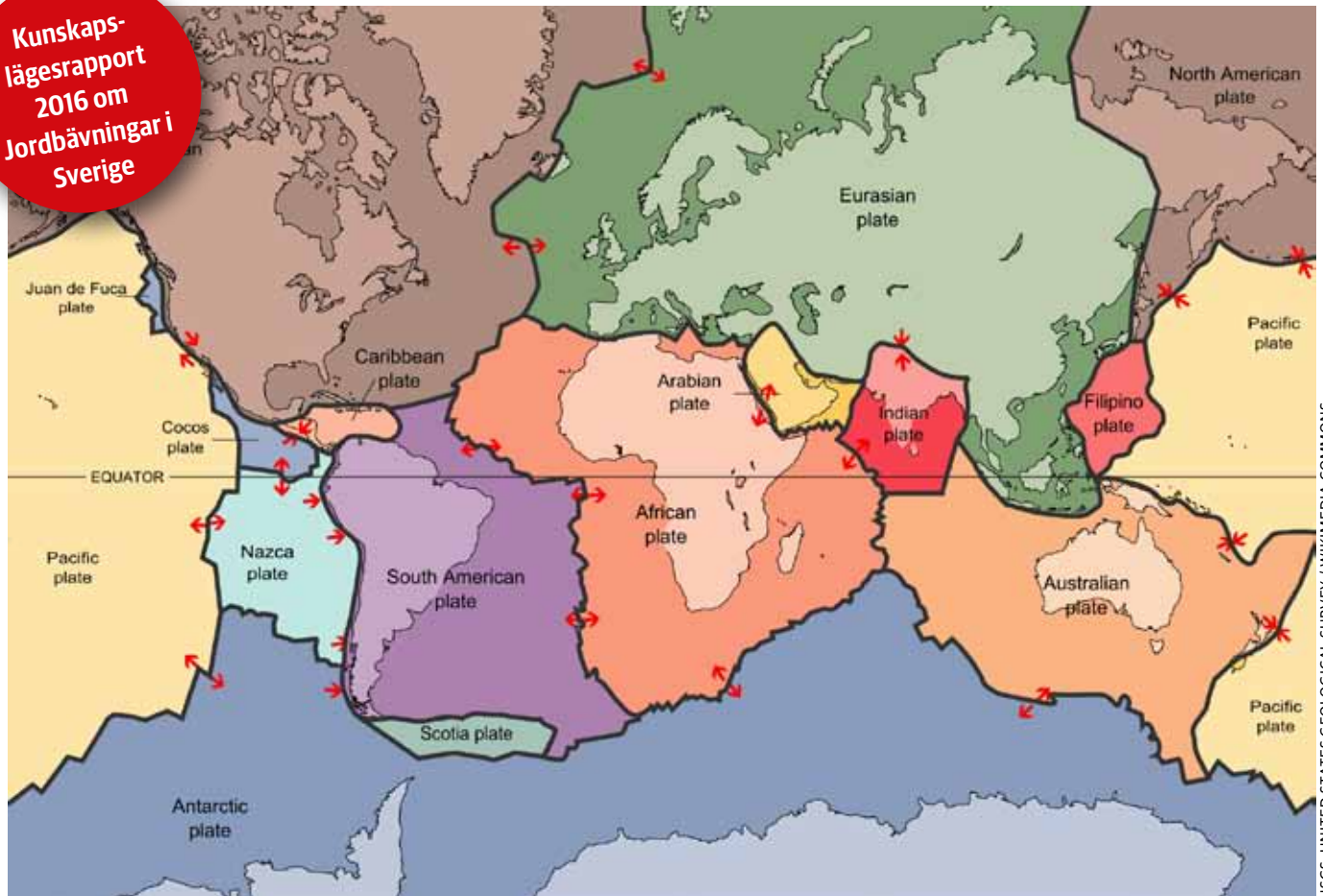


# KÄRNAV FALLSRÅDET

Kunskaps-  
lägesrapport  
2016 om  
Jordbävningar i  
Sverige



USGS, UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY / WIKIMEDIA COMMONS

Jordbävningar beror på de spänningar som uppstår när jordens litosfärsplattor, vilka bygger upp jordskorpan, långsamt rör sig i förhållande till varandra. Antingen kolliderar de, skiljs åt eller glider längs med varandra. De kraftigaste jordbävningarna sker där plattor kolliderar. Sverige ligger långt från plattkanterna och jordbävningar i landet blir oftast så svaga att människor inte känner dem.

## Många men svaga jordbävningar i Sverige

Det sker ca 600 jordbävningar om året i Sverige, de flesta så svaga att vi inte märker dem. De är koncentrerade till främst tre områden.

– Sverige ligger långt från jordskorpan plattkanter där risken för kraftiga jordbävningar är stor. Men en ny istid kan inträffa under slutförvarets livstid och en sådan skulle kunna ge upphov till större skalv någonstans i Sverige, säger Karin Högdahl, ledamot i Kärnavfallsrådet.

**N**är en jordbävning inträffar sker förskjutningar längs sprickor som finns i berggrunden. Om lägesändringen blir några millimeter eller flera meter beror på hur kraftig jordbävningen är och bergets hållfastighet.

– En kraftig jordbävning kan öppna sprickor i berget och för ett slutförvar för använt kärnbränsle som ligger förvarat djupt i berggrunden, finns en risk att detta skadar kapslarna som bränslet förvaras i, säger Karin Högdahl, docent i geologi vid Uppsala universitet och Åbo Akademi och ledamot i Kärn-



avfallsrådet. Hon talade vid rådets seminarium om Kunskapslägesrapport 2016 i Näringslivets hus i Stockholm den 15:e mars 2016.

Enligt Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) ska kapslarna klara en förskjutning av berget på 5 cm på grund av en jordbävning, utan att funktionen påverkas.

Så frågan är om vi riskerar kraftiga jordbävningar i Forsmarksområdet under de 100 000 år som det använda kärnbränslet måste förvaras säkert.

### Jordskorpan rör sig

Jordbävningar beror i huvudsak på att de s.k. litosfärsplattorna, som jordskorpan är uppbyggd av, rör sig i förhållande till varandra. De flyttar sig konstant och långsamt, med mellan två och arton centimeter om året. Karin Högdahl beskriver att när plattorna kolliderar, glider längs med varandra eller drar sig ifrån varandra uppstår jordbävningar. Aktiviteten är som störst i kanterna där olika plattor möts. Sveriges landmassa ligger långt från plattkanterna, men också här i landet, känner seismologiska instrument av jordbävningar.

– Detta beror på den mittatlantiska ryggen som går i nord-sydlig riktning genom Atlanten, rakt över Island och där två plattor rör sig ifrån varandra. Det medför att den svenska berggrunden trycks ihop från en nordvästlig till västnordvästlig riktning, säger hon.

I Sverige är det huvudsakligen dessa s.k. platttektoniska rörelser som orsakar dagens jordbävningar. Skalven är mycket svaga, de flesta under magnitud 2

på Richterskalan och känns inte. Men till en mindre del är de också orsakade av att berggrunden återjusterar sig, från att ha varit nedtryckt av den 3 km tjocka isen som täckte vårt land under förra istiden, och som under flera årtusenden smälte bort fram till för ungefär 9000 år sedan. Tecken på detta ser vi fortfarande i och med landhöjningen, som i delar av Norrland är ca en centimeter om året. Men då inlandsisen smälte, kunde kraftfulla jordbävningar inträffa.

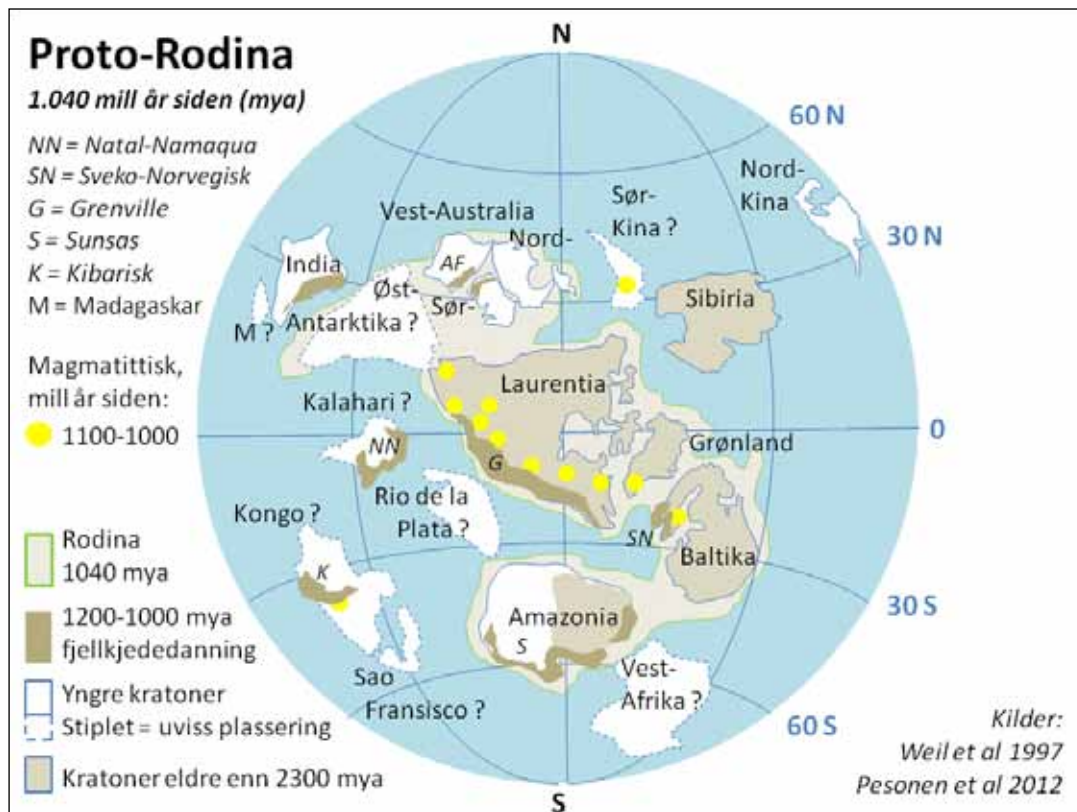
– De stora förkastningarna i Norrbotten är ett tydligt bevis på detta, säger Högdahl, och förtydligar att jordskalven kunde ha en magnitud på över åtta på Richterskalan.

Förkastningarna följer gamla sprickmönster i berggrunden som är många miljoner år gamla. De sträcker sig tiotals mil och har förskjutit marken i höjddled mellan en och tio meter, på vissa ställen upp till 30 meters skillnad.

Hon pekar på att det är i direkt anslutning till avsmältningen som jordbävningarna kan bli kraftfulla. I Sverige krävs en inlandsis som smälter bort, för att tillräckliga spänningar ska uppstå i berget. De platttektoniska rörelserna som vi berörs av, är inte tillräckliga, just eftersom Sverige ligger långt från plattkanterna.

Slutförvaret för använt kärnbränsle ska vara intakt under en mycket lång tid, och Kärnavfallsrådet ser det som troligt att vi får en ny istid under de kommande 100 000 åren. Beräkningar som både tagit hänsyn till att litosfärsplattorna rör sig och till istider, visar att 40 jordbävningar med en magnitud

– Berget runt Forsmark visar inga allmänt accepterade spår efter större jordbävningar. Spänningar som finns beror framför allt på påtryckningar från den mittatlantiska ryggen, där litosfärsplattorna glider isär. Men en av flera teser, om varför bergspänningar i området är högre än i övriga Sverige på motsvarande djup, är att Forsmark ligger i en lins med relativt homogent berg omgiven av svagare zoner med sprickrikare berg med lägre bergspänningar. I den hårda linsen har bergspänningarna inte kunnat frigöras utan istället med tiden byggts upp, säger Karin Högdahl, ledamot i Kärnavfallsrådet.



Litosfärsplattorna som bygger upp jordskorpan formas om med tiden och har varierat i antal och storlek under jordens 4,5 miljarder års existens. Landmassan som vi idag kallar Sverige låg för drygt en miljard år sedan söder om ekvatorn.

BJOERTVEDT / WIKIMEDIA COMMONS

större än 7, och 6 stycken med en magnitud över 8 kan inträffa någonstans i Sverige under denna tid.

– Osäkerheten i beräkningarna är mycket stor. De är snarare räkneövningar och är baserade på ett antal registrerade jordbävningar och deras magnituder sedan de seismiska instrumenten introducerades för drygt hundra år sedan, säger Högdahl.

### Jordbävningar i kluster

Var större jordskalv på grund av en inlandsis skulle inträffa är svårt att sia om. Men att se tillbaka på de jordbävningar som är registrerade sedan ett sekel, kan vara en vägledare.

Högdahl betonar att jordbävningarna i Sverige inte är jämnt fördelade över landet. De är koncentrerade kring Vänertrakten, Norrlandskusten och utmed förkastningar i Skellefteområdet och i norra Norrbotten.

– Det är som en kaffekopp som fått örat sönderslaget och hoplimmat. Om koppen trillar i golvet en gång till, är risken mycket större att det är i eller vid den gamla sprickan som koppen går sönder igen, säger hon.

Jordbävningarna runt Väneren uppstår längs en

### Berggrundsprovinser

Berggrundsprovinser är olika områden med avvikande geologisk utveckling. Det går exempelvis en gräns från norska gränsen genom Väneren och ner mot Varberg. Berggrunden i väster är något yngre och har deformerats och omkristalliserats vid olika tidpunkter och vid olika tryck och temperatur i förhållande till området i öster. Geologiskt tillhör de olika domäner; den i väster tillhör Idefjordenterrängen och den i öster Östra Segmentet. Bergarterna inom båda områdena är varierande.

gräns mellan olika berggrundsprovinser (se ruta) och anses vara orsakade av litosfärsplattornas rörelser i Atlanten.

– Ett annat område där det sker många jordbävningar finns i sydligaste Sverige och beror på rörelser mellan två mycket gamla litosfärsplattor som

## Jordskorpan rörelser driver jordbävningar

Jordbävningar beror i huvudsak på att de sju större och 13 mindre s.k. litosfärsplattorna som jordskorpan för närvarande är uppbyggd av, konstant rör sig i förhållande till varandra. Det sker långsamt, med mellan två och arton centimeter om året. Antalet plattor har varierat under jordens 4,5 miljarder års existens och de har förflyttat sig runt klotet.

– Vissa plattor kolliderar, och den tyngre plattan trycks ner under den med lägre densitet. Jordbävningar som orsakas av kolliderande plattor, brukar oftast orsaka de kraftigaste skalven, säger Karin Högdahl, ledamot i Kärnavfallsrådet och exemplifierar med jordskalvet i Nepal 2015, som berodde på att den indiska och den eurasiska plattan krockar. Genom årmiljonerna har Himalaya på detta vis veckats upp.

De kraftigaste jordbävningarna sker runt Stilla havet, exempelvis utanför Sydamerikas västkust där plattorna trycks ihop.

– När plattorna kolliderar uppstår friktion. Om hållfastheten i berget överskrids bildas en rörelse i berget. Den här jordbävningen sker ofta vid existerande sprickor i berget och den nya klyftan sprider sig med en hastighet av 2-3 km per sekund, säger Högdahl och pekar på att den öppnar sig så länge det finns spänning i berget. När sprickan når berg med högre hållfasthet och spänningen minskar, slutar den att växa. När själva berget går sönder, frigörs energi i form av seismiska vågor som transporteras genom berggrunden och som registreras av känsliga instrument.

– Kraftiga jordbävningar sker också då plattor glider längs med varandra, som t.ex. i Kalifornien.

Andra plattor drar sig ifrån varandra. Vid den mittatlantiska ryggen som går i nord-sydlig riktning under Atlanten och rakt över Island, spricker plattorna isär med 2-3 cm om året. Högdahl förklarar att jordbävningar som uppstår när plattor skiljs åt, är grundare och frigör mindre energi än de som kolliderar eller glider längs med varandra.



går från Kattegatt till Svarta havet, säger hon och beskriver den stora jordbävningen, som inträffade 2012 i havet mellan Sverige och Danmark och hade en magnitud på 4,1. Också Sveriges kraftigaste jordbävning, sedan de seismiska instrumenten installerades 1904, skedde inte långt därifrån – Kosteröskalvet inträffade bara några veckor efter att de första seismiska instrumenten installerats och hade en magnitud på 5,4.

– I Norrland har jordbävningarna ett mer komplext ursprung och är troligen orsakade av en kombination av plattornas rörelser, förkastningar mellan olika områden med olika sorters berggrund och jordskorpans justering till yttligare nivåer efter senaste istiden, säger Högdahl.

Kärnavfallsrådet redogör för att just Vänerområdet tillsammans med Burträskförkastningen utanför Skellefteå är de mest jordbävningstäta områdena i Sverige med fler än 1500 skalv sedan 2012, de flesta på en magnitud under 2.

I snitt sker två skalv med en magnitud 3 per år i Sverige, ett skalv med magnitud 4 vart hundra år och statistiskt kommer ett skalv med magnitud 6 att ske vart tusende år.

Men rådet noterar också att det finns registrerat, att områden som inte drabbas av många jordbävningar idag, plötsligt kan få relativt stora skalv, exempelvis ett 4,8-skalv utanför Kaliningrad 2004, som kändes i stora delar av Skåne.

### Lugnt område

Enligt det vetenskapligt publicerade material som Kärnavfallsrådet bygger sina utsagor på, framkommer att inga allmänt accepterade spår av kraftiga jordbävningar förekommer i Forsmarkstrakten. Detta trots att Sverige varit nedisat vid ett flertal tillfällen under de senaste miljoner åren.

Rådet beskriver området som lugnt idag, men anser att det är troligt i ett 100 000-årigt perspektiv,

#### Instrument noterar också små jordbävningar

Seismiska instrument, som uppfattar vågrörelser i berget av jordbävningar och sprängningar av olika slag, installerades första gången i Sverige 1904. Idag finns 65 stycken permanenta stationer runt om i landet. Jordbävningar sker dagligen i Sverige.

– Normalt är de för små för att märkas, säger Karin Högdahl och tillägger att en jordbävning med magnitud 2 på den s.k. Richterskalan är ungefär lika kraftig som när en bil åker förbi på gatan. För att märkas av oss människor krävs en magnitud över 4.

Richterskalan är logaritmisk vilket gör att en jordbävning som uppgår till 5 på Richterskalan är 32 gånger så stark, eller frigör 32 gånger så mycket energi som en jordbävning på 4. Men Kärnavfallsrådet skriver i Kunskapslägesrapport 2016 att instrumenten också känner av skalv som uppstår i djupa gruvor och sprängningar i anslutning till stenbrott och byggen. Ett gruv-inducerat skalv i Malmberget sommaren 2015 uppmättes till 3,5 på Richterskalan.



Olle Söderberg, f.d. Nationell samordnare och särskild rådgivare inom kärnavfallsområdet och Helene Åhsberg, SKB bland publiken på Kärnavfallsrådets seminarium i Näringslivets hus i Stockholm den 15:e mars 2016.

att det kommer att inträffa en ny istid. Det är då inte orimligt att det kommer att ske en kraftigare jordbävning i Forsmarksområdet. Enligt beräkningar kommer en jordbävning på magnitud 5 att ske inom 2,4 miljoner år i Forsmarkstrakten. Med en annan modelleringsmetod kommer forskare fram till att två stycken jordbävningar av samma styrka kommer att ske under en tidsperiod av en miljon år. Också här betonar Högdahl osäkerheterna, som är stora p.g.a. det begränsade dataunderlaget.

Det finns sprickzoner utanför det område där slutförvaret för använt kärnbränsle planeras att ligga och Kärnavfallsrådet anser därför att det är sunt att följa försiktighetsprincipen, eftersom kända förkastningar som uppkommit i samband med avsmältningen av inlandsisen förekommer utmed äldre sprickzoner.

– Därför är det viktigt att säkerhetsavståndet håller 600 meter mellan kapslarna och de större sprickzonerna, betonar Karin Högdahl.

### Omdiskuterade bilder

Den bild som Kärnavfallsrådet ger av jordbävningssrisker i Sverige, stötte på kritik på seminariet från docent Nils-Axel Mörner. Han hävdar att Kärnavfallsrådet endast ger en bild av hur seismologer ser på frågan och bara utifrån vad seismiska instrument visar. Mörner anser att man utifrån tolkningar av deformationer i berg, i sediment och i varvig lera i sjölagerföljder kan se spår av stora jordbävningar, som skett i anslutning till landisens avsmältning, också i Forsmarksområdet.

Karin Högdahl svarar att de forntida data som Mörner lägger fram som bevis är omdiskuterade. De spår i sedimenten som han tyder som resultat av en kraftig jordbävning, tolkar vissa forskare som långsamma krypningar efter flera små jordbävningar, vattenrörelser m.m. Andra hävdar att om jordbävningarna efter förra istiden varit kraftfulla, borde de ha gett större avtryck i berggrunden. Så sent som 2015 ifrågasattes förekomsten av större postglaciala jordbävningar i södra Sverige i en forskningsstudie<sup>1</sup>.

TEXT ANNIKA OLOFSDOTTER FOTO ANDERS LÖWDIN LAYOUT PETER BÄCKSTAM/LAYOUTMAKARNA

<sup>1</sup>Mikko, H., Smith, C.A., Lund, B., Ask, M.V.S. and Minner, R. 2015. LiDAR-derived inventory of post-glacial fault scarps in Sweden. GFF 137:334-338.

Läs mer i kapitlet om Jordbävningar och jordbävningssrisker i Sverige i SOU 2016, Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2016, Risker, osäkerheter och framtidsutmaningar



Sverige och Finland är inte som seismologerna hävdar ett lågriskområde för kraftiga jordbävningar, enligt Nils-Axel Mörner. Han hänvisar till paleoseismiska data (data över forntida jordbävningar). Karin Högdahl svarar att spåren som Mörner refererar till tolkas på annat sätt av andra forskare.