökningar, m m
- Grundvattenprovtagningar
- Ekologiska inventeringar och undersökningar
- Långa tidsserier och övervakning av parametrar
- Fortsatta mätningar och övervakning



Deformationszonerna i den geologiska modellen är grunden i den geohydrologiska beskrivningen

Regional beskrivning

- Deformationszoner tolkade från geofysiska data och geologisk kartering
- Hydrauliska egenskaper baseras på tester i zonerna närmast linsen (Forsmarkszonen, Eckarfjärdzonen och Singözonen)

Lokal beskrivning

- Deformationszoner även tolkade från seismik och tolkning av borrhävar
- Zonernas läge bekräftade med kompletterande grundare hammarborrhål

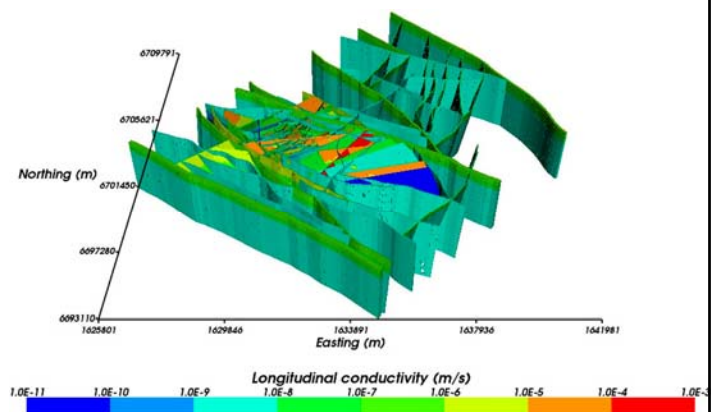
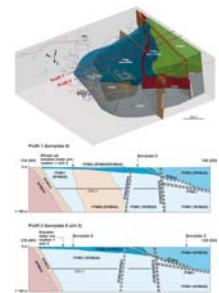


Fig 4-1 R-09-20

Zoner och sprickor i linsen

Berggrunden inom linsen karaktäriseras av

- ett ställvis kraftigt uppsprucket ytberg
- förhöjd sprickfrekvens och flacka zoner i sydost
- mycket få sprickor i nordväst inom förvarsvolymen samt ett antal tydliga sprickzoner



Figur 4-13 SR-Site

Hydrogeologiska undersökningar

Olika hydrauliska tester i enskilda borrhål

- Flödesloggning längs med hela borrhålet (PFL)
- Injektionstester i korta sektioner avgränsade med tätande manschetter (PSS)
- Metoderna har tillsammans så hög rumslig upplösning att det går att hitta och lokalt karakterisera enskilda sprickor
- Samtolkas med den geologiska informationen

Interferenstester (pumptester)

- Pumpning i en sektion i ett borrhål
- Mäter respons i olika sektioner av omgivande borrhål

Utspänningsmätningar

Table 5-1. List of the cored boreholes at Forsmark tested with the PFL and PSS methods. (Modified after Table B-4 in /Follin et al. 2008/.)

Borehole	PFL	PSS	Bottom elevation of borehole (m)	Borehole	PFL	PSS	Bottom elevation of borehole (m)
KFM01A	X	X	-982	KFM07A	X		-819
KFM01B		X	-479	KFM07B		X	-238
KFM01C	X		-333	KFM07C	X		-494
KFM01D	X	X	-612	KFM08A	X	X	-759
KFM02A	X	X	-987	KFM08B			-166
KFM02B	X	X	-565	KFM08C	X	X	-791
KFM03A	X	X	-987	KFM08D	X		-751
KFM03B		X	-88	KFM09A		X	-621
KFM04A	X	X	-796	KFM09B		X	-472
KFM05A	X	X	-825	KFM10A	X	X	-338
KFM06A	X	X	-826	KFM11A	X	X	-716
KFM06B	X	X	-93	KFM12A		X	-511
KFM06C		X	-781				



Figur 1-1 i SKB P-06-196

Borrhålsmätningarna uppvisar en låg frekvens vattenförande sprickor på förvarsdjup

- Mer än 100 m mellan varje vattenförande spricka på förvarsnivå

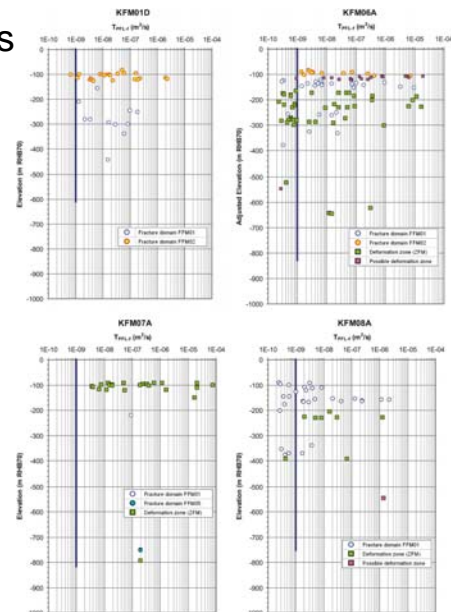


Fig 5-4 i SKB TR-10-54

Geohydrologisk beskrivning av förvarsområdet

Ett fåtal vattenförande deformationszoner

- Zonernas vattengenomsläpplighet avtar med djupet

Vattenförande sprickor mellan deformationszonerna beskrivs statistiskt

- I det ytnära berget är det ställvis hög sprickfrekvens med i huvudsak flacka sprickor med lokalt hög vattenföring
- Mycket låg frekvens av vattenförande sprickor under ca 150 m
- Låga grundvattenflöden i de få vattenförande sprickorna på förvarsdjup

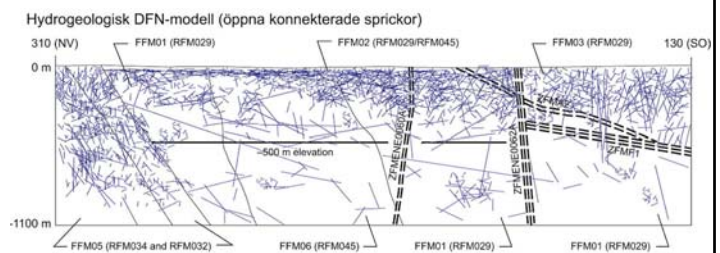
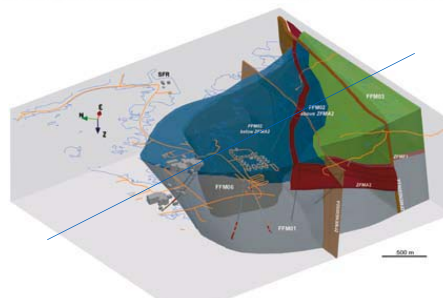


Fig 4-19 i SR-Site



Grundvattnets sammansättning

Mätningar visar att vattnet på förvarsdjup omsätts mycket långsamt

- Tydligt tillskott av helium och Cl-36 signaturer i jämvikt med berget indikerar långa omsättningstider
- I det lågkonduktiva spricksystemet består vattnet av en blandning av glacialt smältvatten (senaste nedisningen eller äldre), ett gammalt meteoriskt vatten (äldre än senaste nedisningen), och äldre icke-marint salthaltigt vatten
- Vattensammansättningen i bergvolymen kring förvarsområdet (matrisporvatten) tyder på att vattnet där är ännu äldre än i sprickzonerna

Simulering av grundvattenflödet och vattensammansättning

- Från senaste istidsisens avsmältning med Baltiska issjön, följt av Littorinahavet och efterföljande landhöjning
- Modellen reproducerar uppmätt grundvattensammansättning

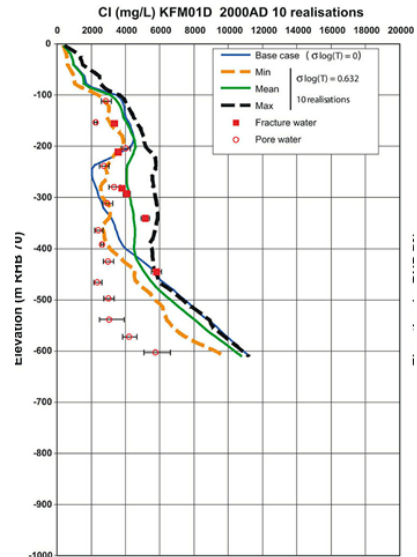


Fig 8-68, TR-08-05

Drivande krafter

Regionala strömningsmönster

- Hela området flackt – låg gradient
- Lågt flöde och lokala flödesceller

Modellområde valt för fortsatta studier

- Modellområdet valt så att flödet av yt- och grundvatten över ränderna är försumbart
- Kontrollerat med känslighetsanalyser

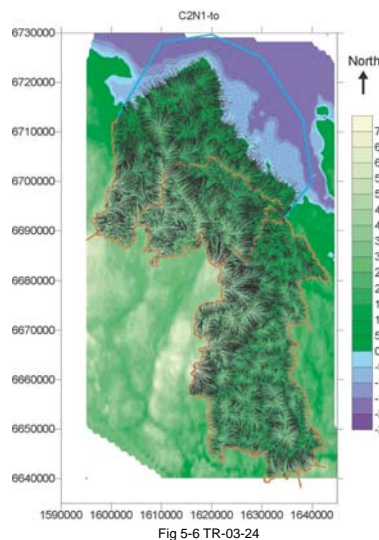


Fig 5-6 TR-03-24

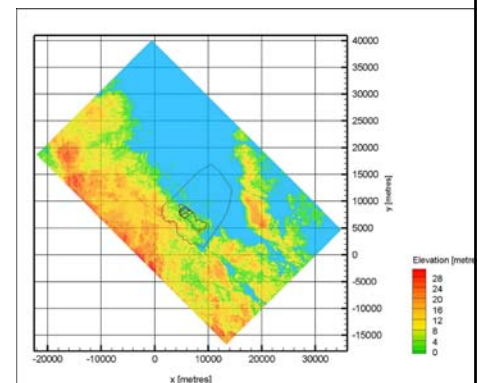
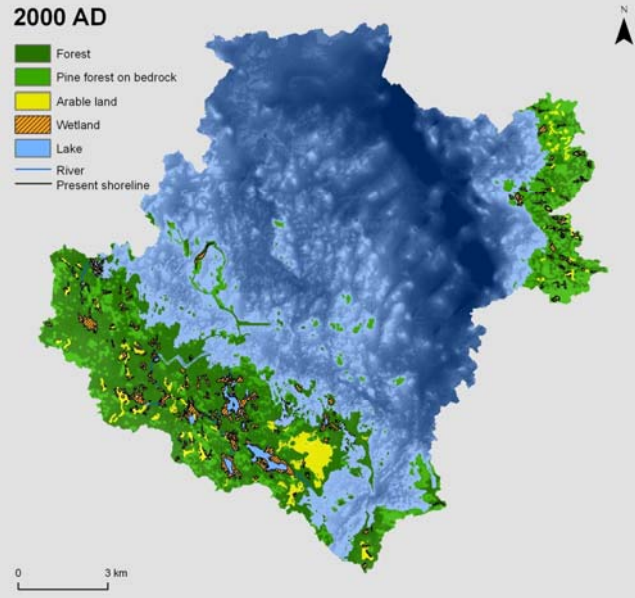


Fig 5-15 TR-10-54

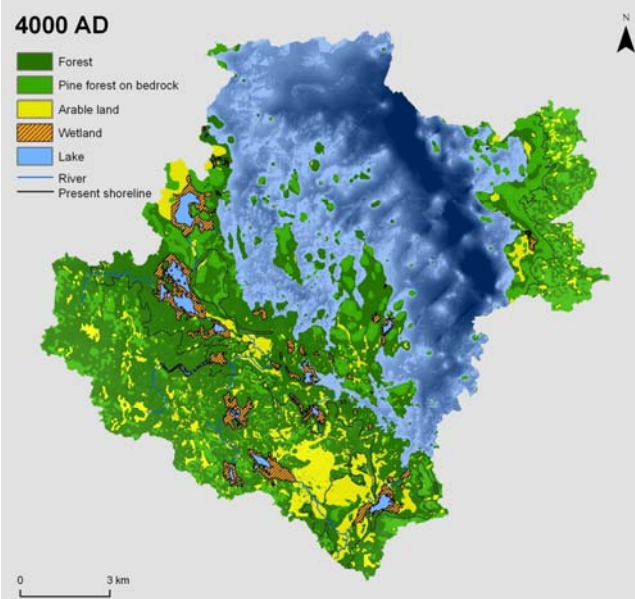
Läget för strandlinjen kommer att ändras

Nuläge



Läget för strandlinjen kommer att ändras

Om 2 000 år

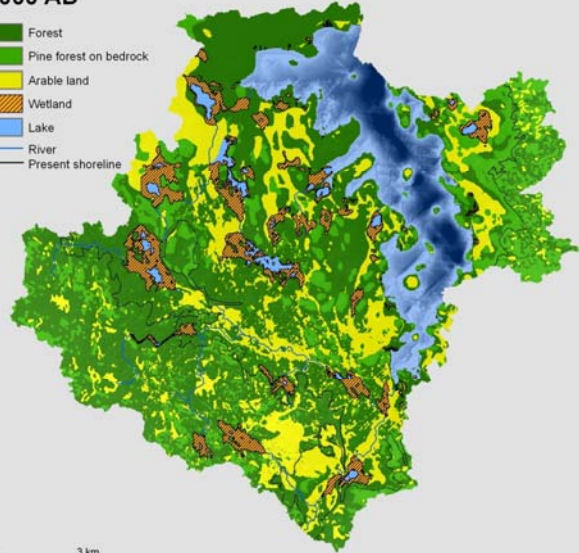


Läget för strandlinjen kommer att ändras

Om 4 000 år

6000 AD

- Forest
- Pine forest on bedrock
- Arable land
- Wetland
- Lake
- River
- Present shoreline

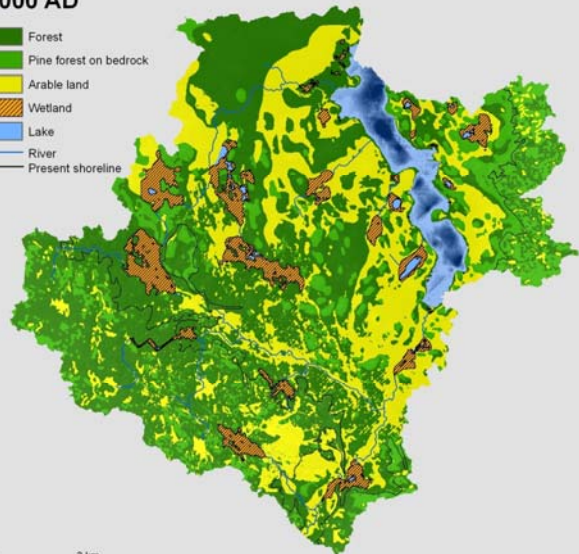


Läget för strandlinjen kommer att ändras

Om 6 000 år

8000 AD

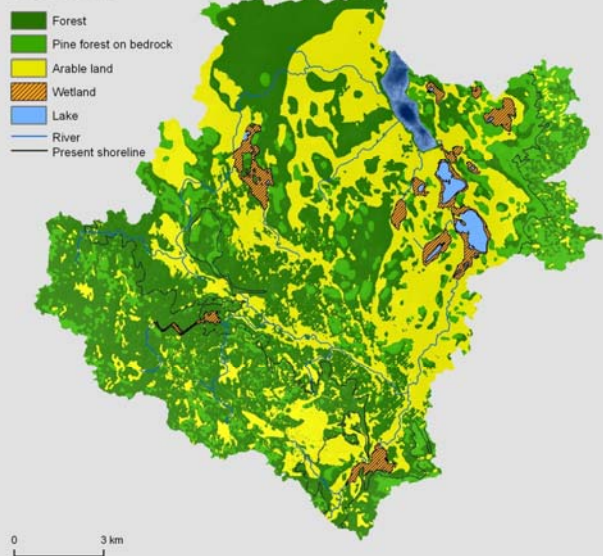
- Forest
- Pine forest on bedrock
- Arable land
- Wetland
- Lake
- River
- Present shoreline



Läget för strandlinjen kommer att ändras

Om 8 000 år

10000 AD



Strömningsmönster – föränderlig strandlinje

Strömningsmönstret påverkas av läget för strandlinjen

- Lokala flödesmönster
- Grundvattnet i de få vattenförande sprickorna på förvarsnivå kommer att strömma ut relativt nära i strandzonen
- När strandlinjen flyttas kommer en del av utströmningspunkterna att flyttas mot NO
- Grundvattenflödet i startlägena (liksom transporttid och flödesrelaterat transportmotstånd) förändras inte väsentligt mellan olika utsläppstidpunkter

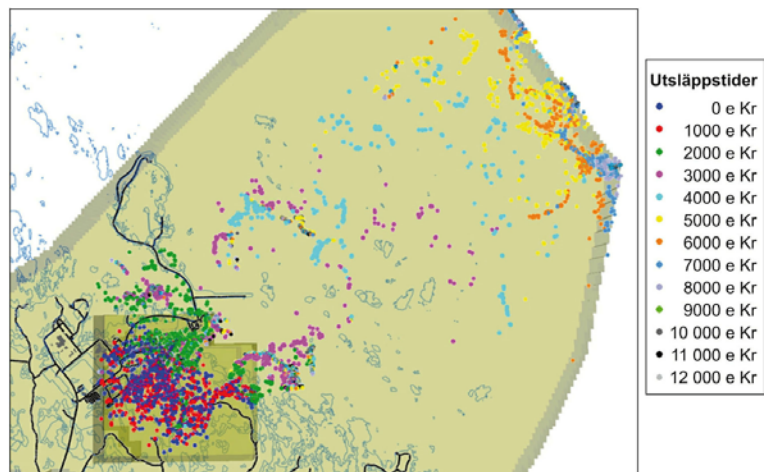


Fig 10-27 SR-Site

Strömningsmönster – vad händer vid en istid?

Små effekter utom när isfronten passerar förvaret

- Isfronten passerar under cirka 500 år
- Ökning av grundvattengradienten så att flödet ökar en faktor 10–100
- Utströmning nära förvaret om det inte samtidigt finns permafrost – annars i ofrusna "fönster" i permafrosten som ofta förekommer under större sjöar (s k taliks)

När isfronten passerat efter avsmältning återgår grundvattenflödet till tempererade förhållanden

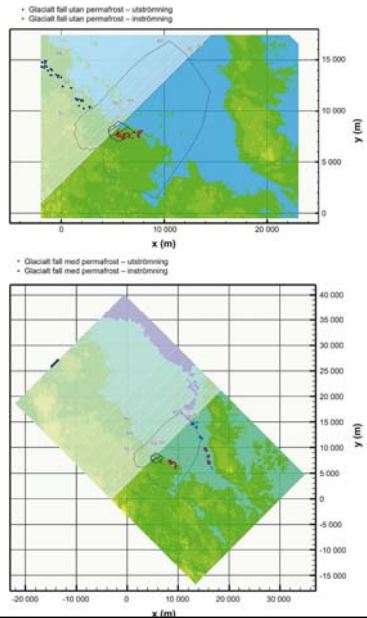


Fig 10-136 SR-Site

Sammanfattning

Geohydrologiska förhållanden

- Mycket god kunskap
- Mycket få vattenförande sprickor på förvarsdjup
- Mycket gammalt vatten på förvarsdjup
- Flack topografi och mycket långsamma grundvattenflöden på förvarsdjup

Grundvattenströmning idag och på lång sikt

- Lokala flödesmönster som styrs av små topografiska skillnader och egenskaperna hos deformationszoner och sprickor
- Det mesta grundvattnet strömmar i de ytliga delarna av berggrunden och i deformationszonerna som omger linsen
- Grundvattnets strömningsmönster kommer att påverkas av förändringar av strandlinjen och kommande klimatförändringar – men flödet kommer ändå vara mycket begränsat i förvarsberget

Forsmark är en lämplig och gynnsam plats även i relativ bemärkelse

- Valet av Forsmark har baserats på lokaliseringfaktorer där faktorer relaterade till säkerheten efter förslutning varit utslagsgivande
- Lokala förhållanden, främst berggrundens vattengenomsläpplighet, är avgörande för om en plats är lämplig för ett slutförvar, med avseende på grundvattenströmning

