



35 – Repliker och svar på frågor Jordskalv, klimatmodeller, jordströmmar och lokalisering

Förtydliganden och svar avseende jordskalv, klimatmodeller, jordströmmar och lokalisering

Patrik Vidstrand, chef för forskning och säkerhet efter förslutning

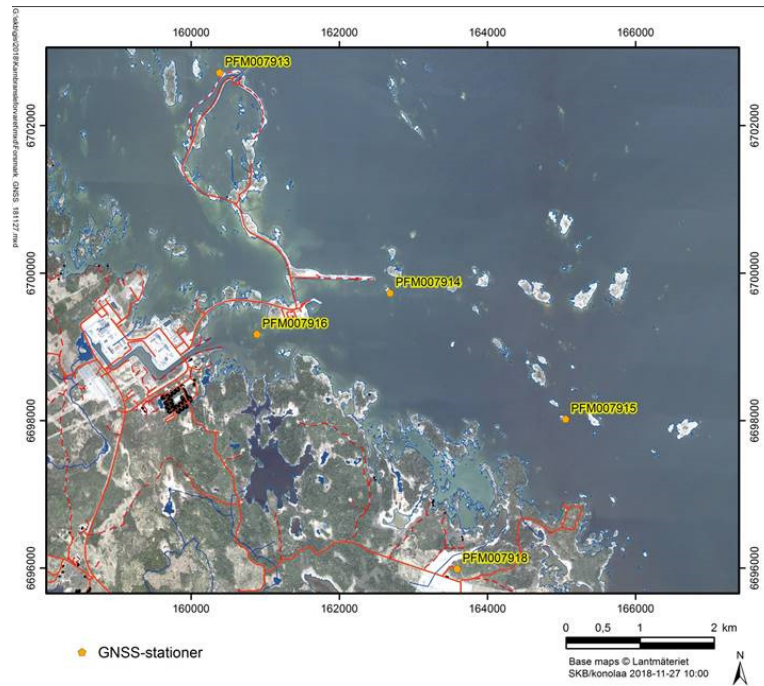
Översikt

- Vad SKB gjort – geologi och seismisk risk
- Forsmarks geologi
- Förekomst av jordskalv i SFR:s närhet
- Konsekvensen om ett stort jordskalv trots allt skulle påverka SFR
- Lokaliseringen av SFR
- Övergripande om klimatmodeller
- Övergripande om jordströmmar

Vad har SKB gjort? 1(3)

"Mätningar som skulle kunna påvisa pågående rörelser har inte utförts i tillräcklig omfattning – i stället har de avbrutits" H. Henkel, Presentation Mål 7062-14 Henkel, 25 September 2019

- SKB har ett aktivt GNSS nät i Forsmark
- En av de fem stationerna är integrerad med Lantmäteriets nationella GNSS-nätverk, Swepos
- En utbyggnad av nätverket pågår med fler stationer främst inåt landet



Vad har SKB gjort? 2(3)

"Mätningar som skulle kunna påvisa pågående rörelser har inte utförts i tillräcklig omfattning – i stället har de avbrutits" H. Henkel, Presentation Mål 7062-14 Henkel, 25 September 2019

- Mycket resurser har lagts på utredning av risken för jordbävningar i samband med Kärnbränsleförvaret och utbyggnad av SFR.
- Samarbete med Institutionen för geovetenskaper vid Uppsala universitet som ansvarar för övervakning av seismisk aktivitet i Sverige.
- Bland annat har SKB bidragit med finansiering till utbyggnad av det svenska nationella seismiska nätet (SNSN) – totalt ca 60 nya mätstationer – vilket bidragit till en bättre bild av den seismiska aktiviteten i Sverige.
- Nätet av sensorer är tidsstyrt via GPS och skickar data i realtid till Uppsala via modem och internet. Automatiska processer detekterar och lokaliserar jordskalv och sprängningar i Sverige och världen.



Berghällsensor

Vad har SKB gjort? 3(3)

"Mätningar som skulle kunna påvisa pågående rörelser har inte utförts i tillräcklig omfattning – i stället har de avbrutits"
H. Henkel, Presentation Mål 7062-14 Henkel, 25 September 2019

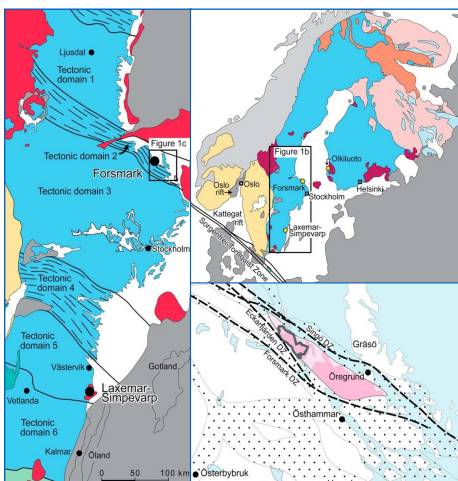
- Finansiering av forskningsprojekt i syfte att kartlägga och identifiera större förkastningar (geologiska deformationszoner) i Sverige och Finland.
- En av de mest intressanta förkastningstyperna är de så kallade postglaciala förkastningarna.
- Dessa visar på stora jordbävningar i Sverige vid istidens slut och SNSN visar att de fortfarande är seismiskt aktiva.
- Ett dussintal postglaciala förkastningar har identifierats i Norden, i Sverige längs kusten norr om Gävle och i Norrlands inland, bland annat Pärvieförkastningen.



Pärvie

Forsmarks geologi 1(3)

"Det går inte att förstå det strukturgeologiska sammanhanget baserat på ett geografiskt fönster på några kvadratkilometer (20 x 20 km i det här fallet)", "Eller där halva närområdet är otillgängligt under vatten" och "Och stora rörelsezoner sträcker sig 70 km åt båda hållen" H. Henkel, Presentation Mål 7062-14 Henkel, 25 September 2019

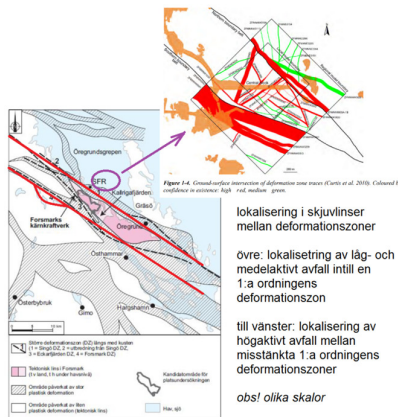


- Vi har en mycket god bild om hur och när berget i Forsmark deformeras.
- Vår bild stämmer med forskningsvärlden i övrigt; vi förstår också varför vi haft deformationer.
- Berget har utsatts för jordskalv, vulkanism, bergskedjebildning i närområdet och ett tiotal istider. Likväl är berget relativt intakt.
- Vi har inte kunna påvisa några mätbara deformationer som är yngre än tiotals miljoner år.

Forsmarks geologi 2(3)

"Lagret för radioaktivt avfall avses bli placerat i ett potentiellt tektoniskt aktivt område med misstänkt recent deformation (Forsmarkslinsen)" H. Henkel, Presentation Mål 7062-14 Henkel, 25 September 2019

Skjuvlinser



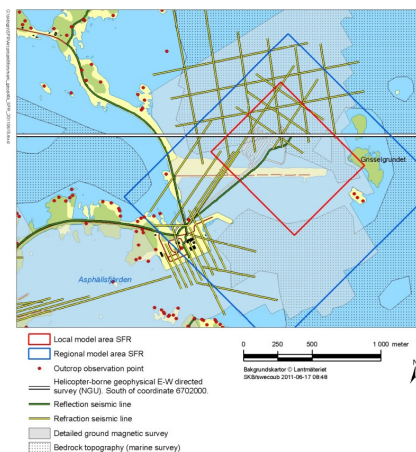
- Den "Forsmarkslin" som Henkel hänvisar till ligger ca 5 kilometer från SFR
- SKB håller naturligtvis med Herbert Henkel om att skjuvlinser inte är immuna mot deformationer. Men det ligger i deformationens natur att koncentreras i zoner vilka avskärmar blocken de omger.
- Vi har med omfattande platsundersökningar **påvisat** att berget i den aktuella linsen är relativt opåverkad av de laster som den utsatts för.
- Vi har daterat deformationer och inte kunna finna belägg för yngre deformation.
- Vi anser därför oss ha belägg för att linsen ska vara stabil under förvarets livstid.

Figur från H. Henkel, Presentation Mål 7062-14 Henkel, 25 September 2019

Forsmarks geologi 3(3)

"Flacka rörelsezoner har påvisats med reflektionseismiska mätningar och bör beaktas / undersökas i förvaringsområdet (påpekar SGU i sitt yttrande till KBS-3)" H. Henkel, Presentation Mål 7062-14 Henkel, 25 September 2019

Flacka strukturer



- SKB har utfört omfattande geofysiska undersökningskampanjer inom SFR:s närområde.
- Den enda signifikanta flacka strukturen som identifierats har redan presenterats tidigare. Den strukturen finns under anläggningen.

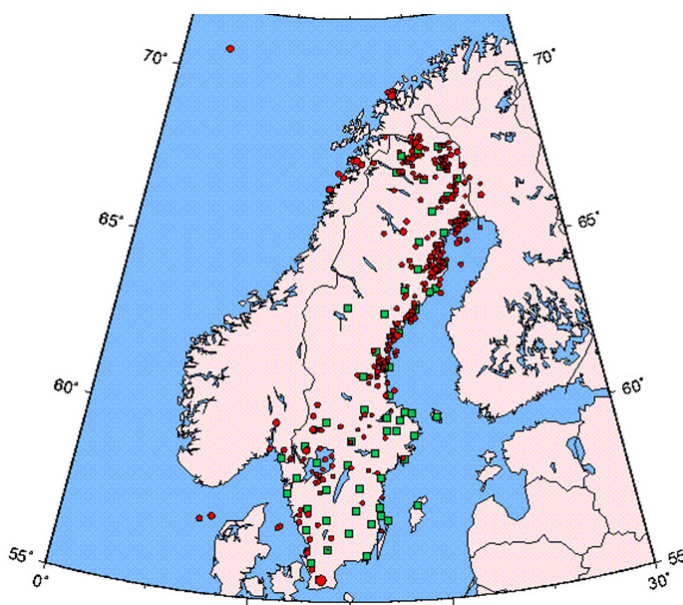
Figur 2.3 från TR-11-04

Förekomst jordskalv 1(3)

"De förekommer med olika frekvens i olika geologiska situationer" H. Henkel, Presentation Mål 7062-14 Henkel, 25 September 2019

"Norrlandskusten är urbergsköldens mest seismiskt aktiva zon" H. Henkel, Presentation Mål 7062-14 Henkel, 25 September 2019

"Den ständigt pågående seismiciteten leder till ackumulerad deformation av berggrunden utmed zonen" H. Henkel, Presentation Mål 7062-14 Henkel, 25 September 2019

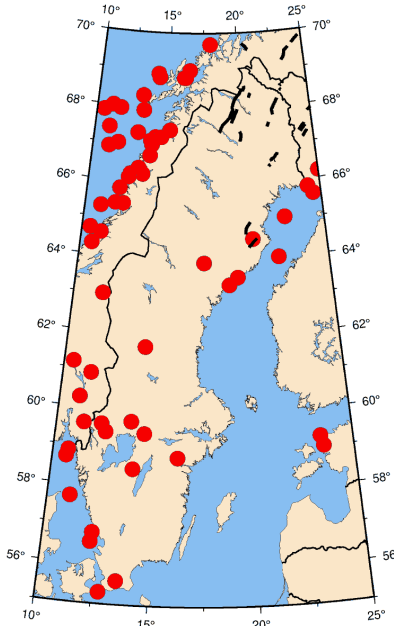


Figur från H. Henkel, Presentation Mål 7062-14 Henkel, 25 September 2019

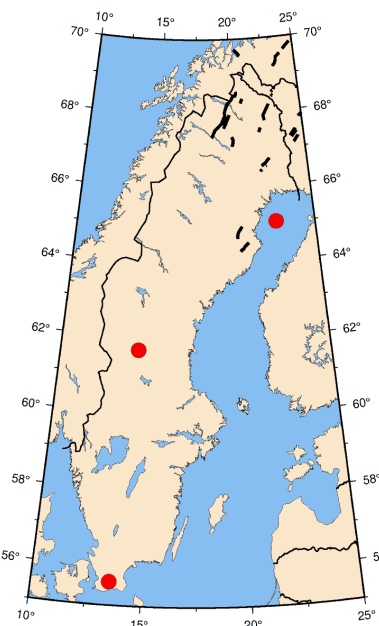
Förekomst jordskalv 2(3)

- Jordskalv med magnitud större än 4, både historiska och moderna data.
- Skalvet i Skåne skedde 2008 och hade en magnitud på 4.3. Epicentrum återfanns på ca 17 kilometers djup.

Historisk data från 1750



SNSN data från 2000

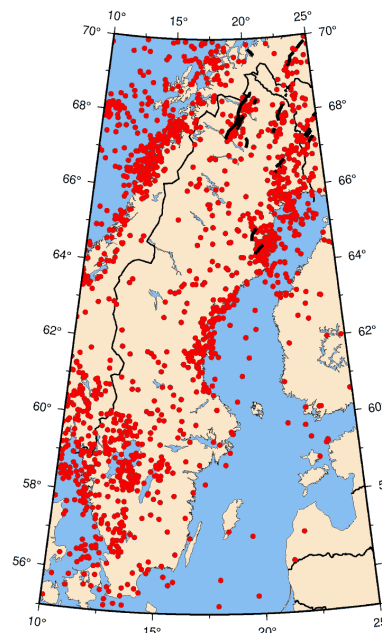


Figurer erhållna från Uppsala universitet

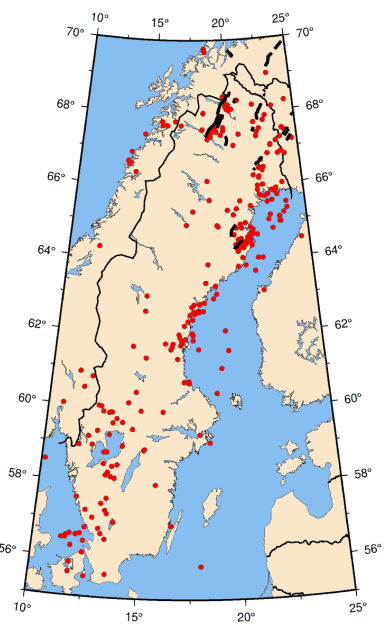
Förekomst jordskalv 3(3)

- Jordskalv med magnitud större än 2
- Anhopning på samma platser som magnitud 4
- Vissa platser har alltså större sannolikhet till skalv än andra platser.
- Till exempel runt Mo i Rana i Norge, i anslutning till Oslosänkan och Vänerområdet samt vid vissa platser längs kusten utanför Hudiksvall, Härnösand, Skellefteå och ett par inlandsplatser i Norrland

Historisk data från 1904



SNSN data från 2000



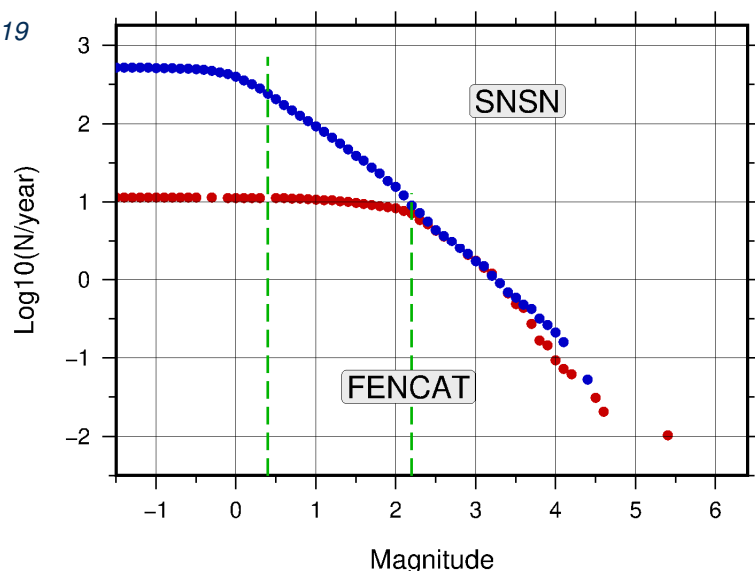
Figurer erhållna från Uppsala universitet

Antal jordbävningar per år 1(2)

"Att stora skalv inte observerats de senaste 100 åren betyder inte att de inte kan förekomma" H. Henkel, Presentation Mål 7062-14 Henkel, 25 September 2019

- Grafen visar antalet jordskalv per år av en viss magnitud
- Ger uppskattning av återkomsttiden för jordskalv av en viss storlek
- Sista punkten vid magnitud 5.4 representerar det skalv som skedde vid Kosteröarna 1904 – det största dokumenterade skalvet i Sverige
- Enbart ett sådant skalv under de senaste 100 åren

FENCAT 1904–2000 and SNSN 2000–2019



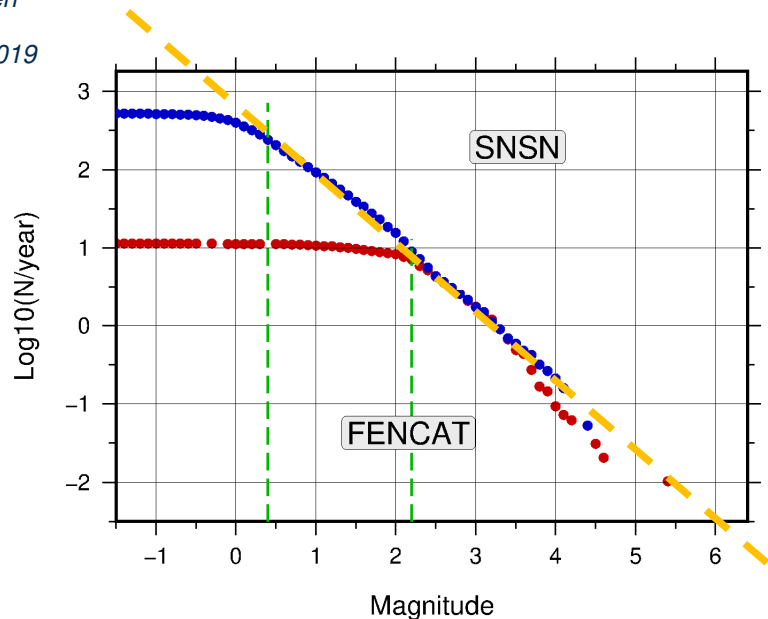
Figurer erhållna från Uppsala universitet

Antal jordbävningar per år 2(2)

"Att stora skalv inte observerats de senaste 100 åren betyder inte att de inte kan förekomma" H. Henkel, Presentation Mål 7062-14 Henkel, 25 September 2019

- Grafen visar antalet jordskalv per år av en viss magnitud.
- Ger uppskattning av återkomsttiden för jordskalv av en viss storlek.
- Sista punkten vid magnitud 5.4 representerar det skalv som skedde vid Kosteröarna 1904 – det största dokumenterade skalvet i Sverige.
- Enbart ett sådant skalv under de senaste 100 åren.
- Punkterna landar på en rätt linje. Detta samband gäller generellt på jorden.

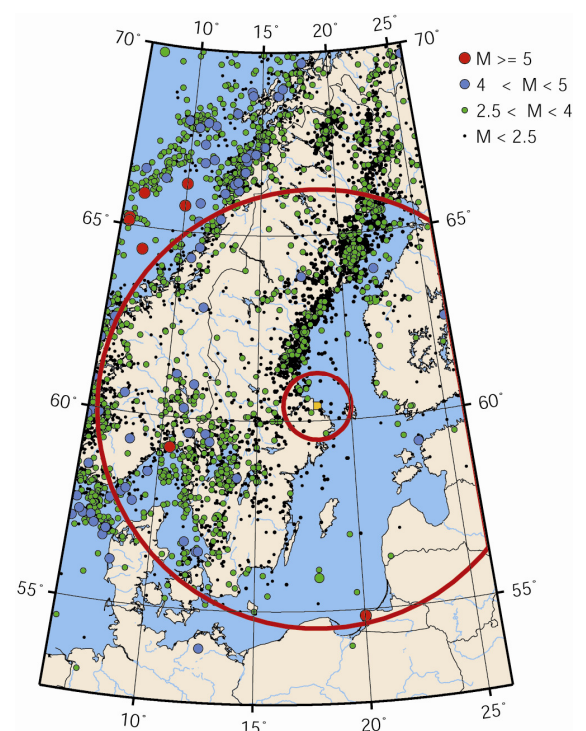
FENCAT 1904–2000 and SNSN 2000–2019



Figurer erhållna från Uppsala universitet

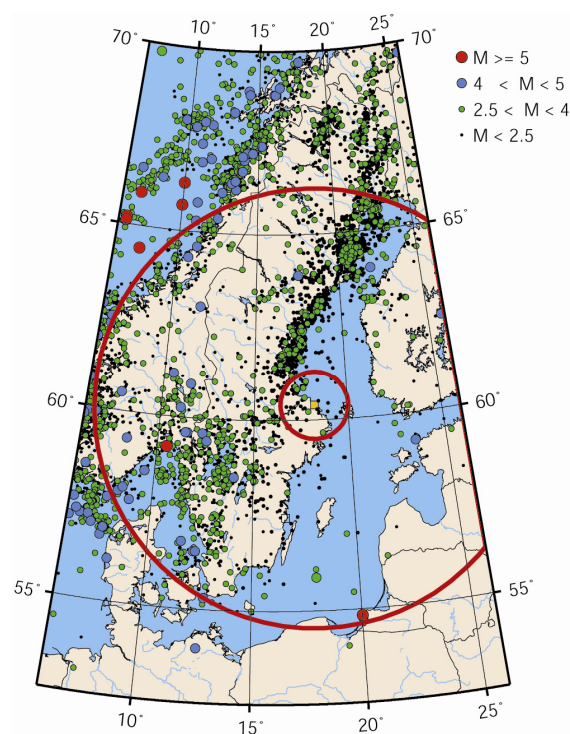
Återkomsttid 1(2)

- Genom dokumentationen i grafen på bilden innan får man fram en återkomsttid för skalv av en viss storlek inom en viss area (stora cirkeln)
- Informationen är direkt beroende av arean (jämför mindre cirkeln)
- Detta ger t ex att återkomsttiden för ett skalv av magnitud 5 inom en cirkel med 10 km radie belägen innanför den stora cirkeln, är ungefär ett skalv vart 100 000 år, oberoende av var den lilla cirkeln befinner sig innanför den stora



Återkomsttid 2(2)

- Genom dokumentationen i grafen på bilden innan får man fram en återkomsttid för skalv av en viss storlek inom en viss area (stora cirkeln)
- Informationen är direkt beroende av arean (jämför mindre cirkeln)
- Detta ger t ex att återkomsttiden för ett skalv av magnitud 5 inom en cirkel med 10 kilometers radie belägen innanför den stora cirkeln, är ungefär ett skalv vart 100 000 år, oberoende av var den lilla cirkeln befinner sig innanför den stora
- SKB har utgått från att alla skalvstorlekar kan förekomma i beräkningar, men varje skalvstorlek är kopplad till en sannolikhet.
- Förmodligen pessimistiskt eftersom data visar att sannolikheten för skalv är större på andra platser än i Forsmark



Hantering av jordskalv i säkerhetsanalysen

Skalv som inträffar under nuvarande interglacial (dvs fram till nästa istid)

- Beaktas vid lokalisering
- Beaktas vid utformning (utifrån säkerhet under drift och efter förslutning)
- Skalv med återkomsttid av 10 000, 100 000, 1 000 000 och 10 000 000 år har analyserats
- Vid skalv med återkomsttid 1000 000 år och kraftigare än ca magnitud 6 uppstår viss uppsprickning av betongen på silons utsida i beräkningarna
- Vid analys av riskbidrag har det dock antagits att silon går sönder redan vid ett magnitud 5 skalv

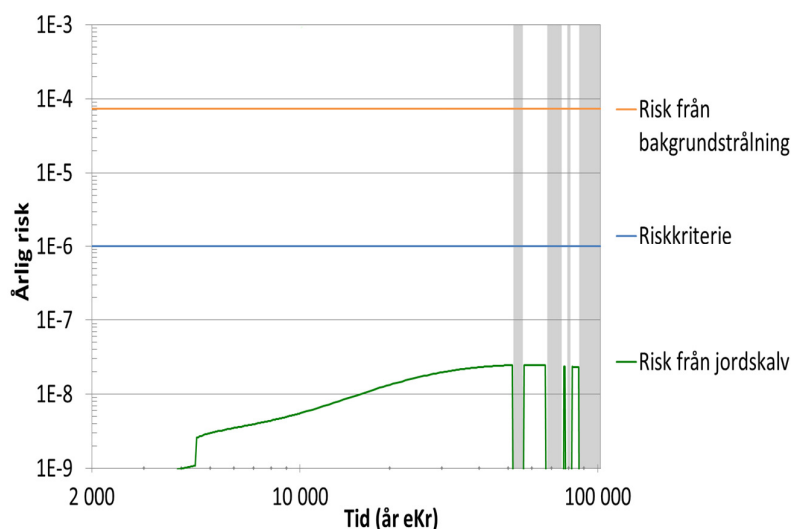
Skalv under och efter nästa istid

- Analyseras med ett pessimistiskt beräkningsfall, dvs allt har redan gått sönder under inverkan av glaciationen



Mindre sannolika scenarier – jordskalv

- Det går inte att utesluta att ett jordskalv som skadar barriärerna inträffar, konsekvenser för silon utvärderad för flera olika tidpunkter
- Antagit kollaps av betongen i silon, ingen fördröjning av uttransporten genom berget
- Tidigare analyser har visat att konsekvenserna för övriga förvarsdelar är mycket lägre
- Ger lågt bidrag till risken



Lokalisering relaterat till jordskalv – SFR

"Lagret för radioaktivt avfall avses bli placerat i ett potentiellt tektoniskt aktivt område med misstänkt recent deformation (Formarkslinsen)" H. Henkel, Presentation Mål 7062-14 Henkel, 25 September 2019

- Den första utgåvan av Standard Review Plan vilken inkluderade yttre händelser utkom 1975 och det var först därefter som NRC som ledande myndighet i västvärlden började inkludera detta som konstruktionsbas i kärnkraftsreaktorer.
- Platsvalet för SFR styrdes bland annat av de riktlinjer som lades fast i med Aka-utredningen.

Motsvarande gäller i princip också för jordbävningar, och förvaringsplatser i Sveriges berggrund kan dessutom väljas så att skadeverkningarna av en eventuell jordbävning helt undviks.

Ur: kapitel 3.9, SUO 1976:30, Använt Kärnbränsle och radioaktivt avfall, Betänkande av Aka-utredningen

- I lokaliseringstudien (SKB P-13-01) inför utbyggnaden presenteras olika faktorer som beaktades i samband med lokalisering. Jordskalv är en av de faktorer som beaktas.
- Utbyggnaden är lokaliserad i syfte att undvika större deformations zoner.

Övergripande om SKB:s klimatomforskning 1(2)

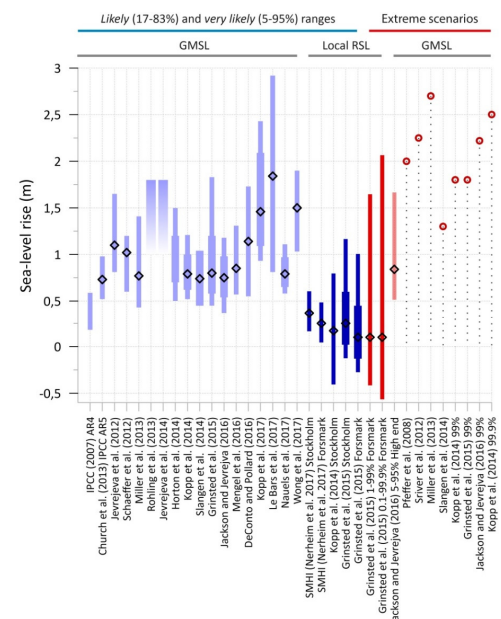
"Med nuvarande klimatmodeller", "(1 m höjd havsnivå detta århundrade = 10 mm / år)", "kommer havsnivåhöjning ta över landhöjningen" och "saltare/tyngre havsvatten tränger in i lagret" H. Henkel, Presentation Mål 7062-14 Henkel, 25 September 2019

- SKB:s klimatscenarier ligger till grund för analysen av långsiktig säkerhet. Underlagen till scenarierna tas fram genom
 - 1) forskning på uppdrag från SKB
 - 2) publicerade resultat från det övriga vetenskapliga samhället
- SKB:s klimatomforskning genomförs av forskare som är världsledande inom sina respektive områden och de använder samma metoder och modeller som i övrig klimatomforskning.
- Exempelvis Vi följer kontinuerligt allt som publiceras inom området havsytteförändring. Vi låter även genomföra egna havsnivåstudier med fokus på Forsmark.
- **I varje säkerhetsanalys summeras den nya kunskap som kommit fram sen föregående säkerhetsanalys.** Varje säkerhetsanalys har därför uppdaterad information om framtida havsnivåer.

Övergripande om SKB:s klimatomforskning 2(2)

- Här visas SKB:s senaste sammanställning av publicerade resultat om framtida havsnivåhöjning fram till år 2100
- Den här uppdaterade informationen används nu i den pågående säkerhetsanalysen PSAR PSU
- Även inom övriga områden där SKB bedriver klimatomforskning används samma metodik och verktyg som i dagens övriga internationella klimatomforskning

Sammantaget gör detta att SKB:s klimatscenarier och klimatomforskning är väl uppdaterade med avseende på det vetenskapliga kunskapsläget i världen (inkl. IPCCs sammanställningar)



Sammanställning av alla vetenskapliga studier publicerade efter säkerhetsanalysen SR-PSU (från 2012 till 2018)

Jordströmmar

"Elektriska strömmar påverkar korrosion

- jordelektriska pga åskurladdningar

-- inducerade pga trådlös kommunikation

--- likströmsöverföringars returström"

H. Henkel, Presentation Mål 7062-14 Henkel, 25 September 2019

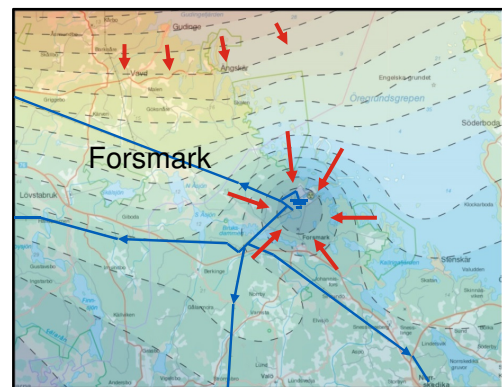
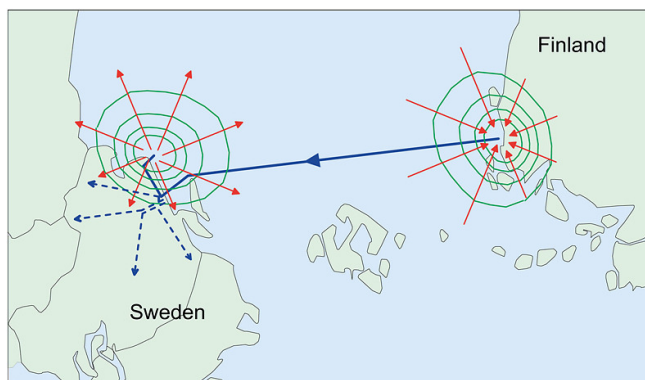
"Jordströmmar ger problem med korrosion som förstör barriärer och producerar gas"

J. Swahn, Nacka TR M 7062-14 Aktbil 179 Presentation från MKG; synpunkt, 25 September 2019

"Som visas i svaret på förläggandet bedöms jordströmmar på grund av Fenno-Skan, trots pessimistiska antaganden i beräkningen, inte ha någon effekt på säkerheten efter förslutning. SKB fortsätter dock att undersöka effekten av jordströmmar på utrustning i borrhål." SKB, Bilaga SFR-U K:1

Övergripande om jordströmmar 1(3)

Strömfördelning i Forsmarksområdet



Mätningar vid SFR visar elektrisk fältstyrka 0,4 mV/m (Pedersen et al, 2008, SKB P-13-49)

Övergripande om jordströmmar 2(3)

Korrosionen på övervakningsutrustning

- Långsträckt konstruktion
- Låg resistans (rostfria stålstänger och lokalt jordlinjenät)
- Liten utläckningsyta (lokal korrosion på rostfritt)
- Totalt korroderad massa är dock liten



Effekt av jordströmmar har vidare redovisats och förklarats ytterligare i Bilaga SFR-U K:1 och SKB Bemötande i december 2018

Korrosion av utrustning för kemisk analys (SKB P-05-265)

Övergripande om jordströmmar 3(3)

Påverkan på SFR efter förslutning

- Läckströmmar har ingått i analyserna, i SKB TR-14-10 står *"The potential influence on corrosion of metals in the SFR repository by earth currents from the present Fenno-Skan cable has been investigated. The conclusion is that corrosion caused by earth currents is considerably slower than general corrosion of steel at repository conditions"*

Slutsatsen är att korrosion skapad av läckströmmar är betydligt mindre än den allmänna korrosionshastigheten av stål i förvarsmiljö

- Utbyggnadens betongbarriärer och behovsstyrd förstärkning av befintliga betongbarriärer sker med minimal armering
- Gasutveckling har analyserats och är inte kritisk
- Dränage av frigjord gas ingår i de tekniska lösningarna

Konstateranden

- Lokalisering och utformning av SFR har och kommer att inkludera geologisk information, seismisk aktivitet, jordströmmar, klimatförändringar mm
- Konsekvens av jordskalv har beaktats vid analys av säkerhet under drift och efter förslutning.
 - En förnyad analys av jordskalvspåverkan på SFR har precis genomförts, denna gång av en ny konsultgrupp. De preliminära resultaten verifierar tidigare slutsatser och indikerar till och med en något högre säkerhet mot brott på konstruktionerna på grund av skalv.
- Konsekvenser av klimatförändringar ingår i säkerhetsanalysen genom flertal varianter.
- Konsekvenser av jordströmmar ingår i säkerhetsanalyser och har visats sakna betydelse för SFR:s säkerhet
 - Jordströmmar ger emellertid på kortsikt en kostsam hantering av viss övervakningsutrustning, varmed SKB aktivt arbetar för att minska jordströmmars påverkan på mätutrustning
- Konsekvenser av anläggningens påverkan på den geologiska, hydrologiska och kemiska miljön ingår i analyserna
- Analyser visar att den radiologiska konsekvensen av jordskalv är låg för silon och obetydlig för övriga förvarsdelar
- SKB uppdaterar och analyserar säkerheten regelbundet för alla sina befintliga anläggningar