

Stockholms berggrund har knakat i fogarna

Ann Bäckström & Yanting Chang



Översiktsplan för Stockholm, från Stockholm stads hemsida

En ögonblicksbild av Stockholm



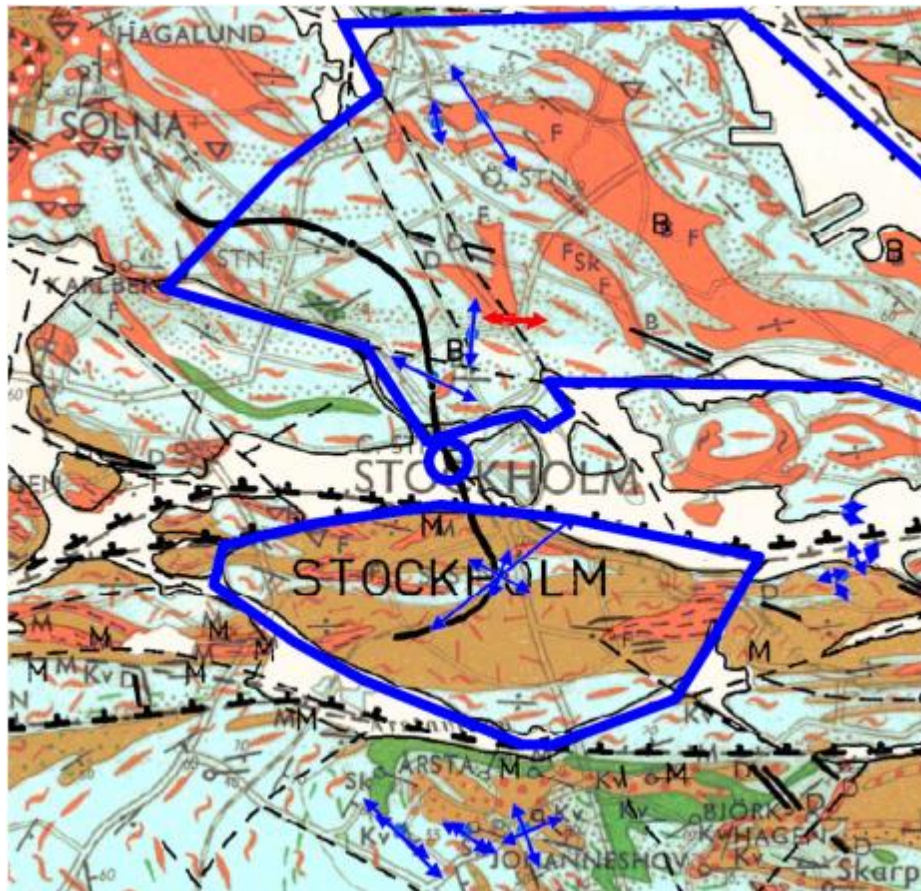
Översiktsplan för Stockholm, från Stockholm stads hemsida

En ögonblicksbild av bergspänningarna i Stockholm.

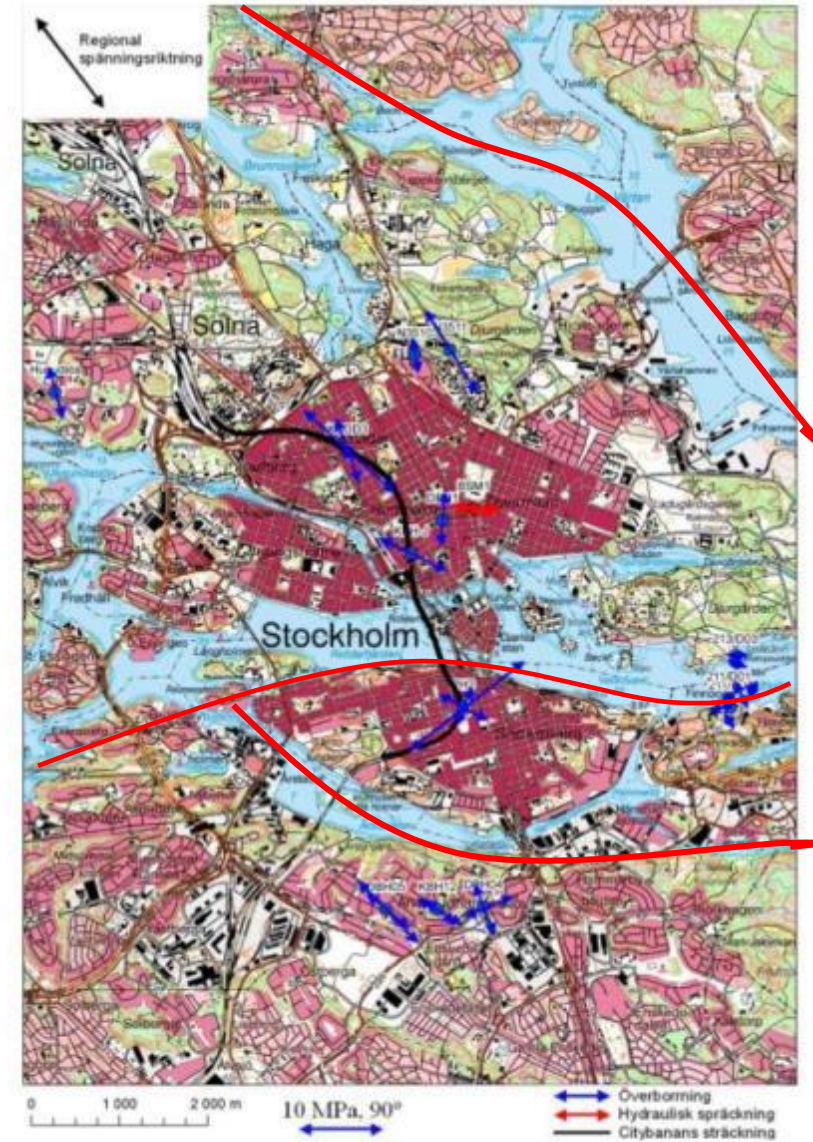


Figur 11 Riktning och storlek på medelvärden på största horisontalspänning per mätnivå för uppmätta spänningar i Stockholmsområdet. Även regional spänningsriktning samt Citybanans sträckning är markerade i figuren.

Identifierat domäner med olika karaktär/riktning på fältet



Från Perman och Sjöberg, 2007



Modifierad från Perman och Sjöberg, 2007

Figur 11 Riktning och storlek på medelvärden på största horisontalspänning per mätnivå för uppmätta spänningar i Stockholmsområdet. Även regional spänningsriktning samt Citybanans sträckning är markerade i figuren.

För att förstå, måste vi börja från början...

(1900)-2500-3100 miljoner år

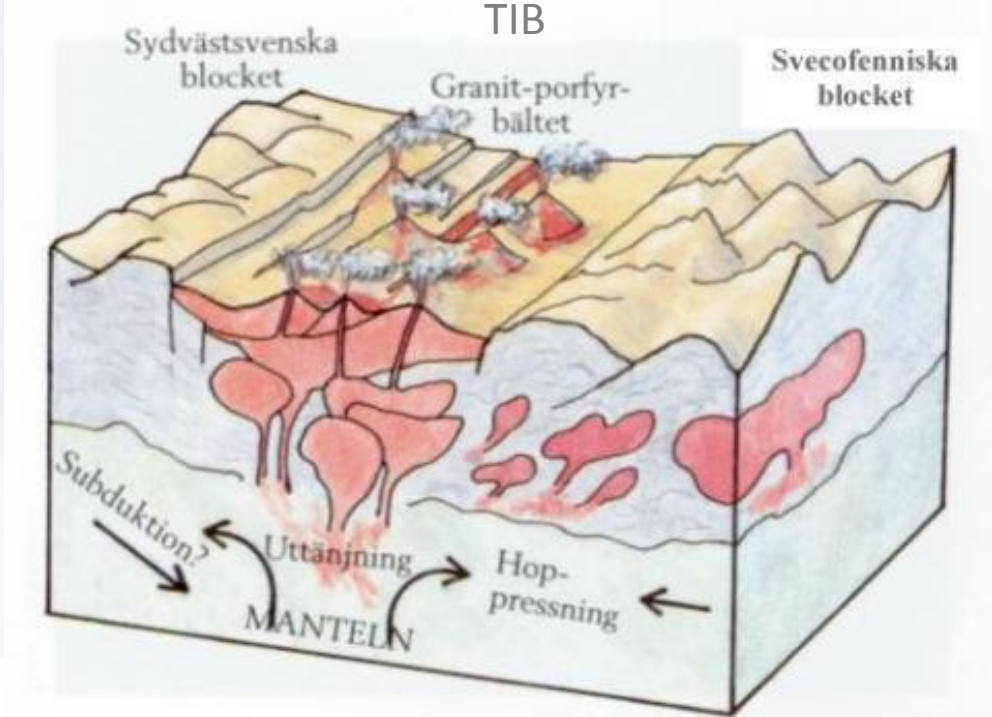
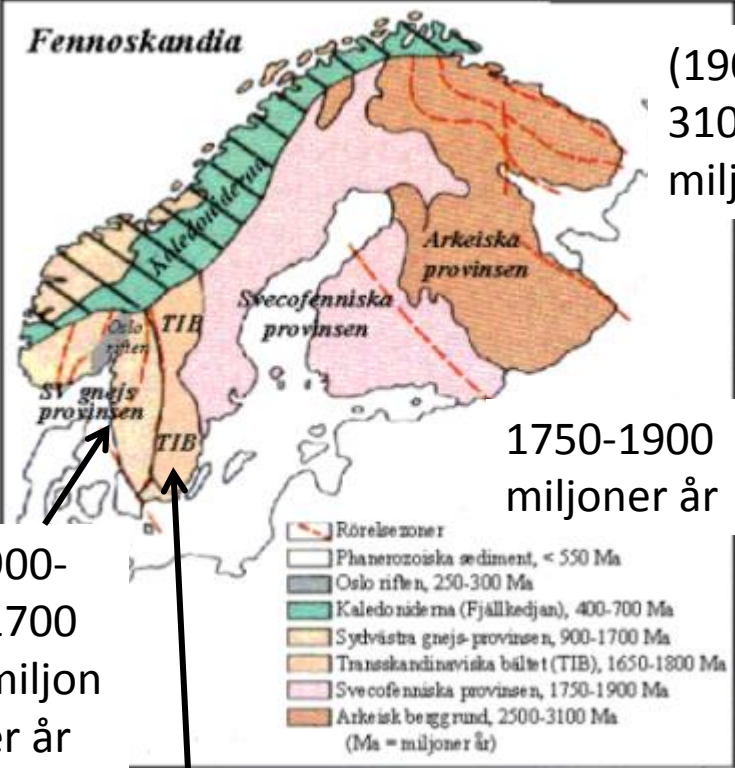
Då...

1750-1900 miljoner år

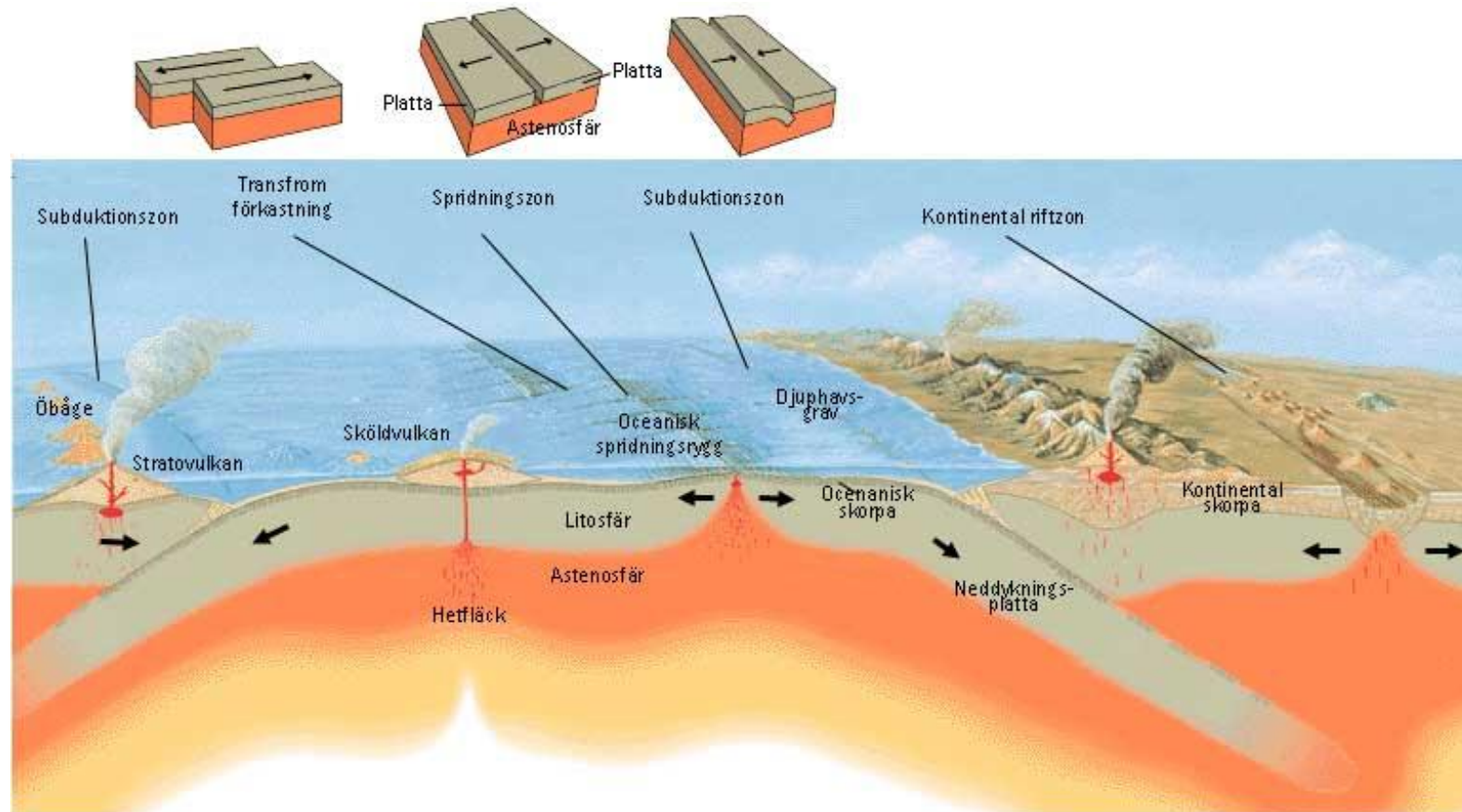
900-1700 miljoner år

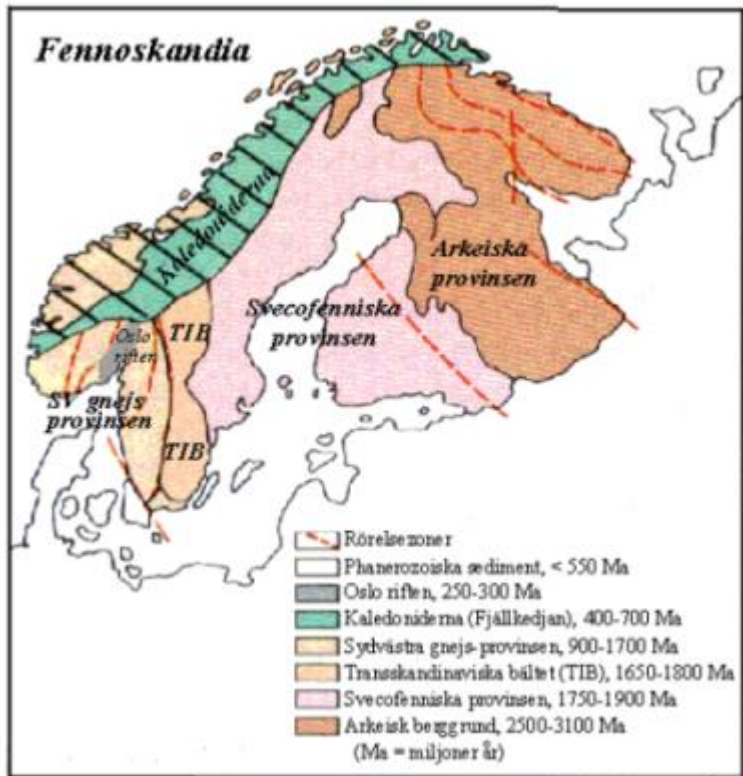
ca 1650-1800 miljoner år

Från Naturhistoriska Riksmuseets hemsida (Åke Johansson)

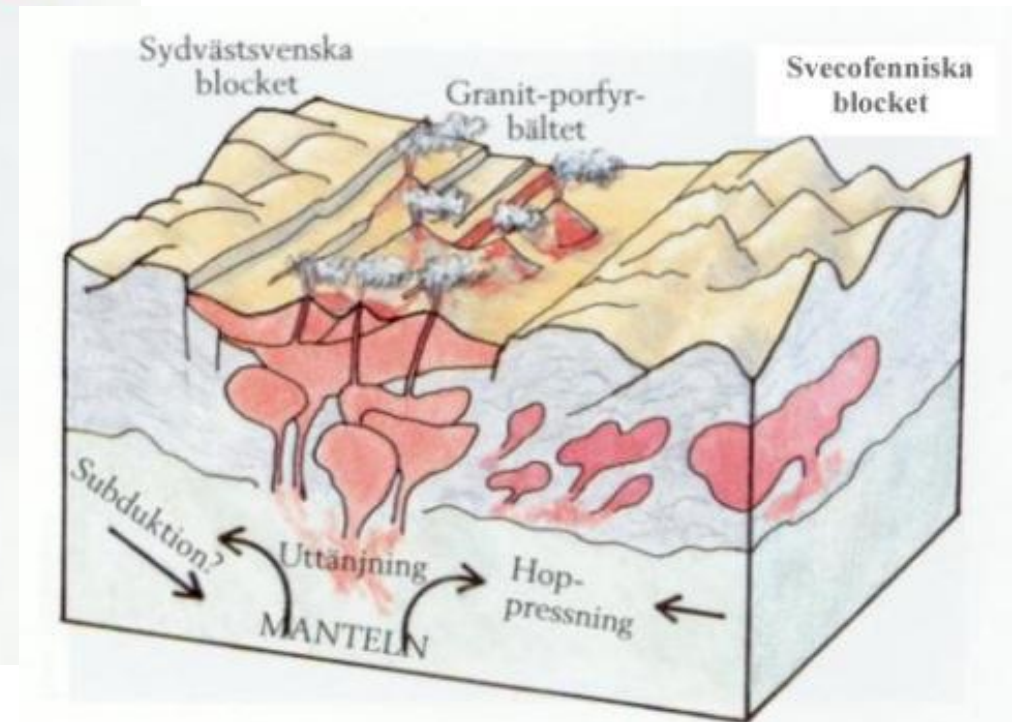
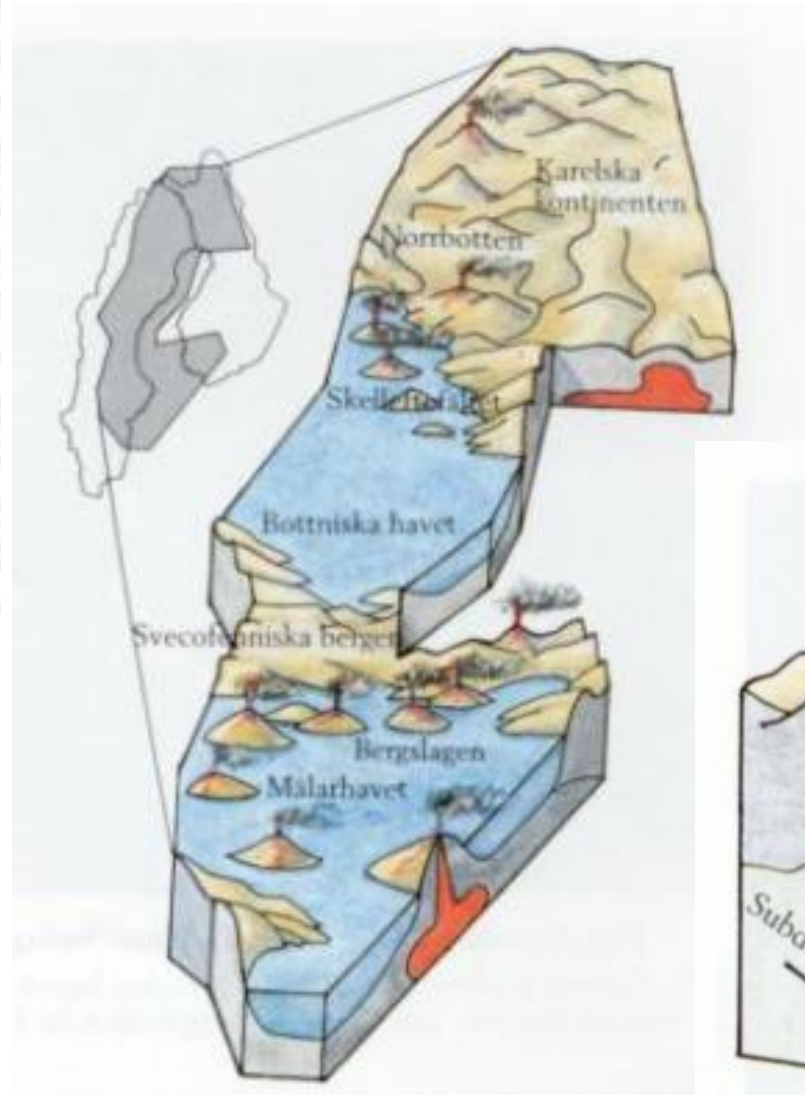


Mycket förenklad modell

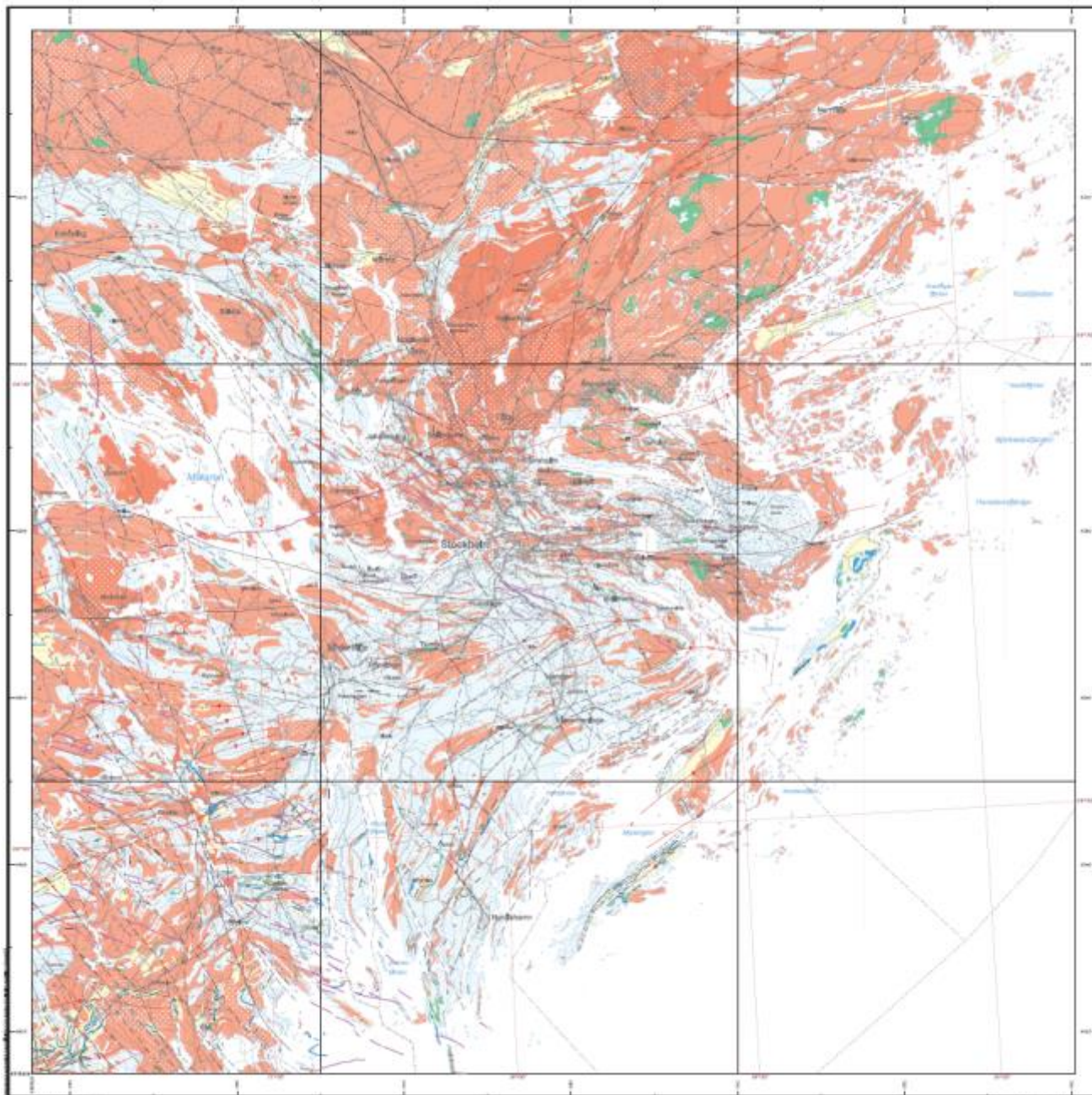




Då...även detta en förenklad modell



Från Naturhistoriska Riksmuseets hemsida (Åke Johansson)



Berggrundskarta
1:250 000

SGU
Sveriges geologiska utredning
Geological Survey of Sweden

Kartan ger en generaliserad bild av berggrundens utbredning. Observationer av bergarter och inbördes ålder har gjorts på hållat. Sammansättningen av den berggrund som är läckt av kända jordarter har tolvats från observationer på närliggande hållar, geofysiska mätningar och, där sådana finns, från borrhämsanalyser eller grävningar.

Vår sen är för små för att visa på kartan representationer som linjer. Lägesnoggrannheten är normalt bättre än 100 m för observationer. För tilläggning, exempelvis vissa bergartgränser, kan noggrannheten vara mycket lägre.

Ytterligare information finns lagrad i SGUs databas, exempelvis detaljerad information om mineralisering eller berggrundens mineraliseringshistorik, kemiska sammansättning, petrofysiska egenskaper eller naturligt förekommande radioaktiva strålning, och kan beställas från SGU. I de få fall specifika för förekomsten så hänvisar vi till våra tryckta kartor för mer information.

- Strukturformering, glaciala deformationer
- Flottningslinjer
- Sprick deformationer (flikadning, sprickor, sprickor)
- Deformationszoner, oregelbunden
- Syften
- Anslutningar
- Geofysiska kontourer
- Ultrabasisk, basisk och intermediär intrusivbergart (gabro, diorit, diabas m.m.)
- Kalkskifferbergart
- Karbonatiskt sedimentär bergart (kalksten, siluriskt, marmor m.m.)

Huvudsakligen lagrade bergarter i den yngsta berggrunden (850-0 miljoner år)

- Karbonatiskt sedimentär bergart (kalksten, siluriskt, marmor m.m.)

Massaformiga bergarter, yngre än svekokaroliska orogensen (520-0 miljoner år)

- Ultrabasisk, basisk och intermediär intrusivbergart (gabro, diorit, diabas m.m.)
- Kvarts-fältspats sedimentär bergart (sandsten, gråvacka m.m.)

Ställvis gnejliga bergarter i svekokaroliska orogensen (880-520 miljoner år)

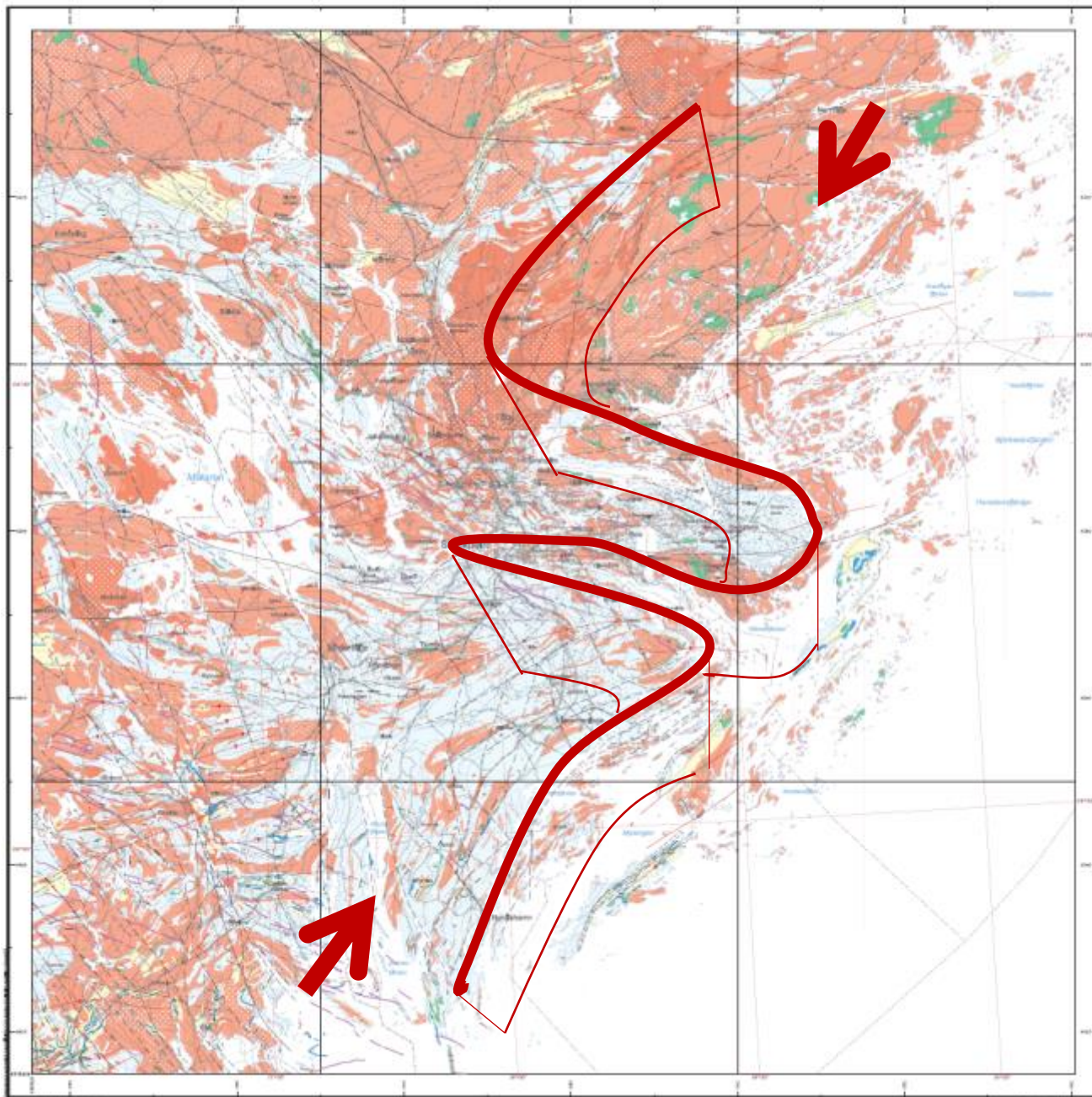
- Små intrusivbergart (granit, granodiorit, marmor m.m.)
- Stora intrusivbergart (granit, granodiorit, marmor m.m.), Porfyris eller ägorförande
- Ultrabasisk, basisk och intermediär intrusivbergart (gabro, diorit, diabas m.m.)

Huvudsakligen gnejliga bergarter i svekokaroliska orogensen (280-880 miljoner år)

- Små intrusivbergart (granit, granodiorit, marmor m.m.)
- Stora intrusivbergart (granit, granodiorit, marmor m.m.), Porfyris eller ägorförande
- Ultrabasisk, basisk och intermediär intrusivbergart (gabro, diorit, diabas m.m.)
- Små vulkaniska bergart (tyfitt, diorit m.m.)
- Stora vulkaniska bergart (tyfitt, diorit m.m.), Porfyris eller ägorförande
- Ultrabasisk, basisk och intermediär vulkaniska bergart (basalt, andsit m.m.)
- Karbonatiskt sedimentär bergart (kalksten, siluriskt, marmor m.m.)
- Kvarts-fältspats sedimentär bergart (sandsten, gråvacka m.m.)

— Berggrundskartans utbredning

Nu karta



Berggrundskarta

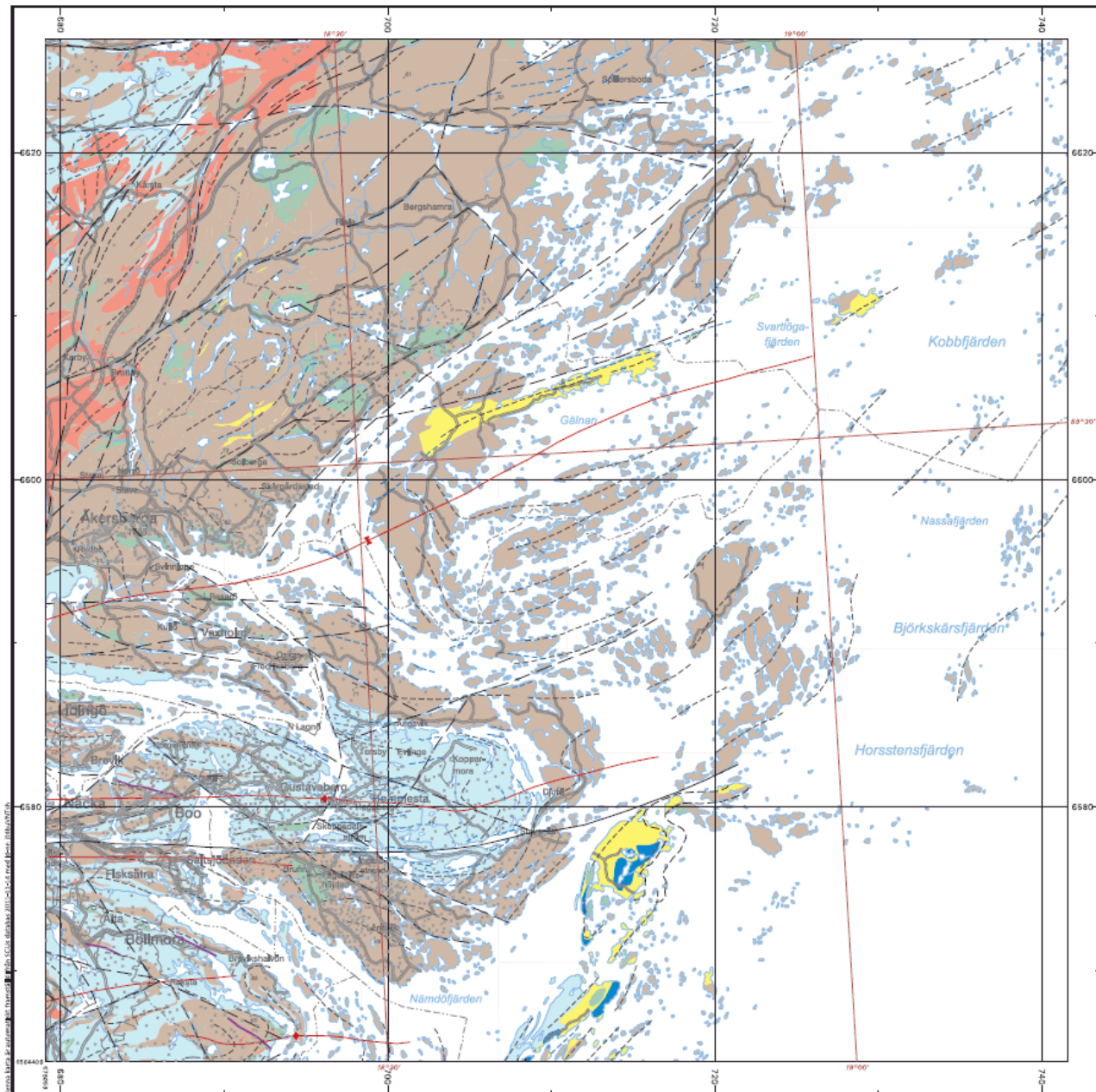
1:250 000

Kartan ger en generaliserad bild av berggrundens utbredning. Observationer av bergarter och inbördes ålder har gjorts på hällar. Sammansättning av den berggrund som är läck av kva jordarter har tolvats från observationer på närliggande hällar, geofysiska mätningar och, där sådana finns, från borrhämsanalyser eller grävningar.

Vår sen är för små för att visa på kartan representationer som linjer. Lägesnoggrannheten är normalt bättre än 100 m för observationer. För tillräckligt, exempelvis vissa bergartgränser, kan noggrannheten vara mycket lägre.

Ytterligare information finns lagrad i SGUs databas, exempelvis detaljerad information om mineralisering eller berggrundens mineraliseringshistorik, kemiska sammansättning, petrofysiska egenskaper eller naturligt förekommande radionuklidstrålning, och kan beställas från SGU. I de få fall specifika för förekomsten så hänvisar vi till våra tryckta kartor för mer information.

- Strukturalstrukturer, glacial information
 - Fjällens siktning
 - Spödd deformationszoner (förlängning, syncline, syncline)
 - Deformationszoner, especially faults
 - Dyker
 - Anfröner
 - Geofysiska anomalier
 - Ultrabasic, basalt och intermediära intrusivbergarter (gabbro, diorit, etc. m.m.)
 - Kalkalkaliska bergarter
 - Karbonatiska sedimentära bergarter (sandsten, siltsten, etc. m.m.)
- Huvudsakligen lagrade bergarter i den yngsta berggrunden (850-90 miljoner år)**
- Karbonatiska sedimentära bergarter (sandsten, siltsten, etc. m.m.)
- Massiva bergarter, yngre än sveckokaroliska orogensen (550-90 miljoner år)**
- Ultrabasic, basalt och intermediära intrusivbergarter (gabbro, diorit, etc. m.m.)
 - Kvarts-feldspatiska sedimentära bergarter (sandsten, gråvacka m.m.)
- Ställvis gnejliga bergarter i sveckokaroliska orogensen (1880-920 miljoner år)**
- Ultrabasic, basalt och intermediära intrusivbergarter (gabbro, diorit, etc. m.m.)
 - Ultrabasic, basalt och intermediära intrusivbergarter (gabbro, diorit, etc. m.m.)
 - Ultrabasic, basalt och intermediära intrusivbergarter (gabbro, diorit, etc. m.m.)
- Huvudsakligen gnejliga bergarter i sveckokaroliska orogensen (2850-1880 miljoner år)**
- Ultrabasic, basalt och intermediära intrusivbergarter (gabbro, diorit, etc. m.m.)
 - Ultrabasic, basalt och intermediära intrusivbergarter (gabbro, diorit, etc. m.m.)
 - Ultrabasic, basalt och intermediära intrusivbergarter (gabbro, diorit, etc. m.m.)
 - Kalkalkaliska bergarter (gabbro, diorit, etc. m.m.)
 - Kalkalkaliska bergarter (gabbro, diorit, etc. m.m.)
 - Ultrabasic, basalt och intermediära kalkalkaliska bergarter (gabbro, diorit, etc. m.m.)
 - Karbonatiska sedimentära bergarter (sandsten, siltsten, etc. m.m.)
 - Kvarts-feldspatiska sedimentära bergarter (sandsten, gråvacka m.m.)



Förenklade Berggrundskartan

Generell undersökning

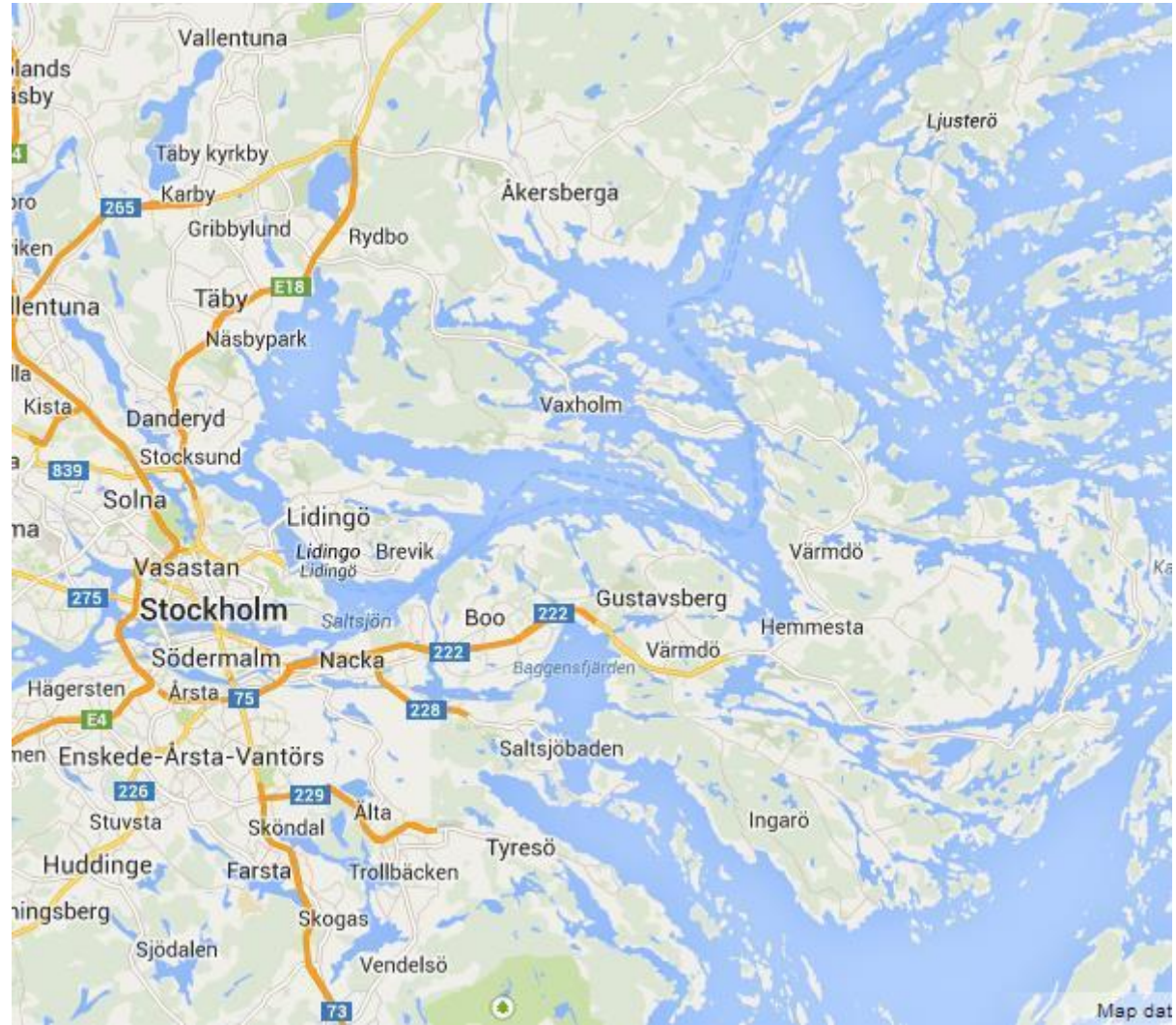
SGU
Sveriges geologiska undersökning
Geological Survey of Sweden

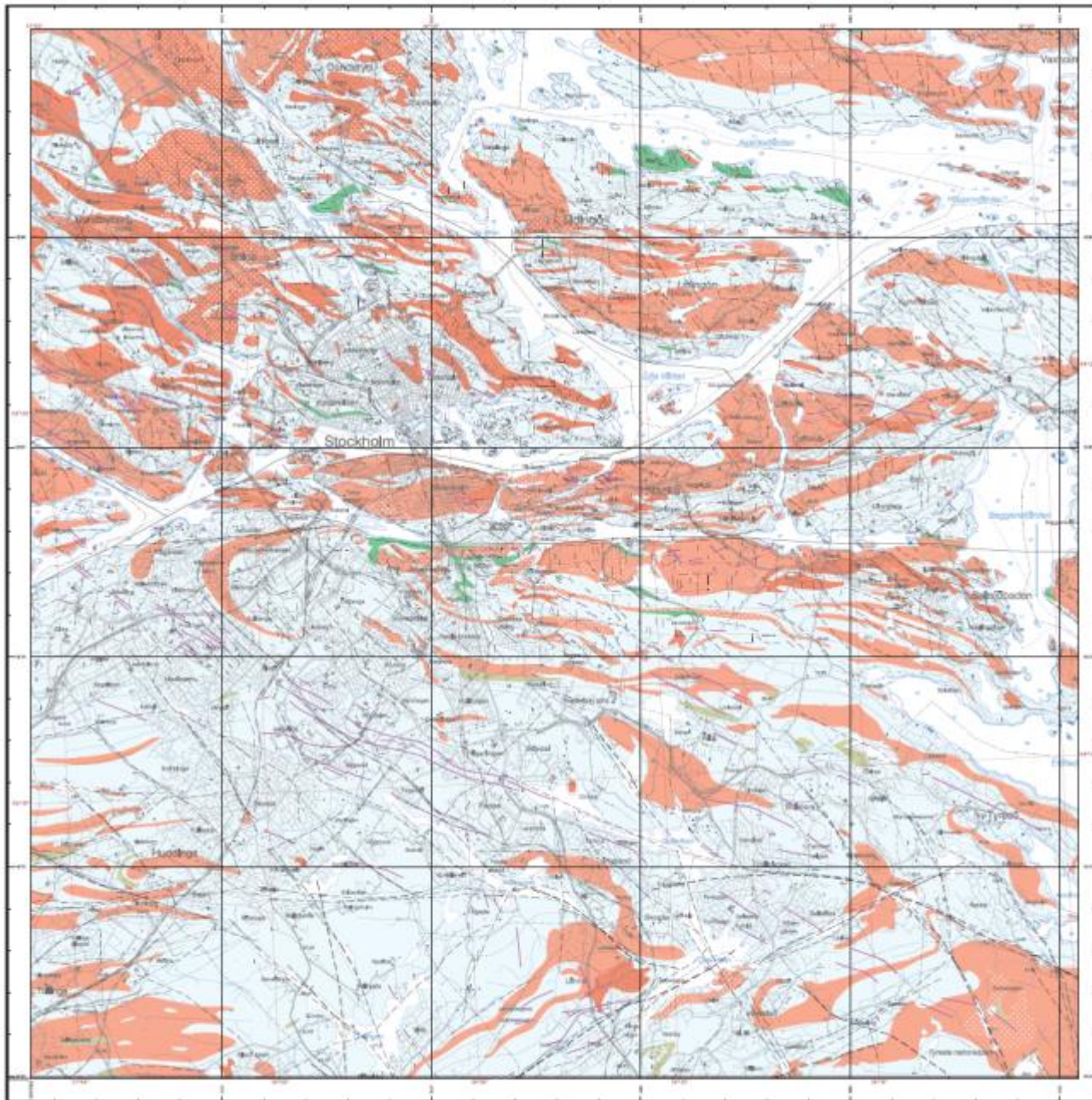
Kartan ger en generaliserad bild av berggrundens utbredning. Observationer av bergarter och inbördes ålder har gjorts på hållar. Sammansättningen av den berggrund som är täckt av lösa jordarter har tolkats från observationer på närliggande hållar, geofysiska mätningar och, där sådana finns, från borrhämsanalyser eller grävningar.

Vor som är för små för att visa på kartan representeras som linjer. Lägesnoggrannheten är normalt bättre än 100 m för observationer. För följning, exempelvis vissa bergartsgränser, kan noggrannheten vara mycket lägre.

Ytterligare information finns lagrad i SGUs databas, exempelvis detaljerad information om mineraliseringar eller berggrundens mineralsammansättning, kemiska sammansättning, petrofysiska egenskaper eller naturligt förekommande radioaktiv strålning, och kan beställas från SGU.

- - - Strukturformlinje, plastisk deformation
 - - - Felskikt stuvning
 - - - Sprid deformationszon (förkastning, spricka, sprickzon)
 - - - Deformationszon, ospecifierad
 - ★ Synform
 - ▲ Antiform
 - - - Geofysisk koppling
- Meso- till neoproterozoikum 1,6-0,54 Ga**
- Dabas
- Paleoproterozoikum ca 1,87-1,75 Ga**
- Sur till intermediär intrusivbergart (granit, granodiorit mm)
- Paleoproterozoikum ca 1,96-1,86 Ga**
- Rauk intrusivbergart (gabbro, diorit mm)
 - Sedimentär bergart (sandsten, gråvacka, lerskiffer mm)
 - Sur till intermediär intrusivbergart (granit, granodiorit mm)
 - Sur till intermediär vulkanisk bergart (ryolit, dacit, andesit mm)
 - Sedimentär karbonatbergart (kalksten, dolomit, marmor mm)
- Berggrundsobservationer










Berggrundskarta



1:50 000

SGU
Sveriges geologiska undersökning
Geological Survey of Sweden








-  Strukturell formlinje, plastisk deformation
-  Spröd deformationszon (förkastning, spricka, sprickzon)
-  Deformationszon, ospecificerad
-  Geofysisk konnexion
-  Ultrabasisk, basisk och intermediär intrusivbergart (gabbro, diorit, diabas m.m.)

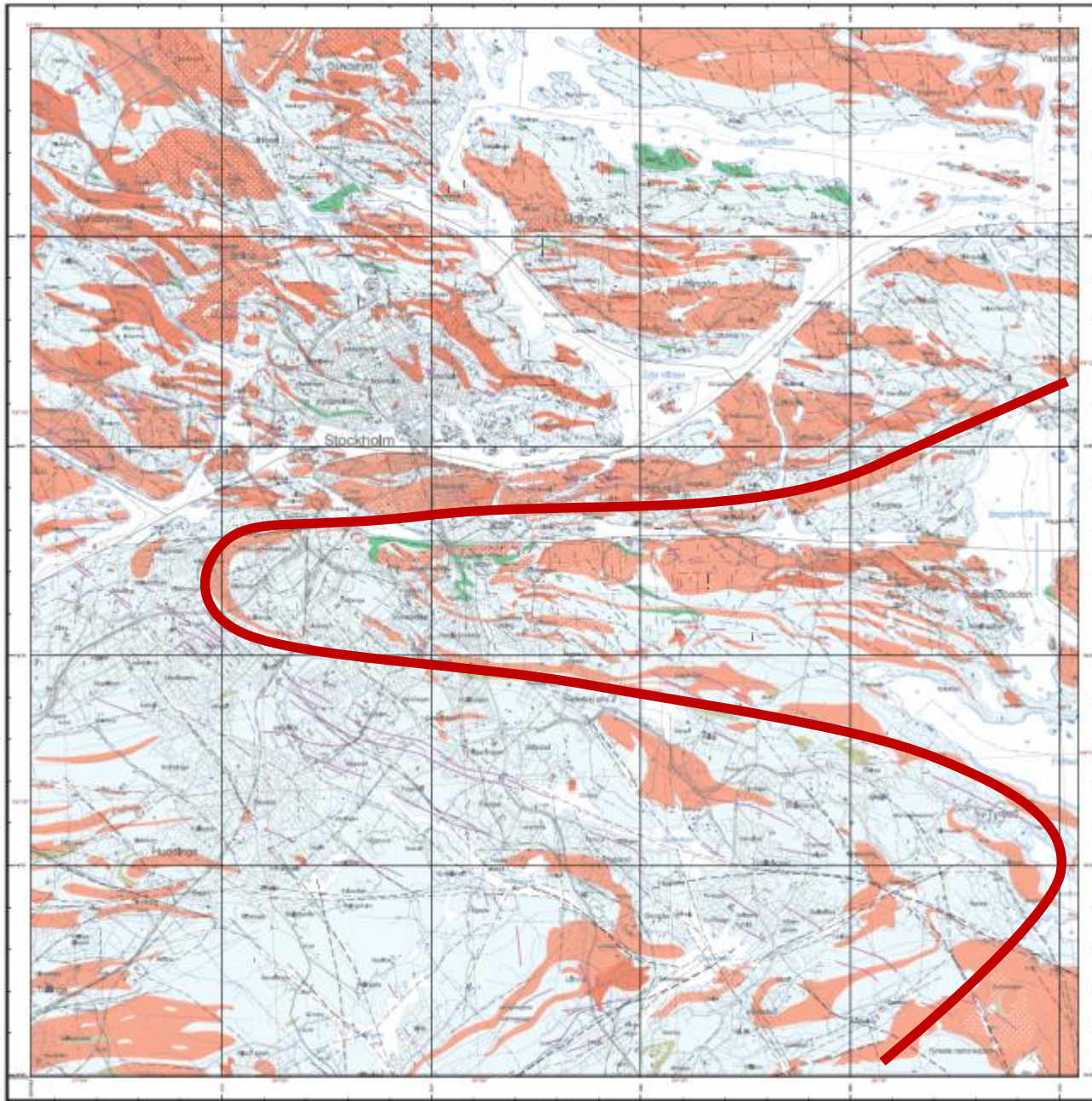
Ställvis gnejsiga bergarter i svekokarelska orogenen (1880-1740 miljoner år)

-  Sur intrusivbergart (granit, granodiorit, monzonit m.m.)
-  Sur intrusivbergart (granit, granodiorit, monzonit m.m.). Porfyrisk eller ögonförande

Huvudsakligen gnejsiga bergarter i svekokarelska orogenen (2850-1870 miljoner år)

-  Sur intrusivbergart (granit, granodiorit, monzonit m.m.)
-  Sur intrusivbergart (granit, granodiorit, monzonit m.m.). Porfyrisk eller ögonförande
-  Ultrabasisk, basisk och intermediär intrusivbergart (gabbro, diorit, diabas m.m.)
-  Kvarts-fällspatrik sedimentär bergart (sandsten, grävacka m.m.)
-  Ultrabasisk, basisk och intermediär omvandlad bergart (amfibolit, eklogit m.m.)

 Berggrundsobservationer








Berggrundskarta

1:50 000



SGU

Sveriges geologiska undersökning
Geological Survey of Sweden








-  Strukturell formlinje, plastisk deformation
-  Spröd deformationszon (förkastning, spricka, sprickzon)
-  Deformationszon, ospecificerad
-  Geofysisk konnexion
-  Ultrabasisk, basisk och intermediär intrusivbergart (gabbro, diorit, diabas m.m.)

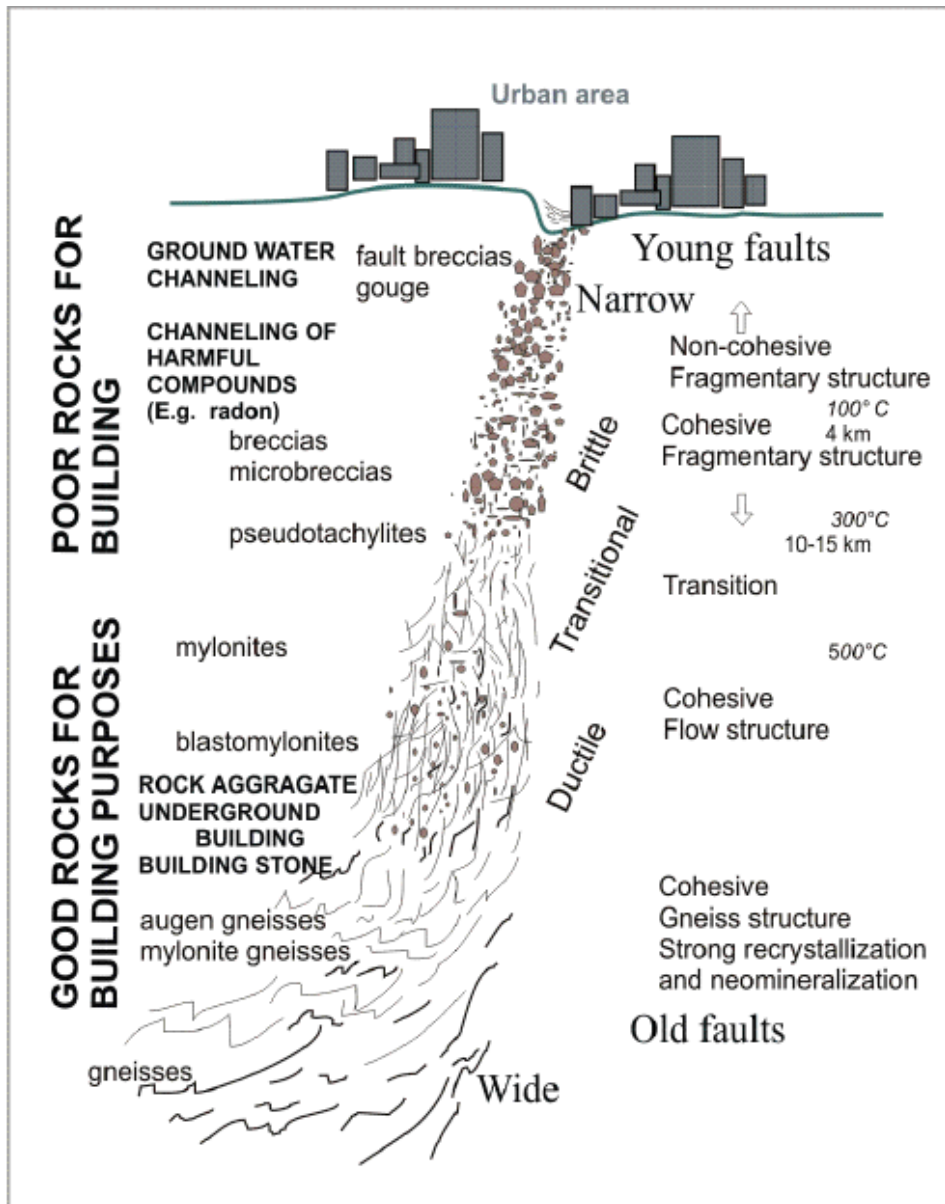
Ställvis gnejsiga bergarter i svekokarelska orogena (1880-1740 miljoner år)

-  Sur intrusivbergart (granit, granodiorit, monzonit m.m.)
-  Sur intrusivbergart (granit, granodiorit, monzonit m.m.). Porfyrisk eller ögonförande

Huvudsakligen gnejsiga bergarter i svekokarelska orogena (2850-1870 miljoner år)

-  Sur intrusivbergart (granit, granodiorit, monzonit m.m.)
-  Sur intrusivbergart (granit, granodiorit, monzonit m.m.). Porfyrisk eller ögonförande
-  Ultrabasisk, basisk och intermediär intrusivbergart (gabbro, diorit, diabas m.m.)
-  Kvarter-fällspatrit sedimentär bergart (sandsten, grävacka m.m.)
-  Ultrabasisk, basisk och intermediär omvandlad bergart (amfibolit, eklogit m.m.)

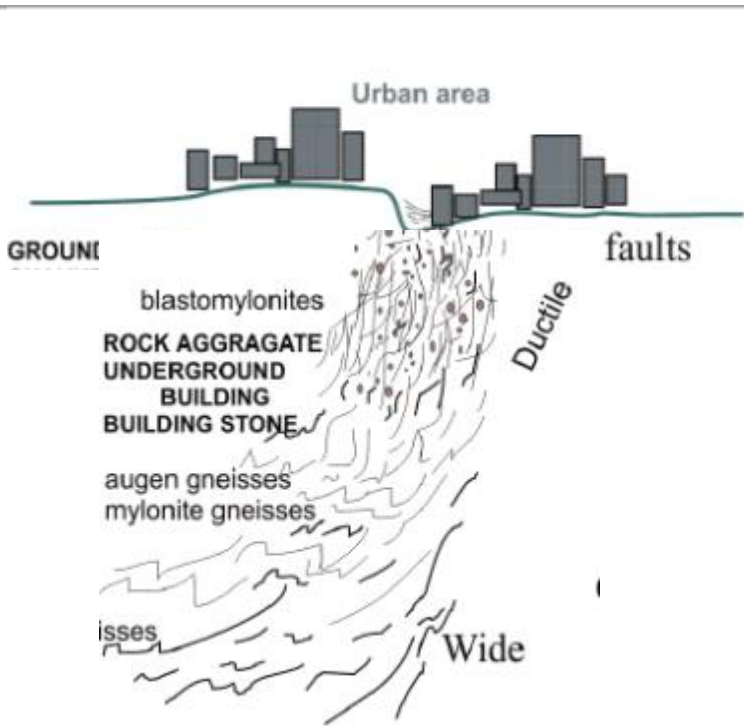
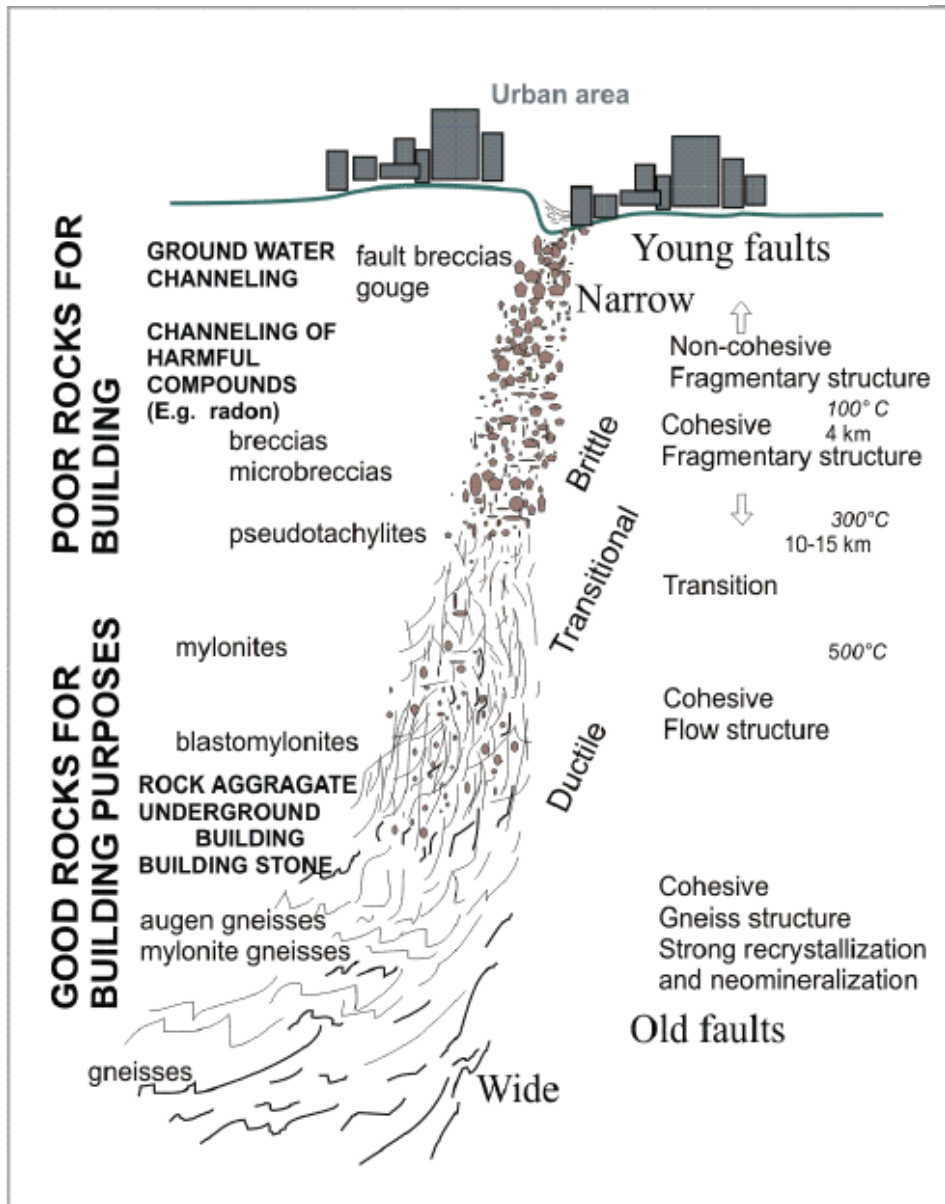
 Berggrundsobservationer



Erosion, 10-15 km över lång lång tid...mycket längre än istiden ok?

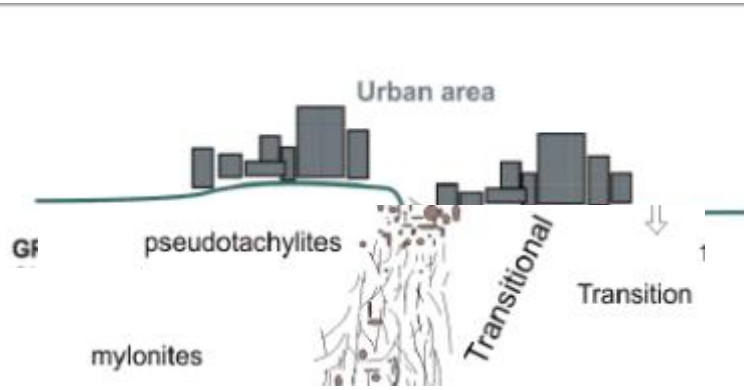
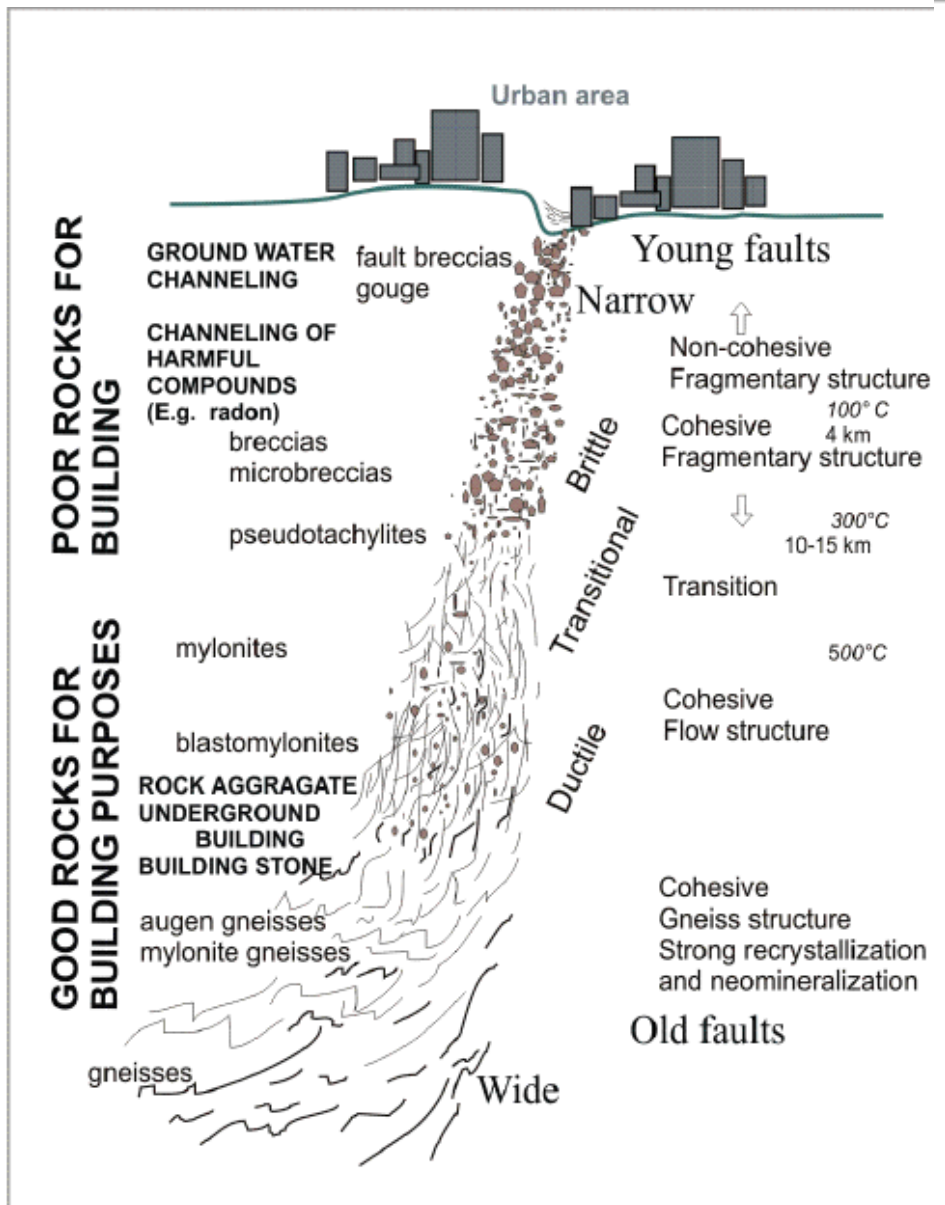
Gamla zoner har eroderats så de uppvisar både duktil och spröd deformation

Structural evolution of the crust as a means of determining the technical properties of



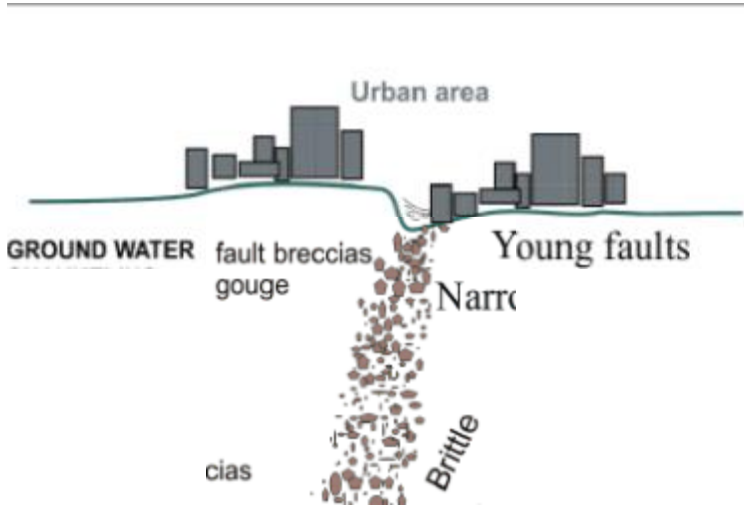
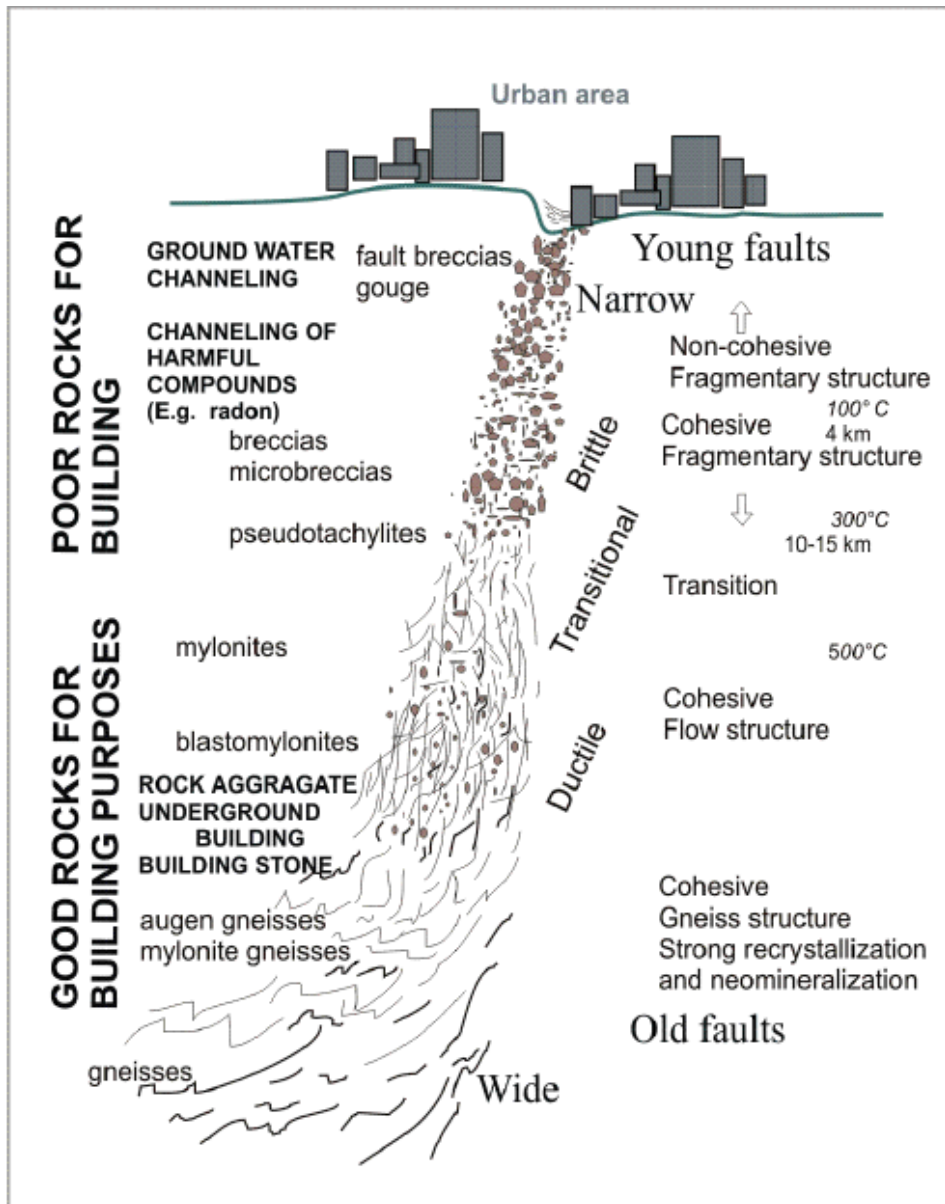
Gamla zoner har eroderats så de uppvisar både duktil och spröd deformation

Structural evolution of the crust as a means of determining the technical properties of



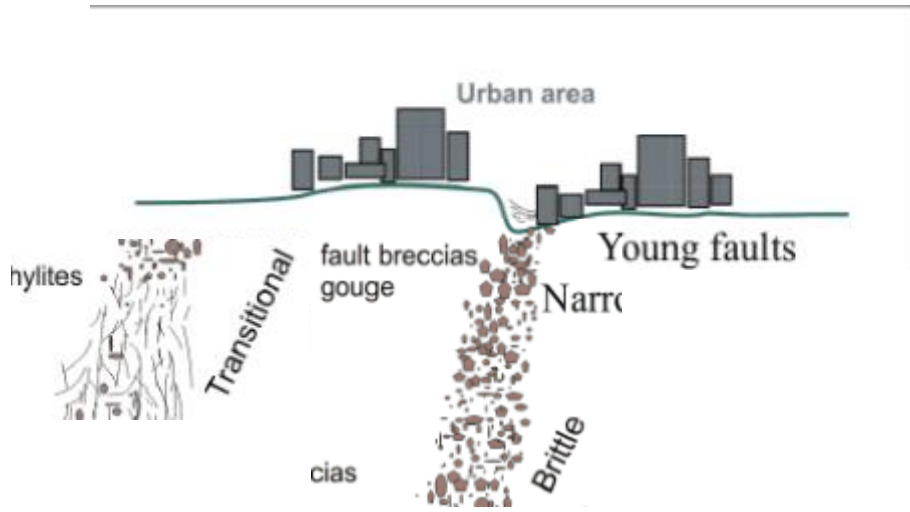
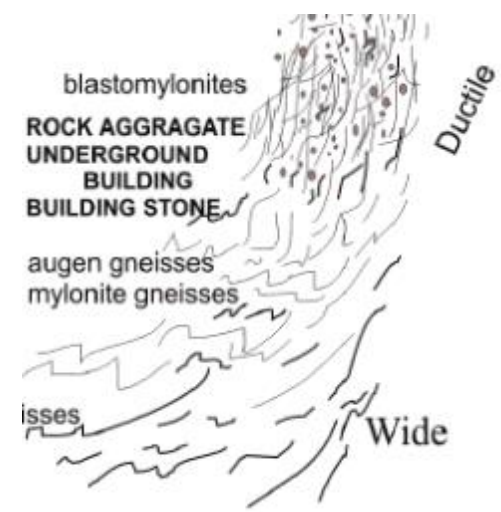
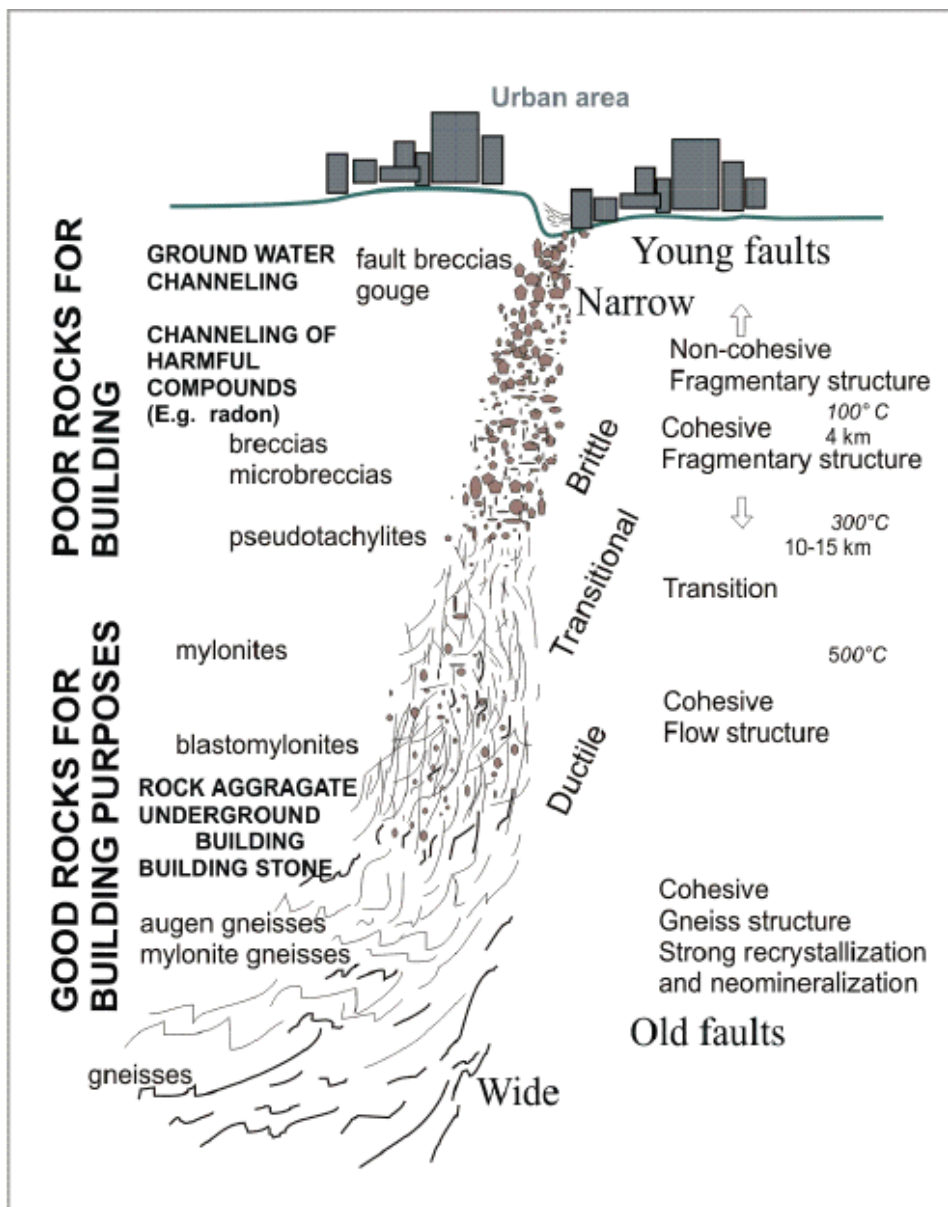
gamla zoner
är eroderats
så de uppvisar
både duktil
och spröd
deformation

Structural evolution of the crust as a means of
determining the technical properties of

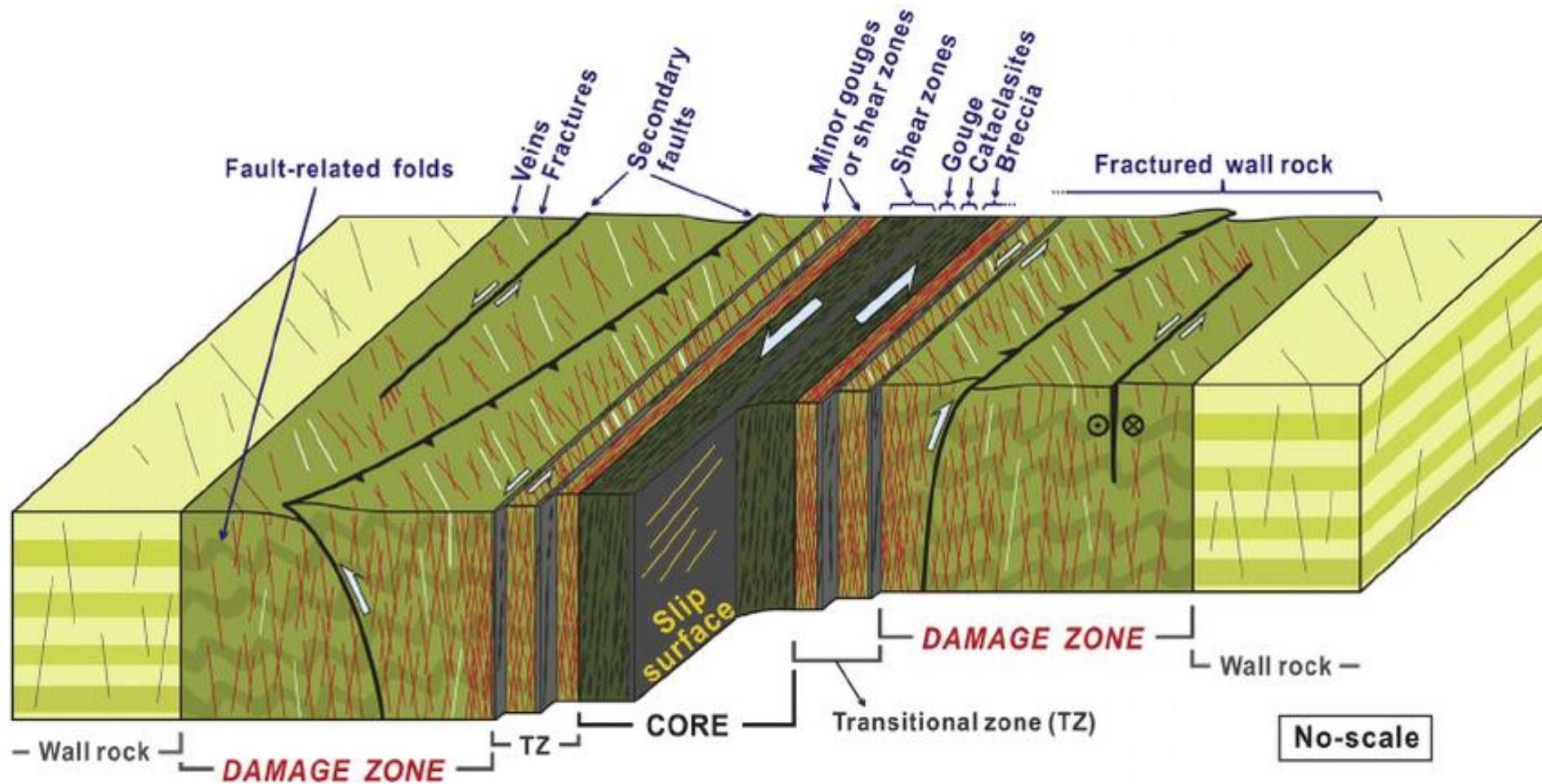


Gamla zoner har eroderats så de uppvisar både duktil och spröd deformation

Structural evolution of the crust as a means of determining the technical properties of



Structural evolution of the crust as a means of determining the technical properties of



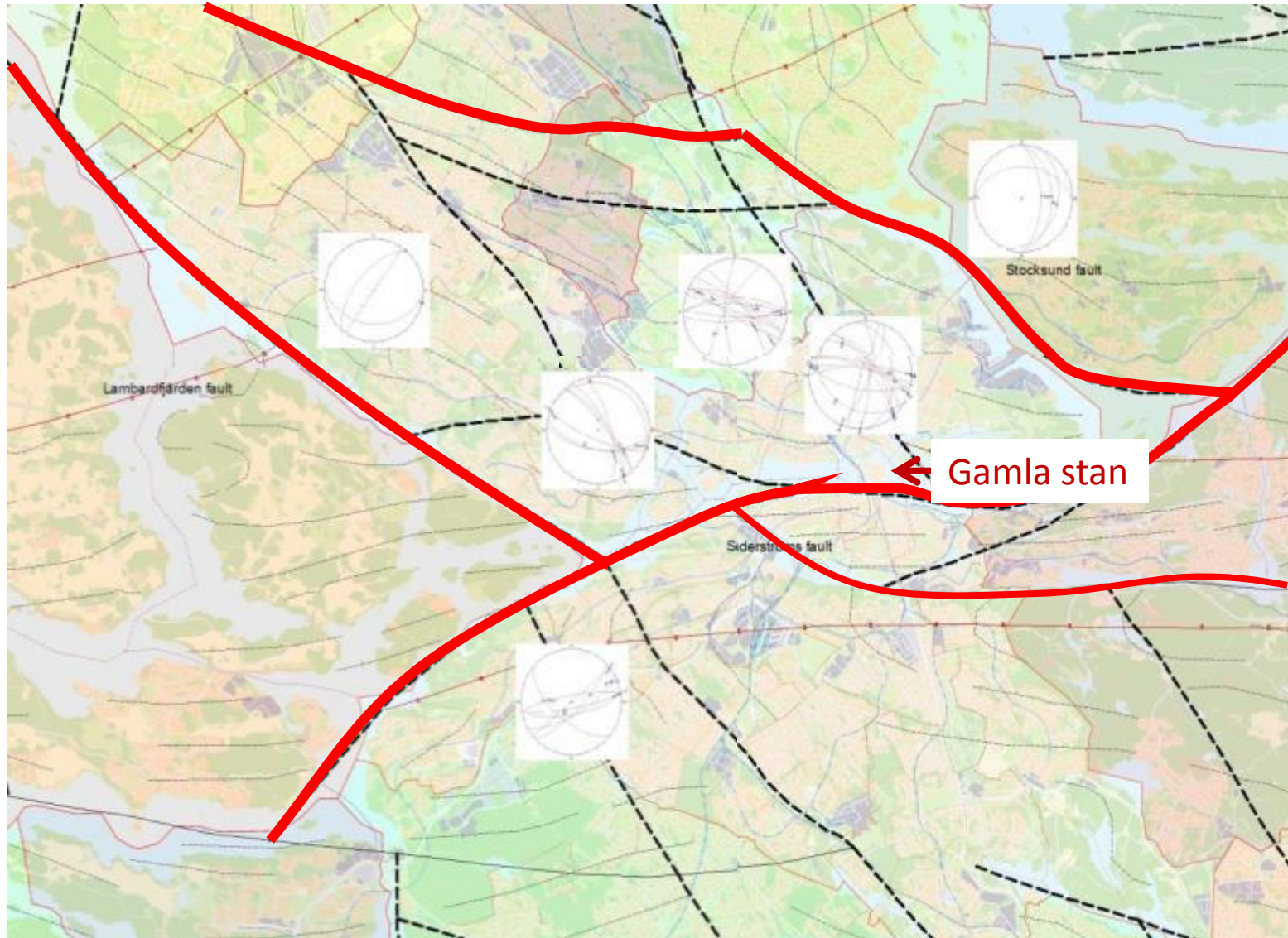
Definition and classification of fault damage zones: A review and a new methodological approach. Jin-Hyuck Choi, Paul Edwards, Kyoungtae Ko, Young-Seog Kima. Earth-Science Reviews · November 2015

Stockholm med vissa förkastningar inritade



Modifierad efter Översiktsplan för Stockholm, från Stockholm stads hemsida

Deformationer

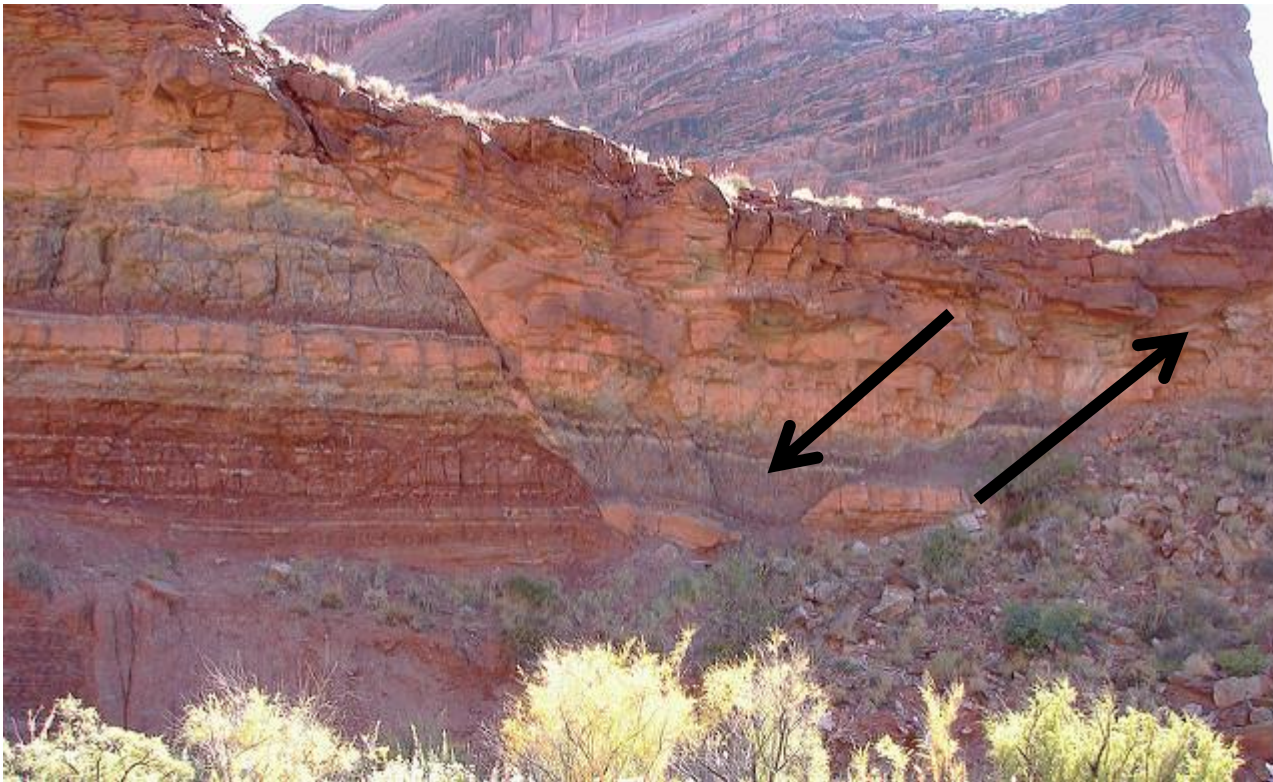


Stora zoner – röd
Mätresultat
pilotstudie

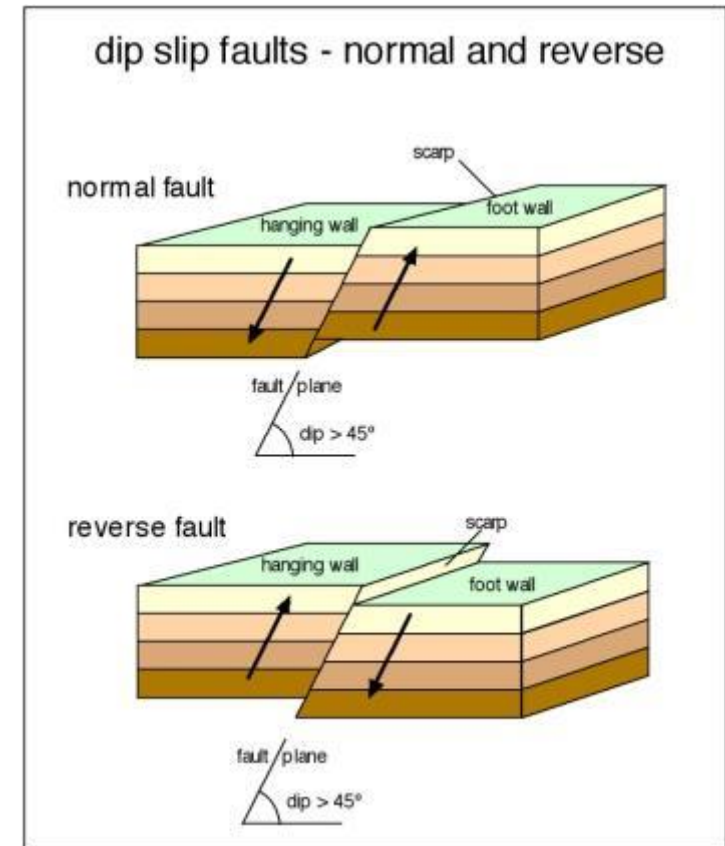
Vi har mätt
rörelseindikationer
på sprickytor.

Ex.
Slicken-sides eller
Förskjutningar av
referensstrukturer

Relativa rörelser



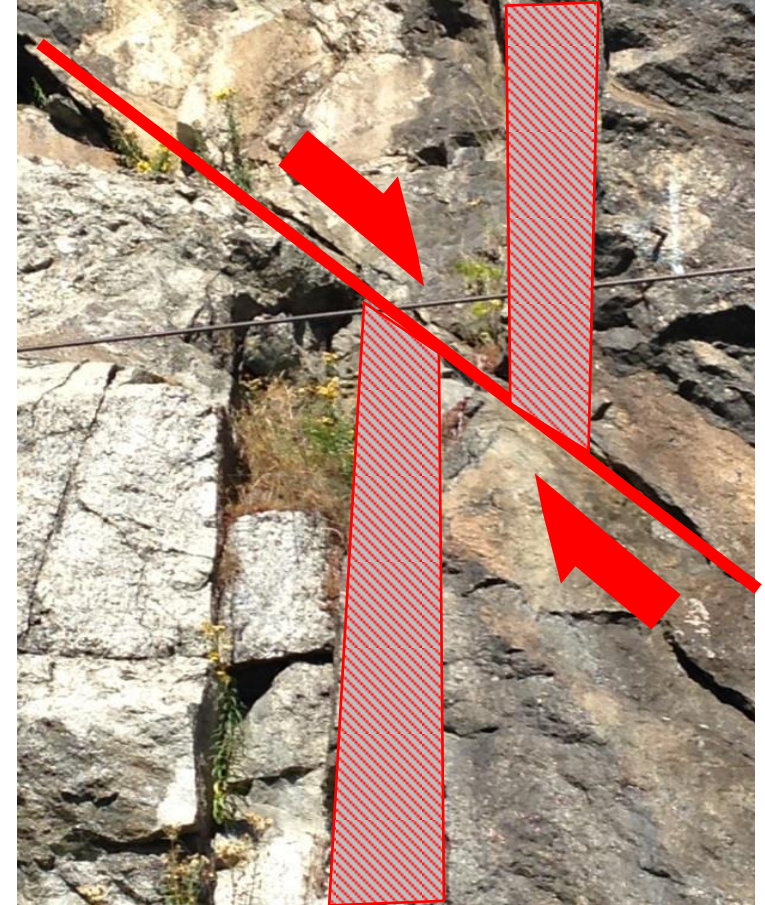
<https://www.flickr.com/photos/wyojones/galleries/72157622532479556/>



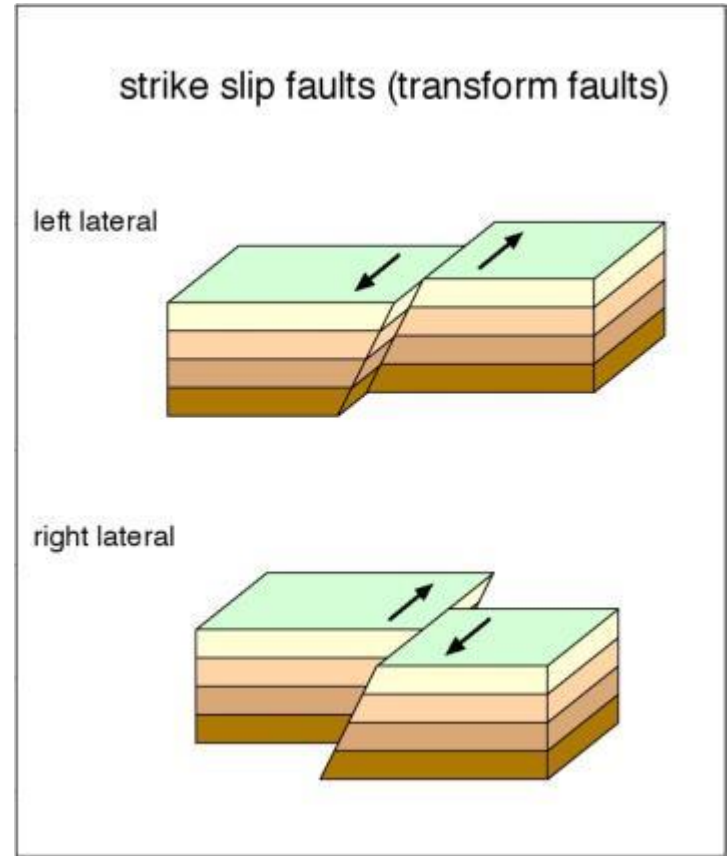
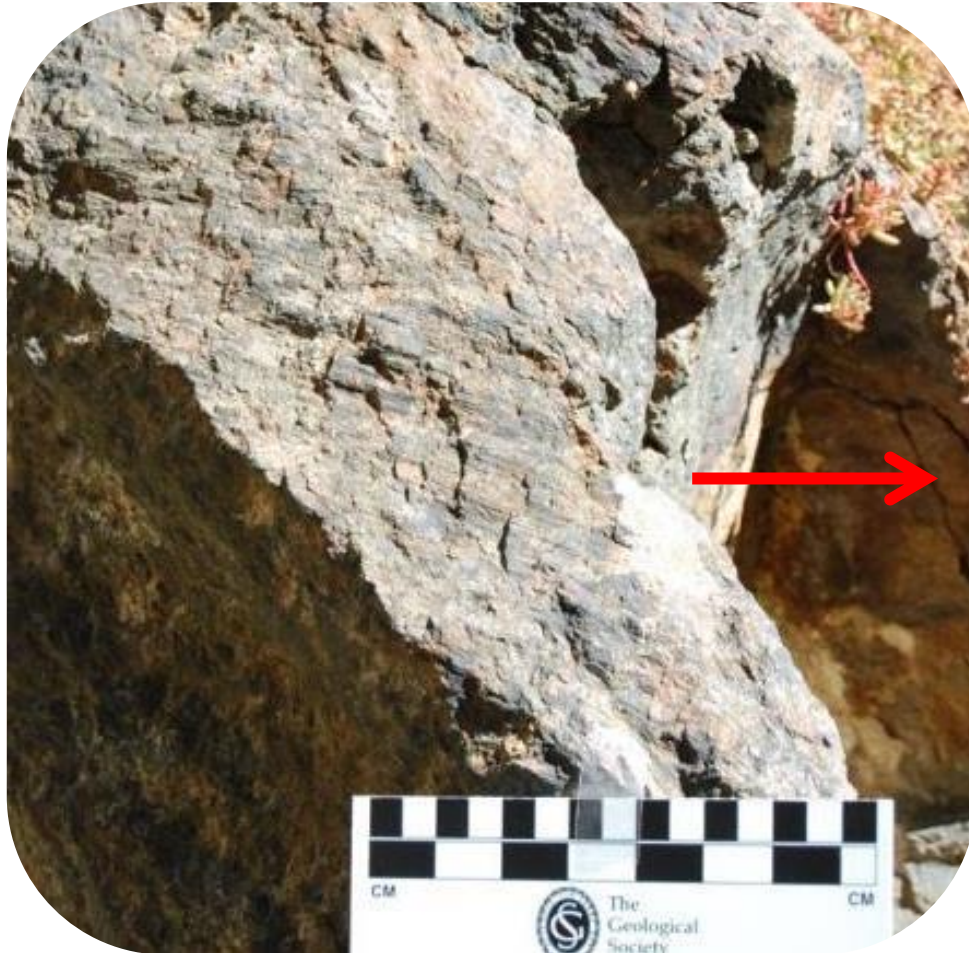
<http://www.sanandreasfault.org/Information.html>

From Lidingö spricka 07001 normal

- Referensstruktur
- Ca 5 m upp på väggen bortom tågspår.
- Deformation ca 3-4 dm.



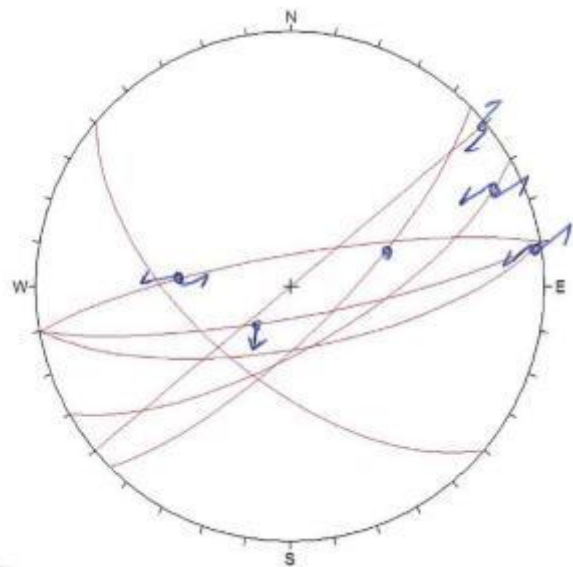
Relativa rörelser



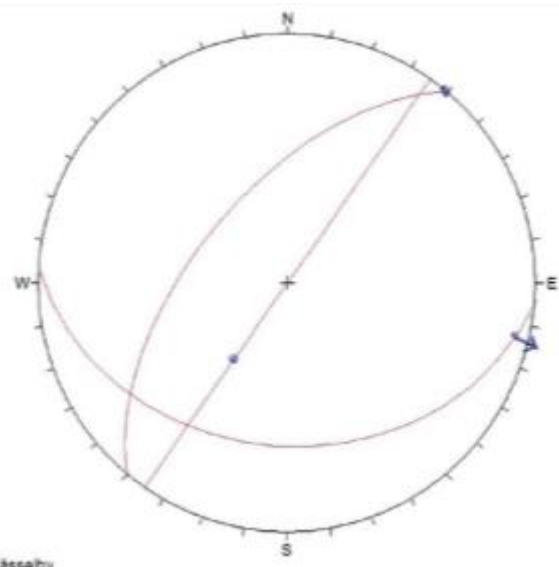
<http://www.sanandreasfault.org/Information.html>

Revers, sinistral rörelse



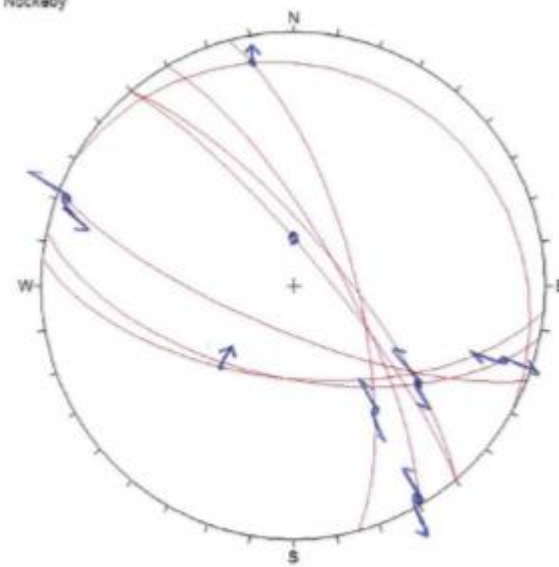


Sättra

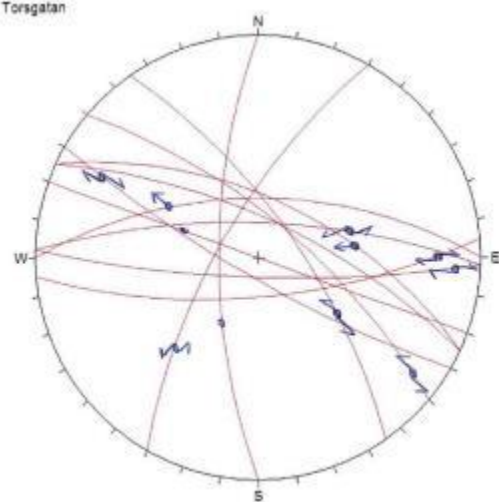


Hässelby

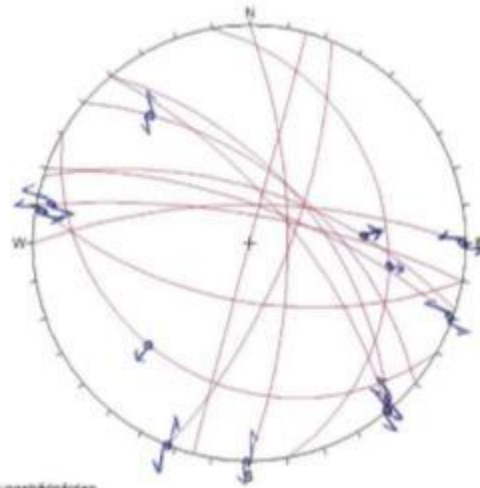
Nockeby



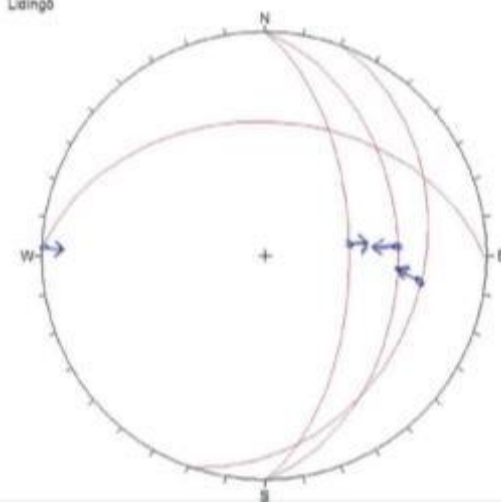
Torsgatan



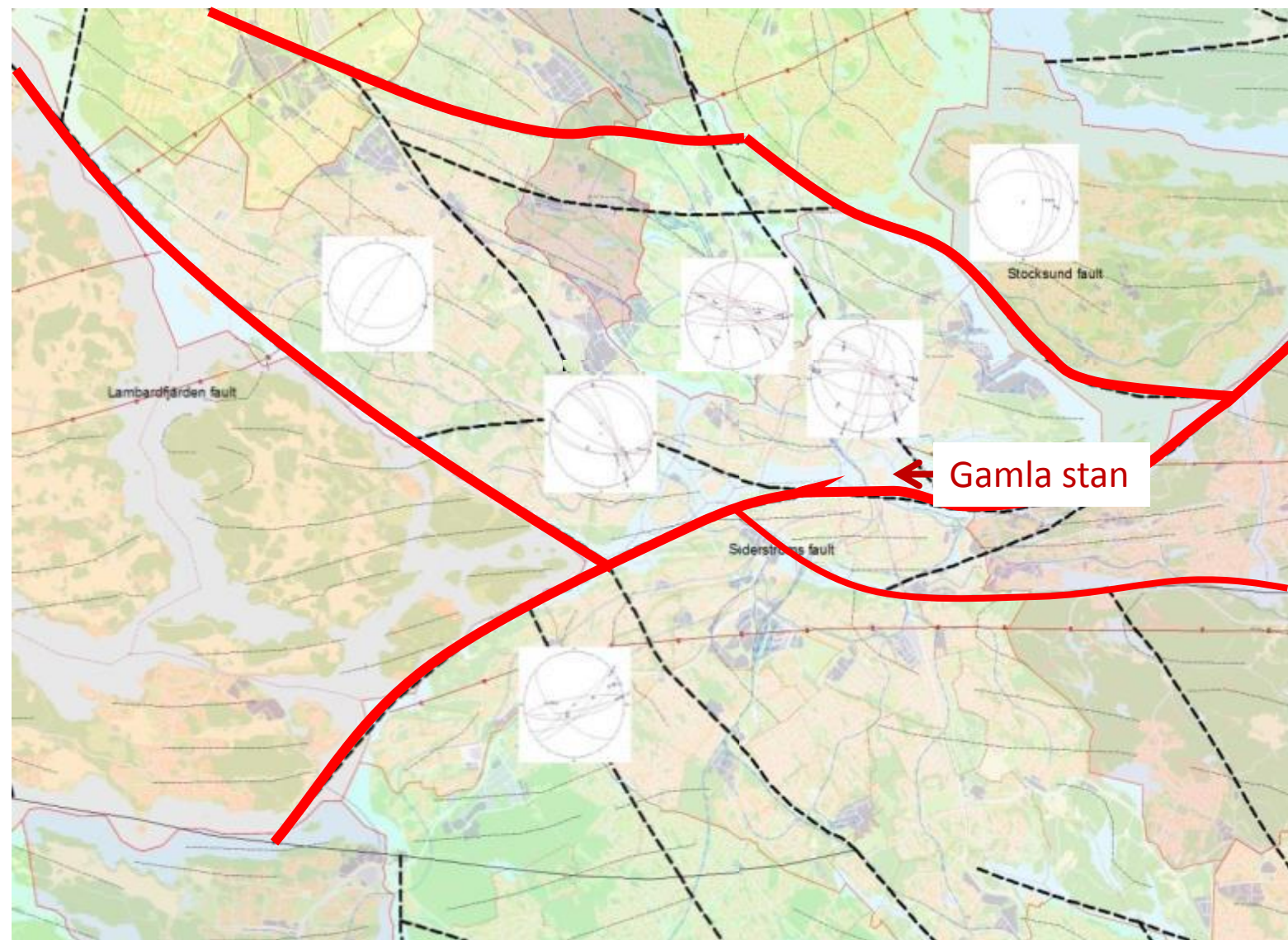
Kungälgården



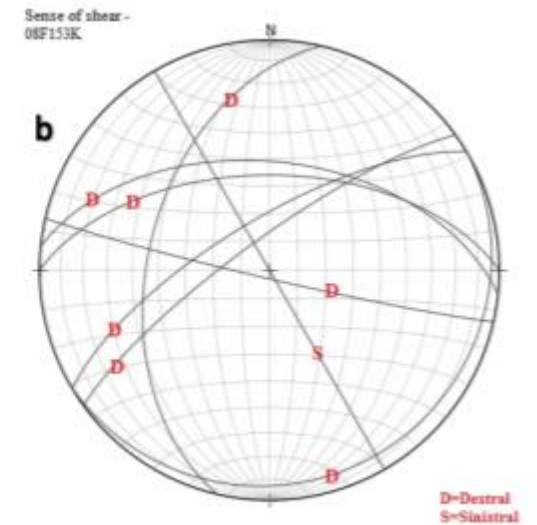
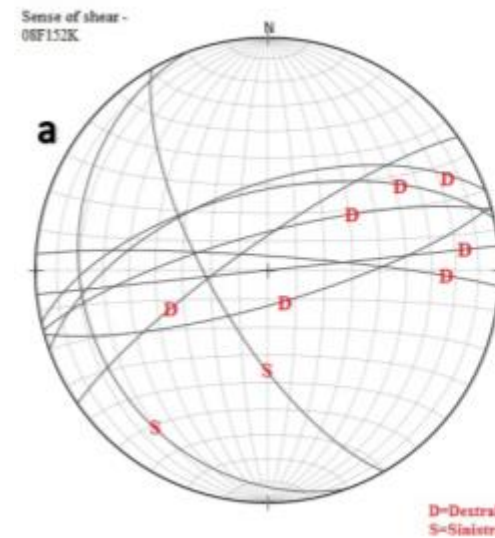
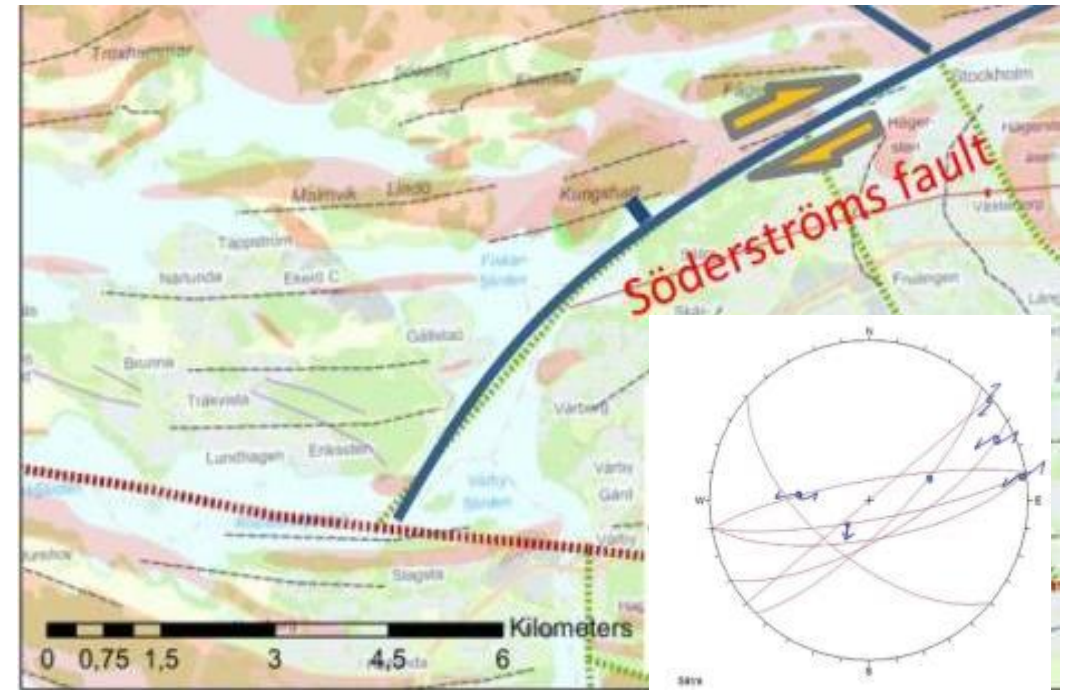
Lidingö



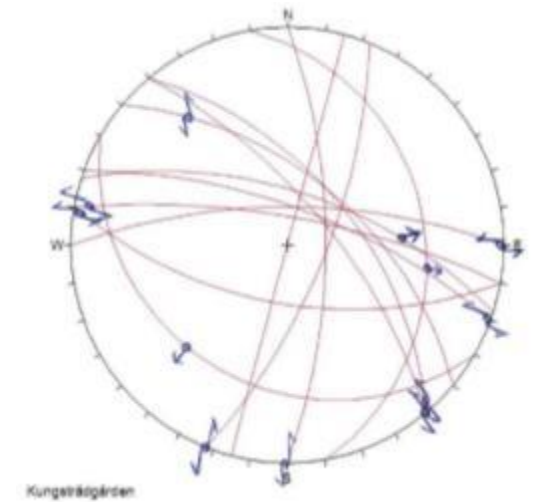
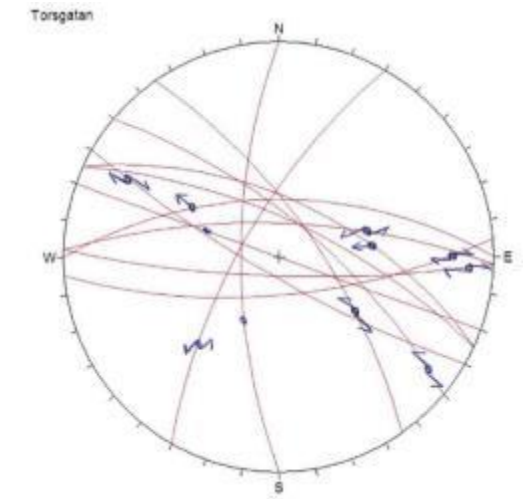
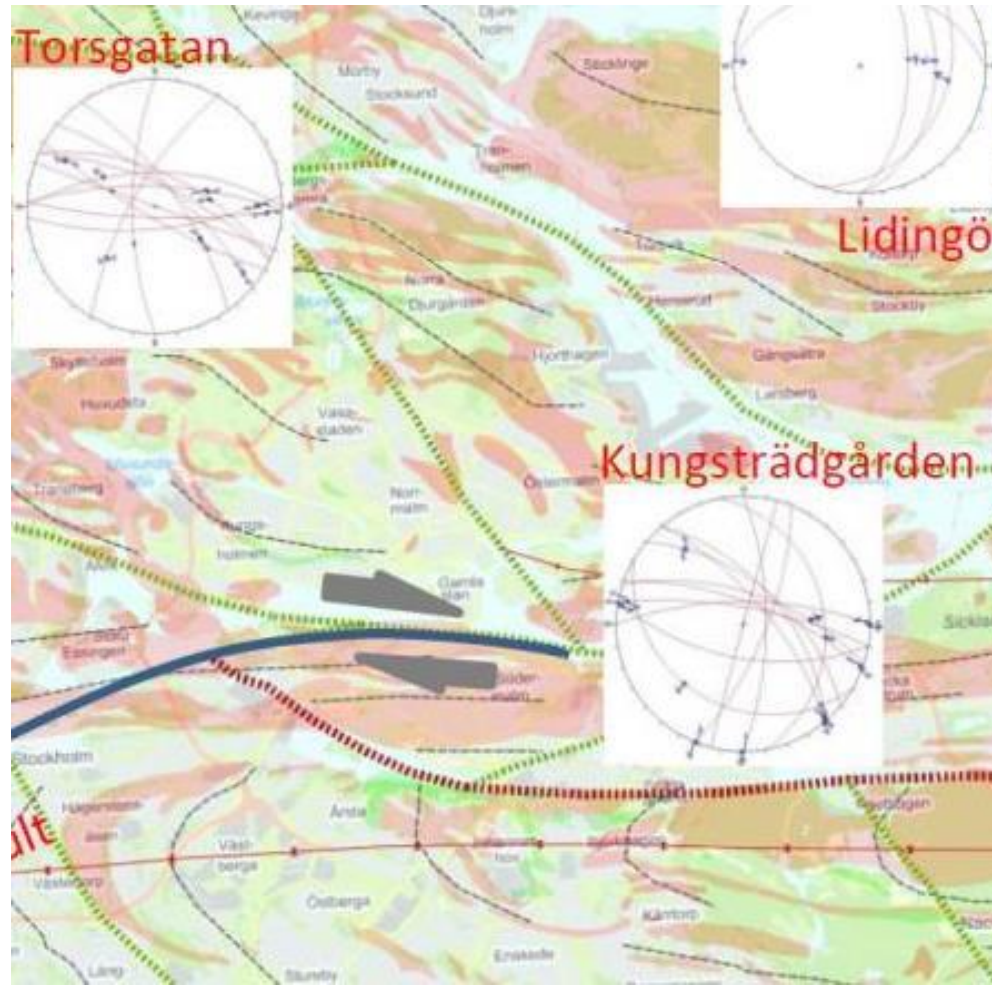
Resultat



Fiskarfjärden, Ignea, 2015



Resultat norr om Söderströmsförkastningen



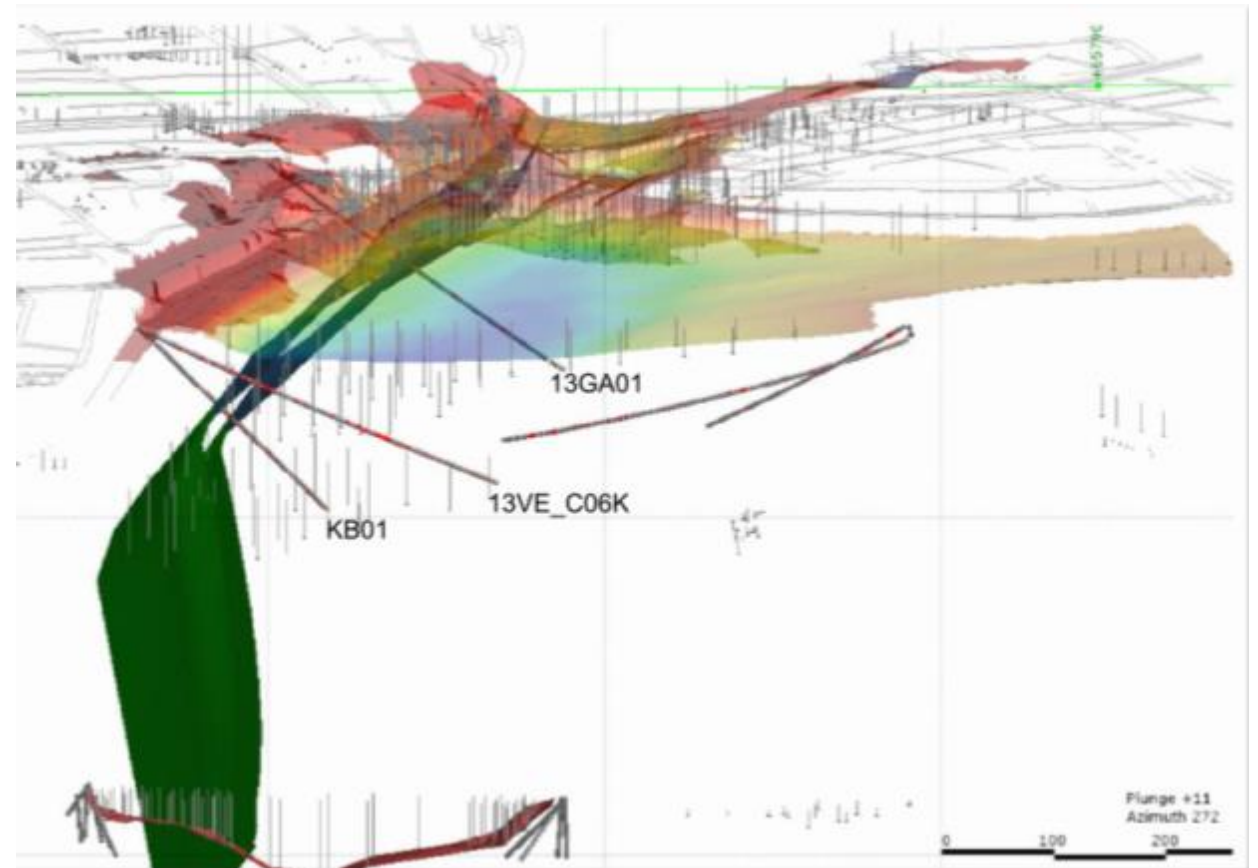
Söderströmsförkastningen

- Hässler et al, 2005. Mätningar över förkastningen.

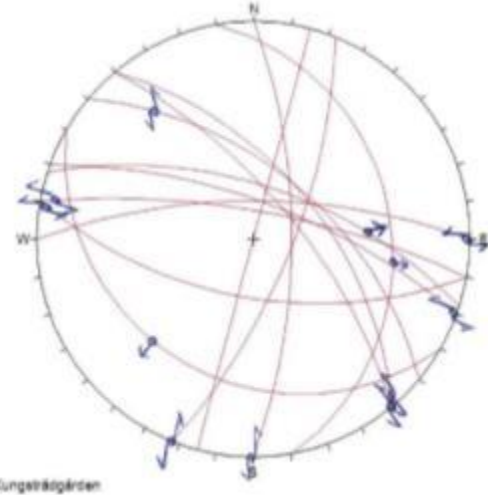
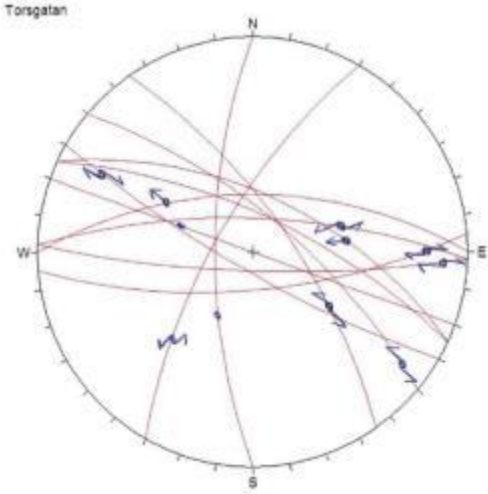


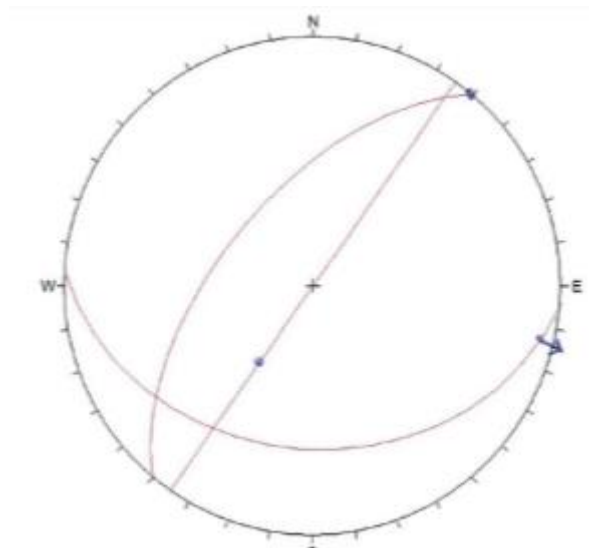
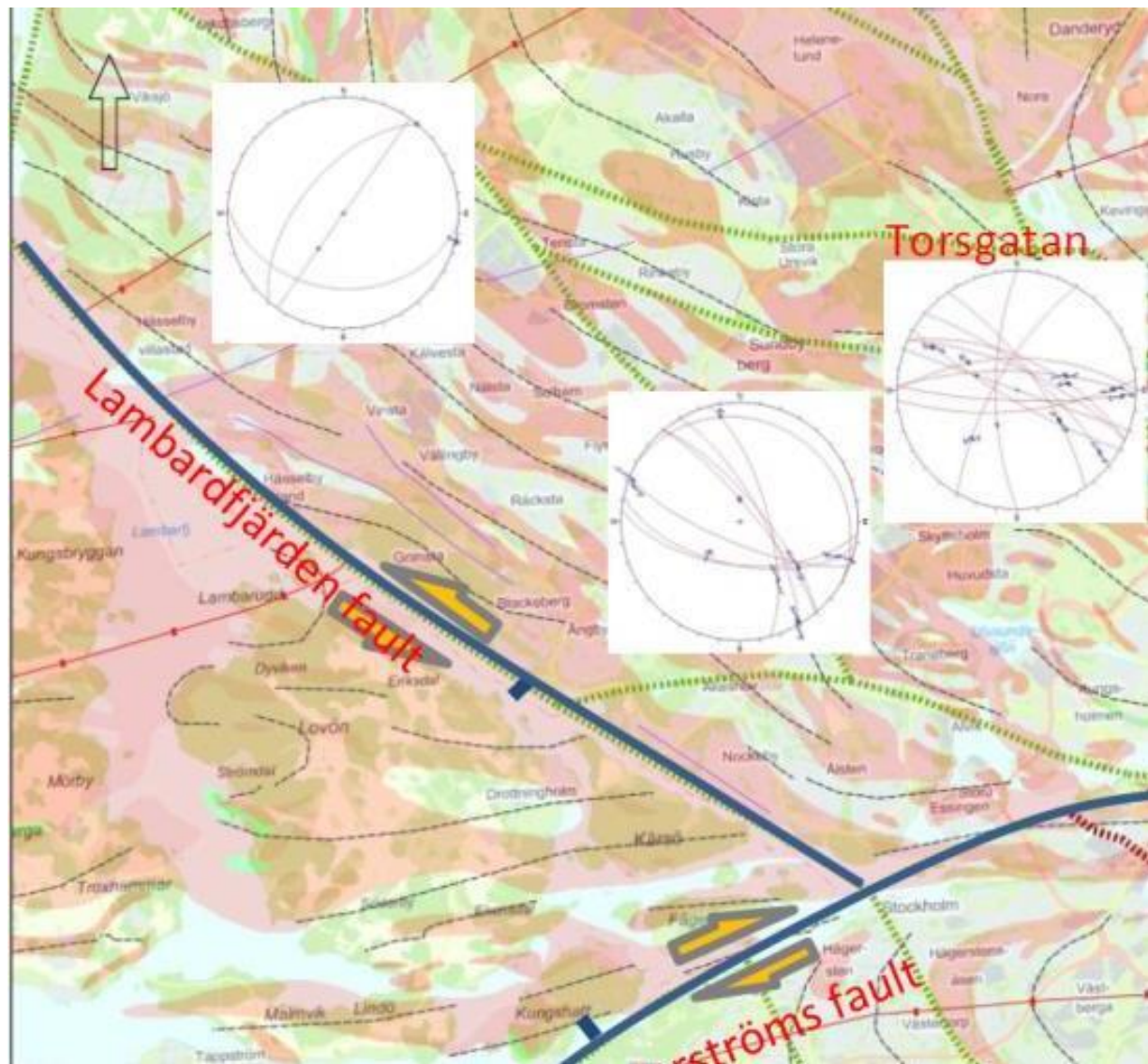
Söderströmsförkastningen

- Olsson et al, 2014. Modell av förkastningen.

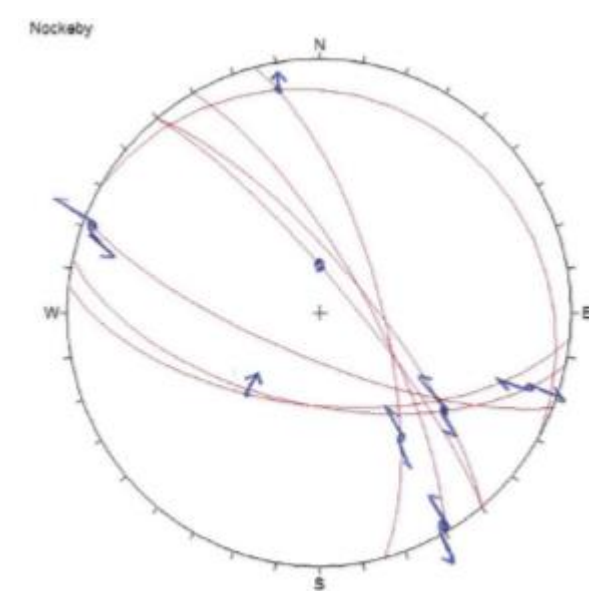


Resultat norr om Söderströmsförkastningen



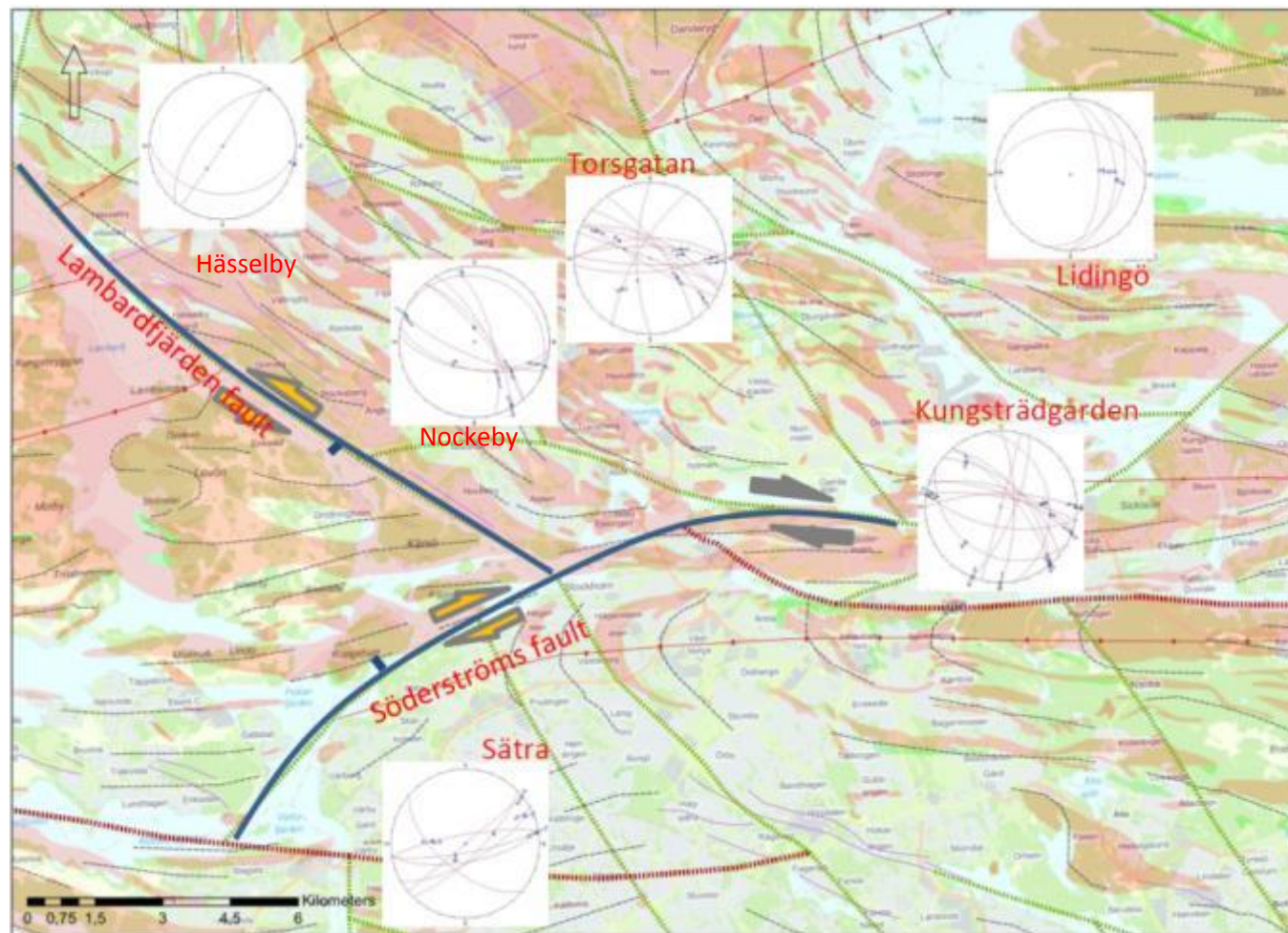
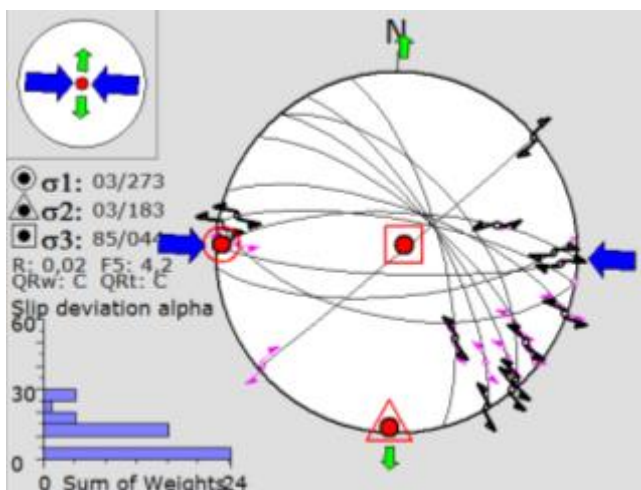
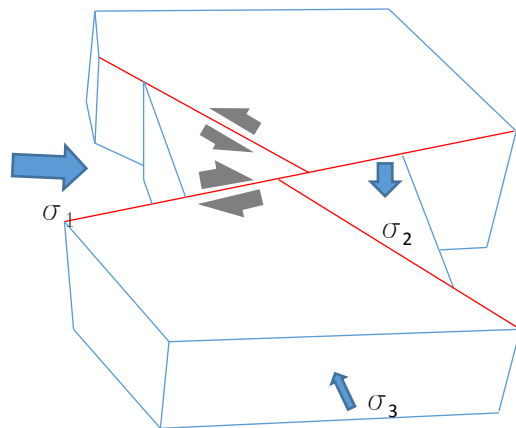


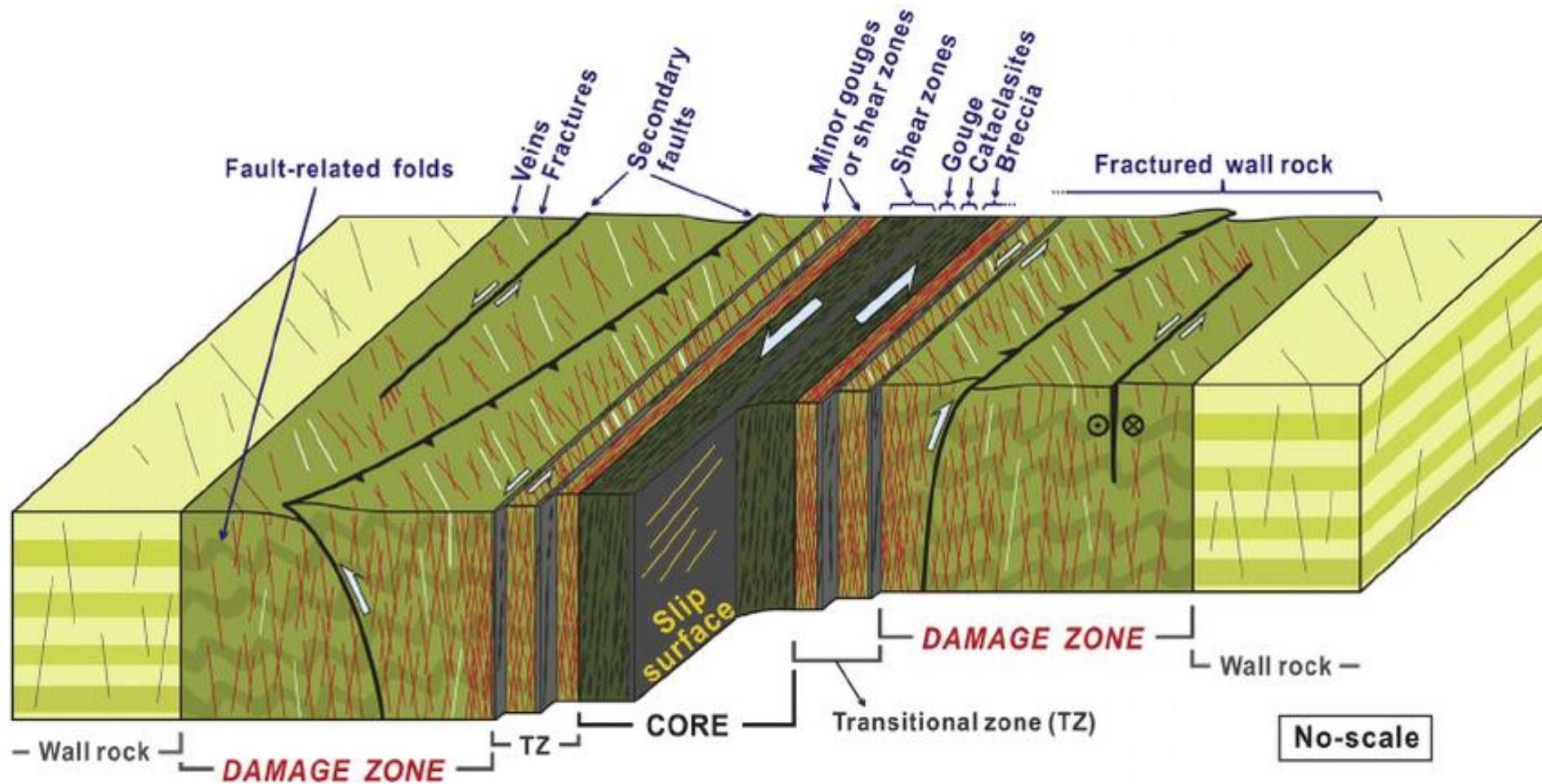
Håseby



Nockeby

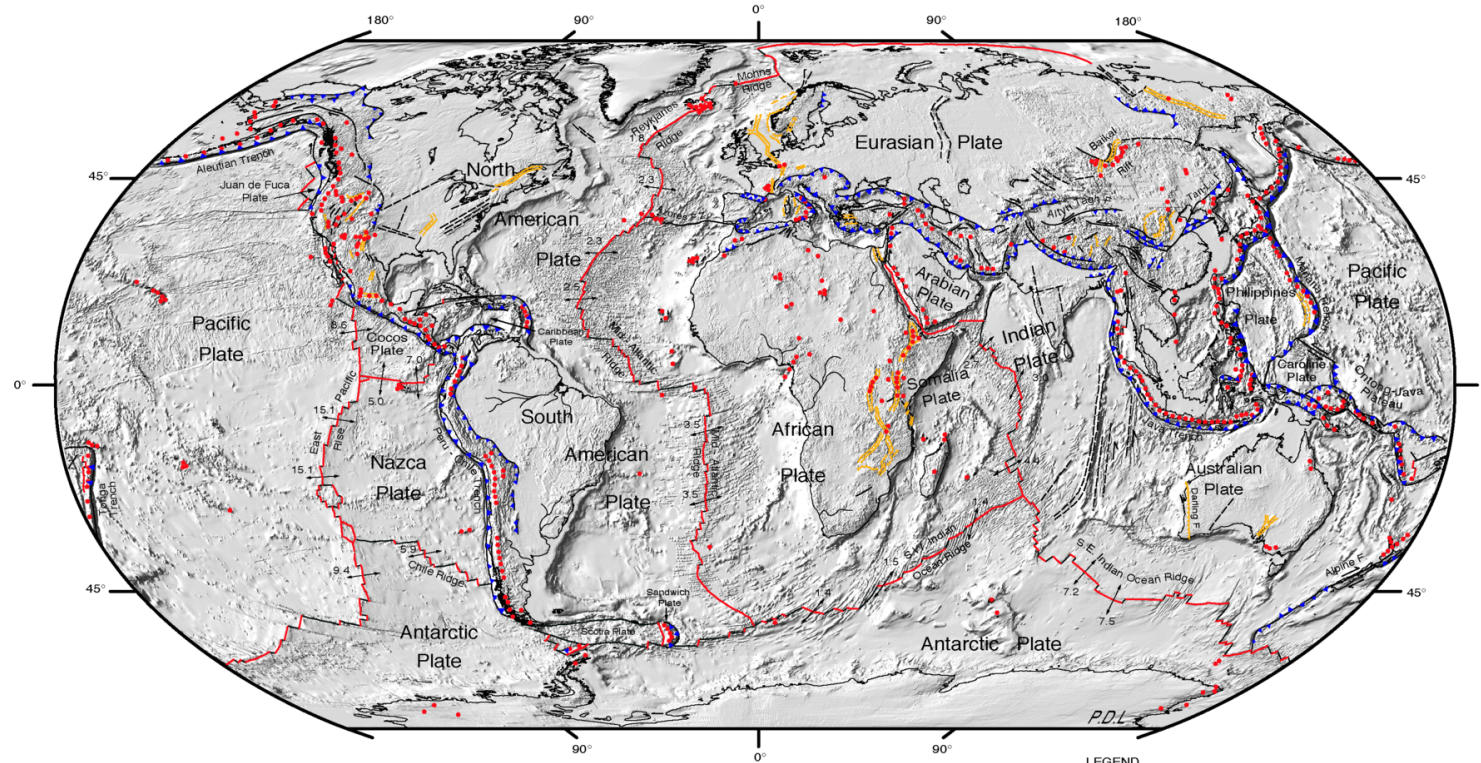
Resultat sammanfaller med andra studier





Definition and classification of fault damage zones: A review and a new methodological approach. Jin-Hyuck Choi, Paul Edwards, Kyoungtae Ko, Young-Seog Kima. Earth-Science Reviews · November 2015

Dagens spänningsbild då?



DIGITAL TECTONIC ACTIVITY MAP OF THE EARTH
Tectonism and Volcanism of the Last One Million Years
DTAM - 1



NASA/Goddard Space Flight Center
Greenbelt, Maryland 20771

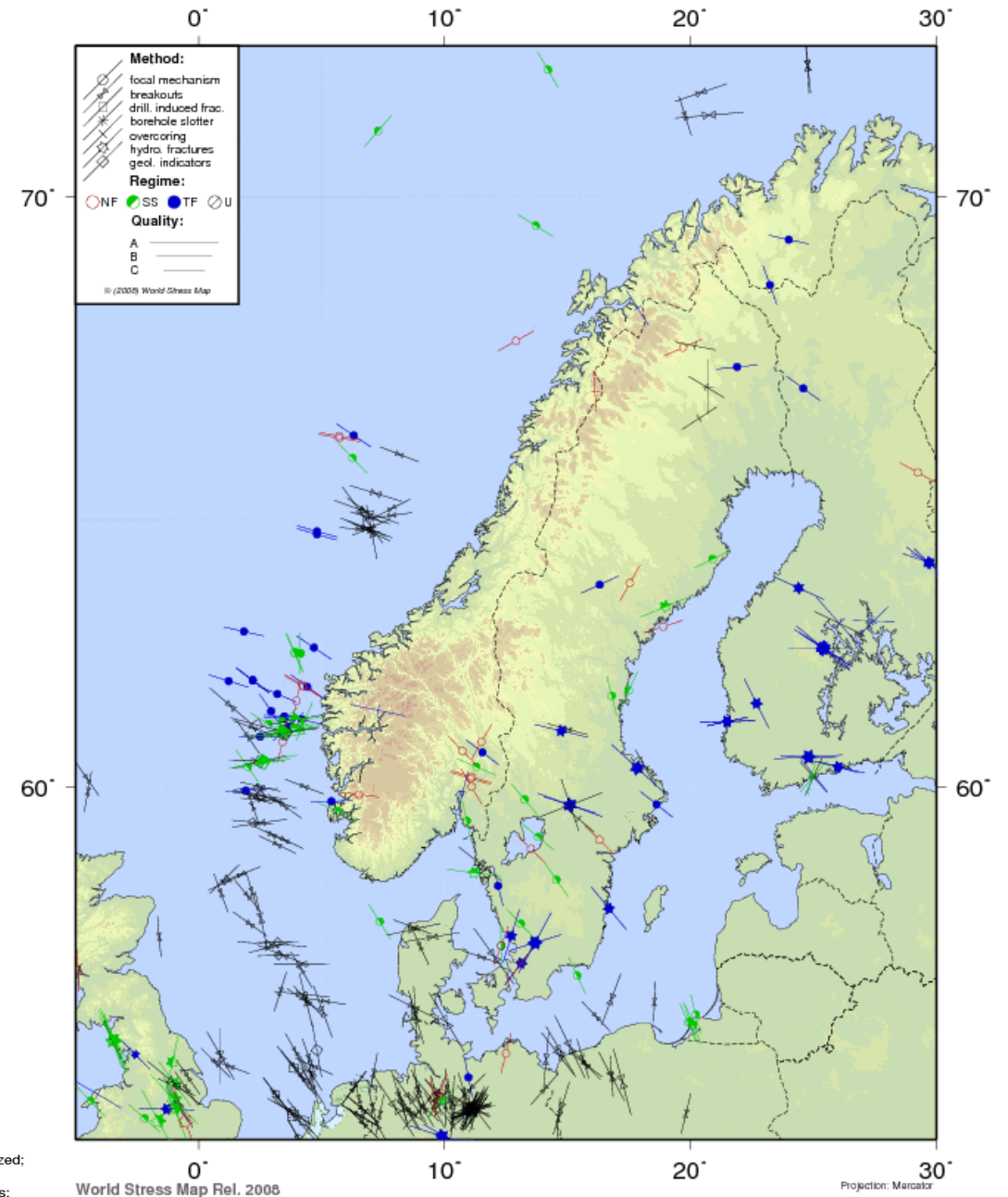
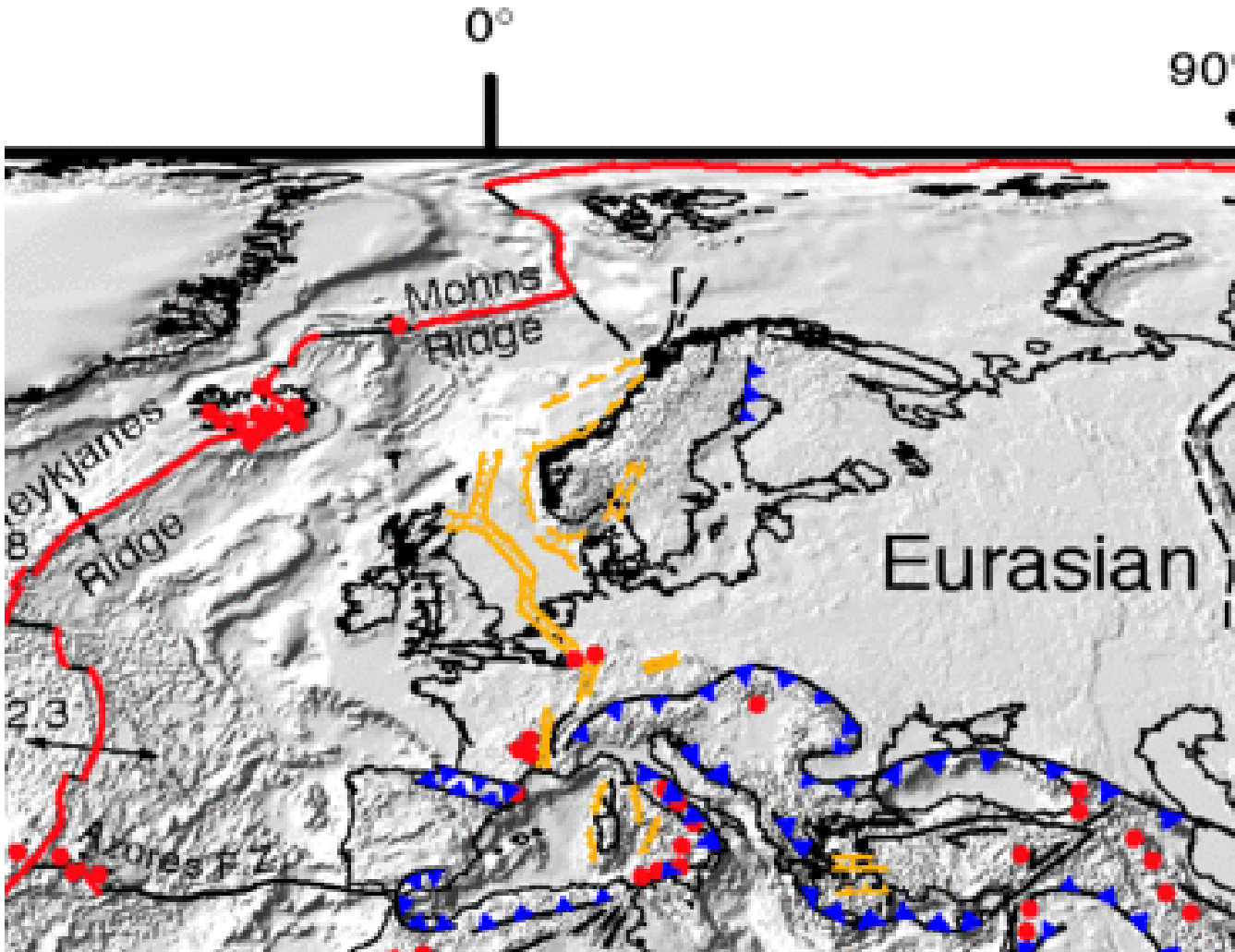
Robinson Projection
October 2002

- LEGEND**
- Actively-spreading ridges and transform faults
 - Total spreading rate, cm/year
 - Major active fault or fault zone; dashed where nature, location, or activity uncertain
 - Normal fault or rift; hachures on downthrown side
 - Reverse fault (overthrust, subduction zones); generalized; bars on upthrown side
 - Volcanic centers active within the last one million years; generalized. Minor basaltic centers and seamounts omitted.



Figur 11 Riktning och storlek på medelvärden på största horisontalspänning per mätnivå för uppmätta spänningar i Stockholmsområdet. Även regional spänningsriktning samt Citybanans sträckning är markerade i figuren.

Modifierad från Perman och Sjöberg, 2007



DIGITAL TECTONIC ACTIVITY MAP OF THE EARTH
Tectonism and Volcanism of the Last One Million Years

DTAM - 1



NASA/Goddard Space Flight Center
Greenbelt, Maryland 20771

Robinson Projection
October 2002

- LEGEND**
- Actively-spreading ridges and transform faults
 - Total spreading rate, cm/year
 - Major active fault or fault zone; dashed where nature, location, or activity uncertain
 - Normal fault or rift; hachures on downthrown side
 - Reverse fault (overthrust, subduction zones); generalized; bars on upthrown side
 - Volcanic centers active within the last one million years; generalized. Minor basaltic centers and seamounts omitted.

World Stress Map Rel. 2008
Helmholtz Academy of Sciences and Humanities
Geophysical Institute, University of Karlsruhe

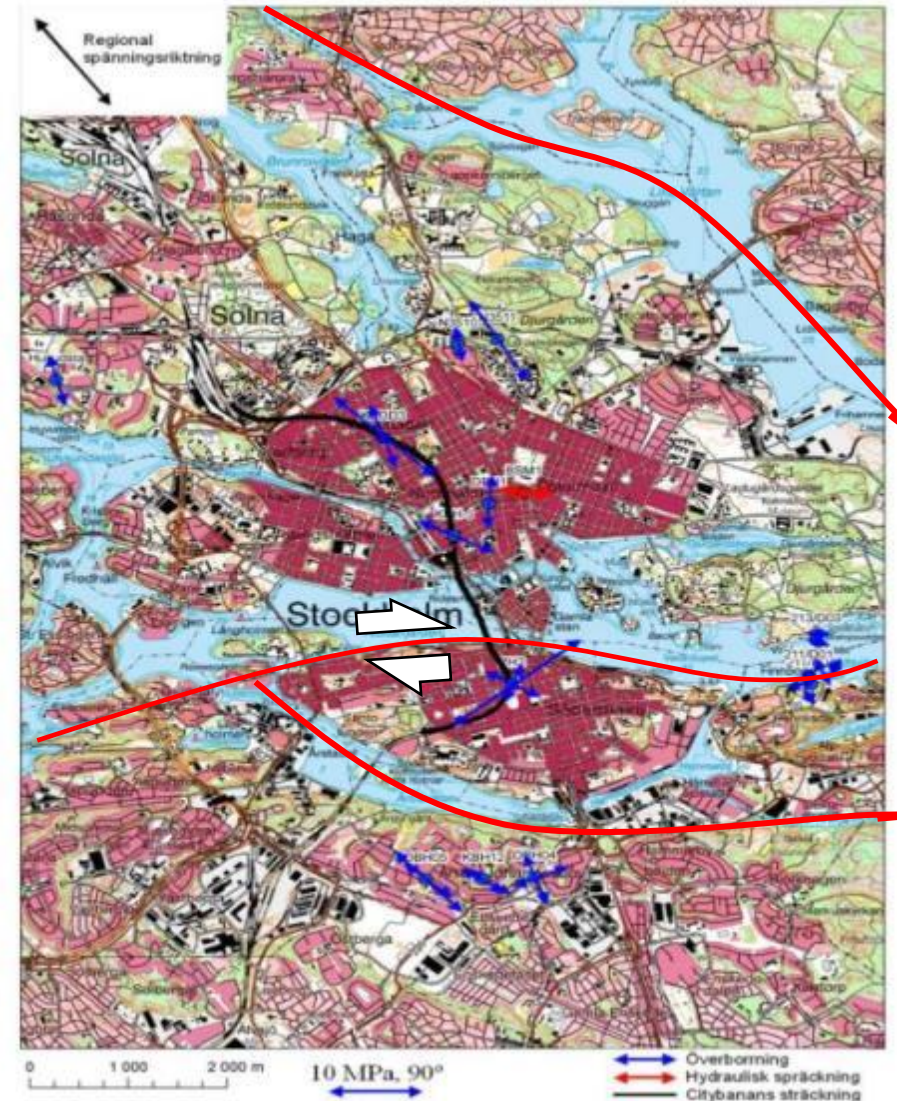
Projection: Mercator

Förkastningarna har påverkan på Stockholms geologi, men hur mycket och när?

Rör det sig idag?

Borde det röra sig idag?

Förslag.... vi mäter....på flera sätt

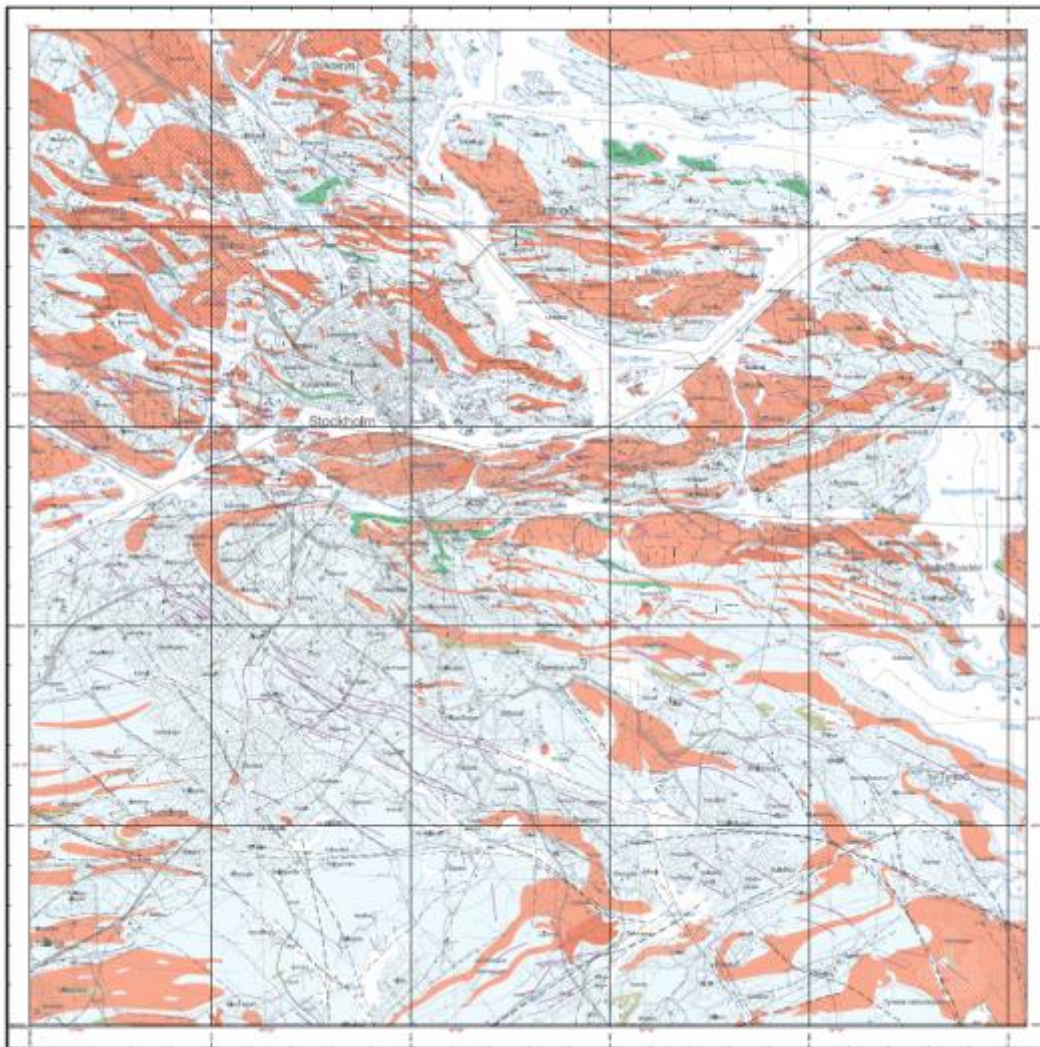


Figur 11 Riktning och storlek på medelvärden på största horisontalspänning per mätnivå för uppmätta spänningar i Stockholmsområdet. Även regional spänningsriktning samt Citybanans sträckning är markerade i figuren.

Modifierad från Perman och Sjöberg, 2007

SGU samlar nu in data i Stockholmsområdet

*Ta nu chansen att
förbättra denna med
din data!*



Tack för mig!