

R-98-57

Förstudie Östhammar

Delprojekt jordarter, bergarter och deformationszoner

Kompletterande arbeten 1998

Stefan Bergman, Torbjörn Bergman,
Rune Johansson, Michael Stephens
Sveriges Geologiska Undersökning, Uppsala

Hans Isaksson
GeoVista AB, Luleå

December 1998

Svensk Kärnbränslehantering AB

Swedish Nuclear Fuel
and Waste Management Co
Box 5864
SE-102 40 Stockholm Sweden
Tel 08-459 84 00
+46 8 459 84 00
Fax 08-661 57 19
+46 8 661 57 19



ISSN 1402-3091

SKB Rapport R-98-57

Förstudie Östhammar

Delprojekt jordarter, bergarter och deformationszoner

Kompletterande arbeten 1998

Stefan Bergman, Torbjörn Bergman,
Rune Johansson, Michael Stephens
Sveriges Geologiska Undersökning, Uppsala

Hans Isaksson
GeoVista AB, Luleå

December 1998

Denna rapport har gjorts på uppdrag av SKB. Slutsatser och framförda åsikter i rapporten är författarnas egna och behöver nödvändigtvis inte sammanfalla med SKB:s.

Förord

Denna rapport redovisar resultat från två kompletterande studier till förstudie Östhammar som genomfördes under sommaren och hösten 1998. Den första studien avser fältkontroll av berggrunden inom två av de potentiellt intressanta områdena som presenterades i den preliminära slutrapporten. Dessa områden ligger sydost om Forsmarksverket och väster om väg 76 i närheten av Hargshamn. Tyngdpunkten av arbetet har gjorts i Forsmarksområdet. Fältkontrollen har utförts av följande personal vid Sveriges geologiska undersökning: Stefan Bergman, Torbjörn Bergman, Rune Johansson och Michael Stephens. Vidare har Hans Isaksson från GeoVista medverkat i fältkontrollen.

Den andra studien avser en regional tolkning av deformationszoner baserad på de nya flygburna magnetiska mätningar som genomfördes under sommaren 1998. Tolkningen har utförts av Hans Isaksson, GeoVista AB.

Innehållsförteckning

Del 1: Fältkontroll av berggrunden inom Forsmarks- och Hargshamnsområdena.

Sammanfattning	3
1. Inledning och bakgrund	4
2. Metodik	4
3. Allmän geologisk översikt	7
4. Forsmarksområdet	7
4.1 Delområde A	11
4.2 Delområde B	14
4.3 Delområde C	17
4.4 Delområde D	21
4.5 Sammanfattning av Forsmarksområdet	21
5. Hargshamnsområdet	24
5.1 Profil A	24
5.2 Profil B	24
5.3 Sammanfattning av Hargshamnsområdet	28
6. Slutsatser och rekommendationer	28
7. Referenser	30

Del 2: Geofysisk strukturtolkning över Öregrundsgrepen, havsområdet utanför Forsmark.

Sammanfattning	31
1. Inledning	32
2. Metodik	32
3. Strukturtolkning Öregrundsgrepen	32
3.1 Geologisk bakgrund	32
3.2 Resultat	35
4. Fältbesök	35
5. Referenser	37
Bilaga A — Geologisk ordlista	38

Del 1: Fältkontroll av berggrunden inom Forsmarks- och Hargshamnsområdena.

Sammanfattning

Vid Forsmark och Hargshamn i Östhammars kommun finns områden som i tidigare arbeten på geologiska grunder utpekats som potentiellt gynnsamma för lokalisering av ett djupförvar för använt kärnbränsle. Syftet med föreliggande arbete har varit att genom fältbesök av strategiskt viktiga lokaler inom områdena kontrollera och utvärdera tidigare tolkningar. En ny tolkning av sprickzoner, anpassad till undersökningsskalan, har gjorts.

Forsmarksområdet har i denna studie delats in i fyra delområden (A-D) med olika karaktär vad gäller bergartsinnehåll, berggrundens homogenitet och deformationsgrad. Gränserna mellan delområdena är inte skarpa utan skall betraktas som övergångszoner med i vissa fall flera hundra meters bredd. Delområdena A och C karakteriseras av stora bergartsvariationer och stråkvis betydande plastisk deformation av berggrunden. Två större sprickzoner har kunnat beläggas i dessa delområden. Delområde B motsvarar i stort sett det linsformade område som i en tidigare studie tolkats som potentiellt gynnsamt för lokalisering av ett djupförvar för använt kärnbränsle. Delområde B är jämförelsevis homogent och består huvudsakligen av olika varianter av röd metagranit. Tidigare tolkade regionala sprickzoner inom delområdet har inte kunnat beläggas vid den företagna fältkontrollen. Mer detaljerade geofysiska mätningar erfordras för att kontrollera dessa. Den nya tolkningen av sprickzoner som här redovisas indikerar en lägre frekvens än tidigare av större sprickzoner. Delområde B bedöms vara fortsatt intressant för vidare undersökning för ett framtida djupförvar för använt kärnbränsle. Delområde D (öar i Öregrundsgrepen) har strukturella likheter med delområde B men utgörs av mer inhomogen berggrund. I de flesta observerade hållarna i Forsmarksområdet är sprickfrekvensen mindre än 2 sprickor/meter. Lokalt finns betydligt högre sprickfrekvenser.

En fråga som är nödvändig att beakta vid eventuella framtida arbeten är den tredimensionella geometrin av delområde B. Det är inte möjligt att utifrån tillgänglig geologisk information säkert förutsäga hur djupt under markytan den homogena berggrunden i delområde B fortsätter. Strukturella observationer indikerar att den heterogena berggrunden kring Forsmarksverket kan fortsätta under delområde B:s nordvästra ände. Om så är fallet är de centrala och sydöstra delarna av delområde B mest gynnsamma för vidare undersökning. Förekomsten av flacka sprickzoner kan inte uteslutas i något område.

Berggrunden i Hargshamnsområdet har studerats mer översiktligt längs två profiler (A och B). Berggrunden längs profil A består av homogen och sprickfattig metagranit. Inneslutningar och gångbergarter förekommer i mycket liten omfattning eller saknas helt. Även området kring profil B domineras av metagranit, men är mer varierande vad det gäller homogenitet, och i vissa delar förekommer gångar och områden med pegmatit i relativt stor omfattning. Lokalt förekommer smala plastiska skjuvzoner. Berggrunden är i allmänhet relativt sprickfattig med mindre än 1 spricka/meter i observerad hållyta. Hargshamnsområdet bedöms också vara fortsatt intressant för vidare undersökning för ett framtida djupförvar för använt kärnbränsle. Området är arealmässigt större och har homogenare berggrund än något delområde vid Forsmark. Vad gäller sprickfrekvens och homogenitet kan metagraniten i Hargshamnsområdet jämföras med den som ovan nämnts från delområde B i Forsmarksområdet. I Forsmarksområdet förekommer dock enstaka amfibolitgångar och inneslutningar av äldre berggrund vilket inte noterats i den norra delen av Hargshamnsområdet.

1. Inledning och bakgrund

På uppdrag av Svensk kärnbränslehantering AB (SKB) har Sveriges geologiska undersökning i samarbete med GeoVista AB utfört fältkontroll av berggrunden inom två områden i Östhammars kommun: Forsmarksområdet och Hargshamnsområdet, se Figur 1. Områdena har i tidigare arbeten på geologiska grunder utpekats som potentiellt gynnsamma för lokalisering av ett djupförvar för använt kärnbränsle (Bergman m fl 1996, Bergman & Isaksson 1996). Resultaten av dessa tidigare arbeten finns sammanfattade i den preliminära slutrapporten för Förstudie Östhammar (SKB 1997).

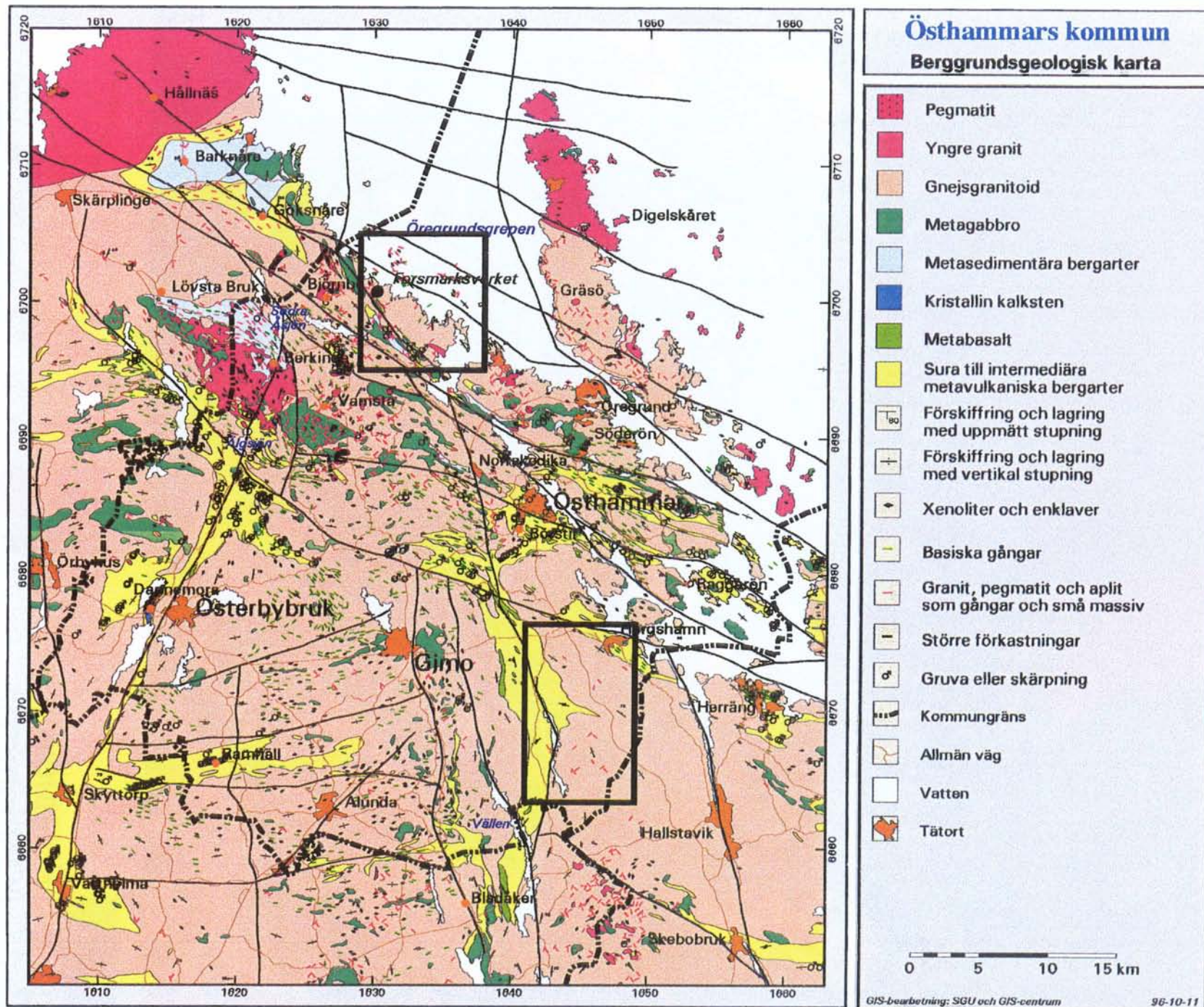
Syftet med det föreliggande arbetet har varit att genom fältbesök av strategiskt viktiga lokaler inom Forsmarks- och Hargshamnsområdena kontrollera och utvärdera tidigare tolkningar. Resultatet av fältkontrollen kommer att vara en del i beslutsunderlaget vid ett slutgiltigt ställningstagande till dessa områdens lämplighet för ett framtida djupförvar. För förklaringar och definitioner av geologiska termer som används i texten hänvisas till bifogade ordlista, se Bilaga A samt Bergman m fl (1996).

2. Metodik

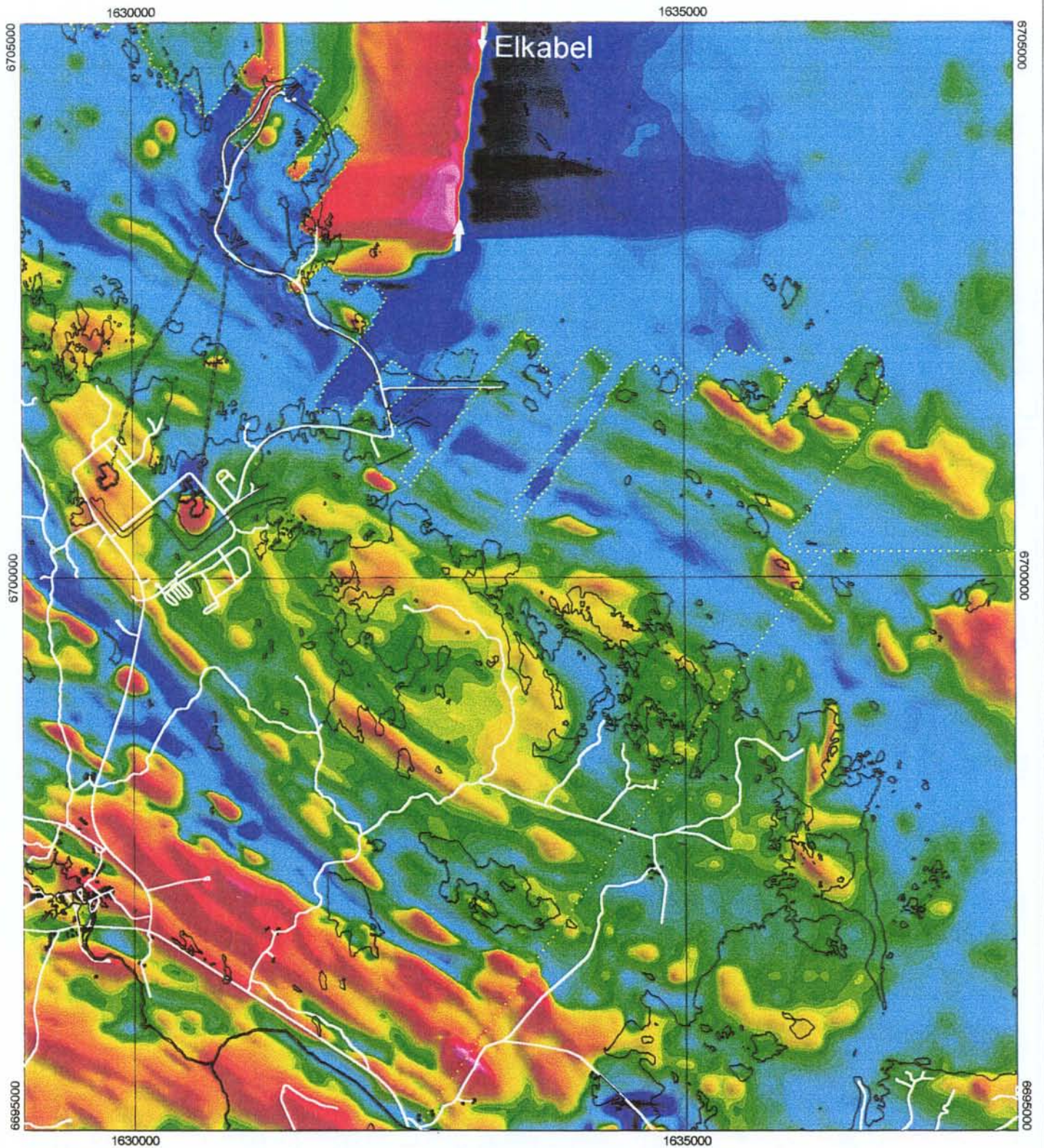
Arbetet med fältkontrollen har bl a innefattat dokumentation av berggrundens karaktär med avseende på bergartstyp, homogenitet, deformationsgrad och sprickfrekvens. Endast mer uthålliga sprickor har beaktats, dvs sådana som har kunnat följas flera meter. Vid flertalet hällobservationer har också bergartens magnetiska susceptibilitet (magnetiserbarhet) uppmätts. Värdena anges här i 10^{-5} SI-enheter. Fältbesök har företagits på sammanlagt ca 180 hållar i de båda områdena. Särskild vikt har lagts på att jämföra områden som tolkats som plastiska skjuvzoner av Bergman m fl (1996) med områden som inte påverkats av sådan deformation. De sistnämnda områdena utgör tektoniska linser omgivna av plastiska skjuvzoner. Tolkningen av skjuvzonerna baserades till största delen på befintligt material och endast i mycket begränsad omfattning på fältinformation. Inom ramen för fältkontrollen av Forsmarksområdet ingick besök på öar i Öregrundsgrepen, öster om Forsmarksverket, av vilka vissa inte varit föremål för berggrundsundersökning i modern tid. Hargshamnsområdet har undersökts mer översiktligt och fältinsatsen utfördes i huvudsak utefter två profiler genom området (se nedan).

En magnetisk anomalikarta över Forsmarksområdet visas i Figur 2. I kartans nordöstra del ingår resultat från flygburna geofysiska mätningar som utförts över området motsvarande topografiska kartbladet 13 I Österlövsta under 1998. En tolkning av magnetiska konnektioner redovisas i Figur 3.

En tolkning av regionalt betydelsefulla sprickzoner inom Östhammars kommun och omgivande områden har redovisats av Bergman m fl (1996). Ett fåtal av dessa zoner stryker genom Forsmarks- och Hargshamsområdena. Tolkade sprickzoner och en dokumentation av s.k. belagda zoner i området kring Forsmarks kärnkraftverk och slutförvaret för radioaktivt driftavfall (SFR) har också redovisats i mer detaljerade skalor av Hagconsult AB (1980) och Carlsson & Christiansson (1987) samt i en sammanställning av Bergman & Isaksson (1996). En alternativ tolkning av sprickzonsmönstret i området kring SFR har nyligen också presenterats av Axelsson & Hansen (1998).



Figur 1. Berggrundskarta över Östhammars kommun med omgivning. Kartan är hämtad från Bergman m fl (1996). Svarta rutor visar områden som varit föremål för fältkontroll i föreliggande studie.

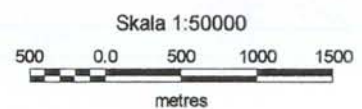
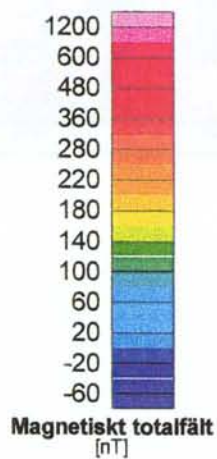


Förstudie Östhammar

Forsmarksområdet

Magnetiskt totalfält,
solbelyst från nordost
Geofysisk flygmätning, SGU

Gula punkter markerar gräns
mellan olika mätområden



Figur 2

Den regionala skala som användes i studien av Bergman m fl (1996) är betydligt mer översiktlig i jämförelse med den skala som används i föreliggande arbete. Med anledning av detta har en ny och mer detaljerad tolkning av regionala sprickzoner gjorts över den nu aktuella delen av Forsmarksområdet. Den nya tolkningen, se Figur 3, är baserad på samma metodik som i Bergman m fl (1996), dvs data från flyggeofysiska mätningar, digitala höjddata och djupdata från sjökort. De tolkningar av regionala sprickzoner som tidigare presenterats av Hagconsult AB (1980) och Carlsson & Christiansson (1987) i området söder om kärnkraftsverket och SFR sammanfaller delvis med tolkningen i det nu aktuella projektområdet.

3. Allmän geologisk översikt

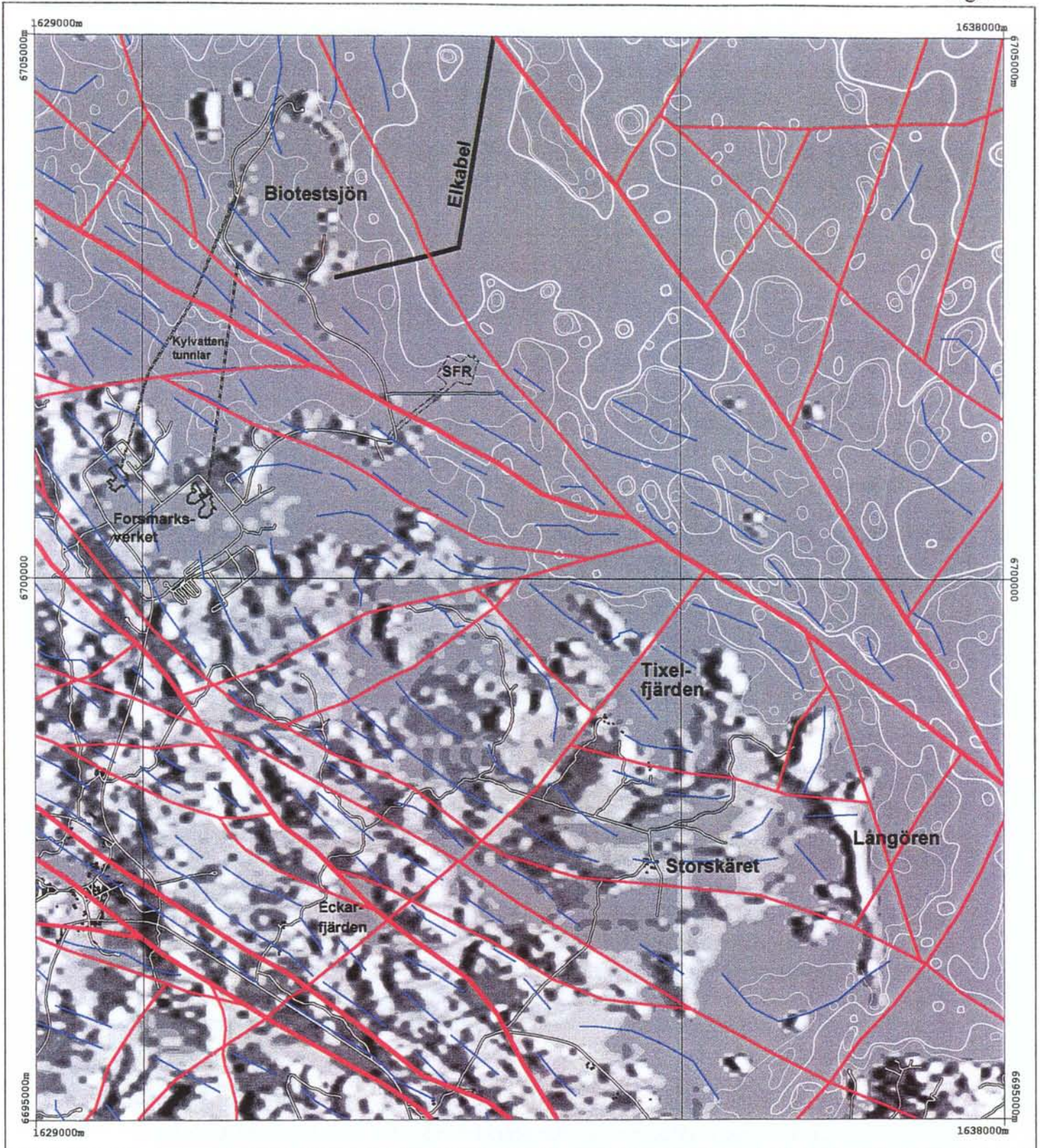
De bergartsbildande processerna i regionen har skett huvudsakligen under två tidsperioder: Under tiden för ca 1900-1880 miljoner år sedan bildades sedimentära och vulkaniska ytbergarter. Dessa intruderades under samma tidsperiod av djupbergarterna gabbro, diorit, och granitoider (tonalit, granodiorit och granit; gnejsgranitoider i Figur 1). Alla dessa bergarter intruderades av basiska gångar. Under tiden för ca 1850-1780 miljoner år sedan skedde huvuddelen av den plastiska deformationen, dvs bildning av mer eller mindre stark foliation, lineation, samt veckning av berggrunden. I zoner där den plastiska deformationen var särskilt stark bildades plastiska skjuvzoner. Samtidigt med den plastiska deformationen skedde omvandling av bergarterna och vissa började smälta. Dessa smältor stelnade i form av yngre granit och pegmatit. I samband med att berggrunden avsvalnade, men även långt senare, skedde uppsprickning, dvs spröd deformation. I smala zoner där den spröda deformationen var särskilt stark bildades sprickzoner eller förkastningar.

4. Forsmarksområdet

Forsmarksområdets geologi har tidigare beskrivits av Hansen (1989), Bergman m fl (1996), Bergman & Isaksson (1996) och den södra delen av området av Stålhös (1989a, 1991). Figur 4 är ett utsnitt ur den sammanställning som gjordes av Bergman m fl (1996) över Östhammars kommun med omgivningar. Till den berggrundsgeologiska bilden har dessutom lagts plastiska skjuvzoner från samma studie, sprickzoner som nytolkats i föreliggande studie samt några uthålliga, s.k. belagda zoner i området nära Forsmarks kärnkraftverk och SFR enligt modellen i Axelsson & Hansen (1998). Det bör också tilläggas att i Figur 4 har även bergarternas utbredning inom de havstäckta delarna visats. Denna information är huvudsakligen hämtad från Hansen (1989).

Med utgångspunkt från resultaten i Bergman m fl (1996), Bergman & Isaksson (1996) och resultat från den nu aktuella fältkontrollen har området indelats i fyra delområden (A-D). I Figur 5 visas utbredningen av dessa delområden samt de lokaler som besökts under fältkontrollen. Delområdena skiljer sig med avseende på bergartsinnehåll, homogenitet samt deformationsstil och beskrivs närmare nedan. Gränserna mellan delområdena är inte skarpa utan skall betraktas som övergångszoner med i vissa fall flera hundra meters bredd. Som framgår av Figur 5 är delområdena endast definierade i den zon där fältkontroll företagits.

Figur 3

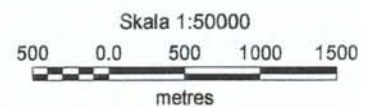


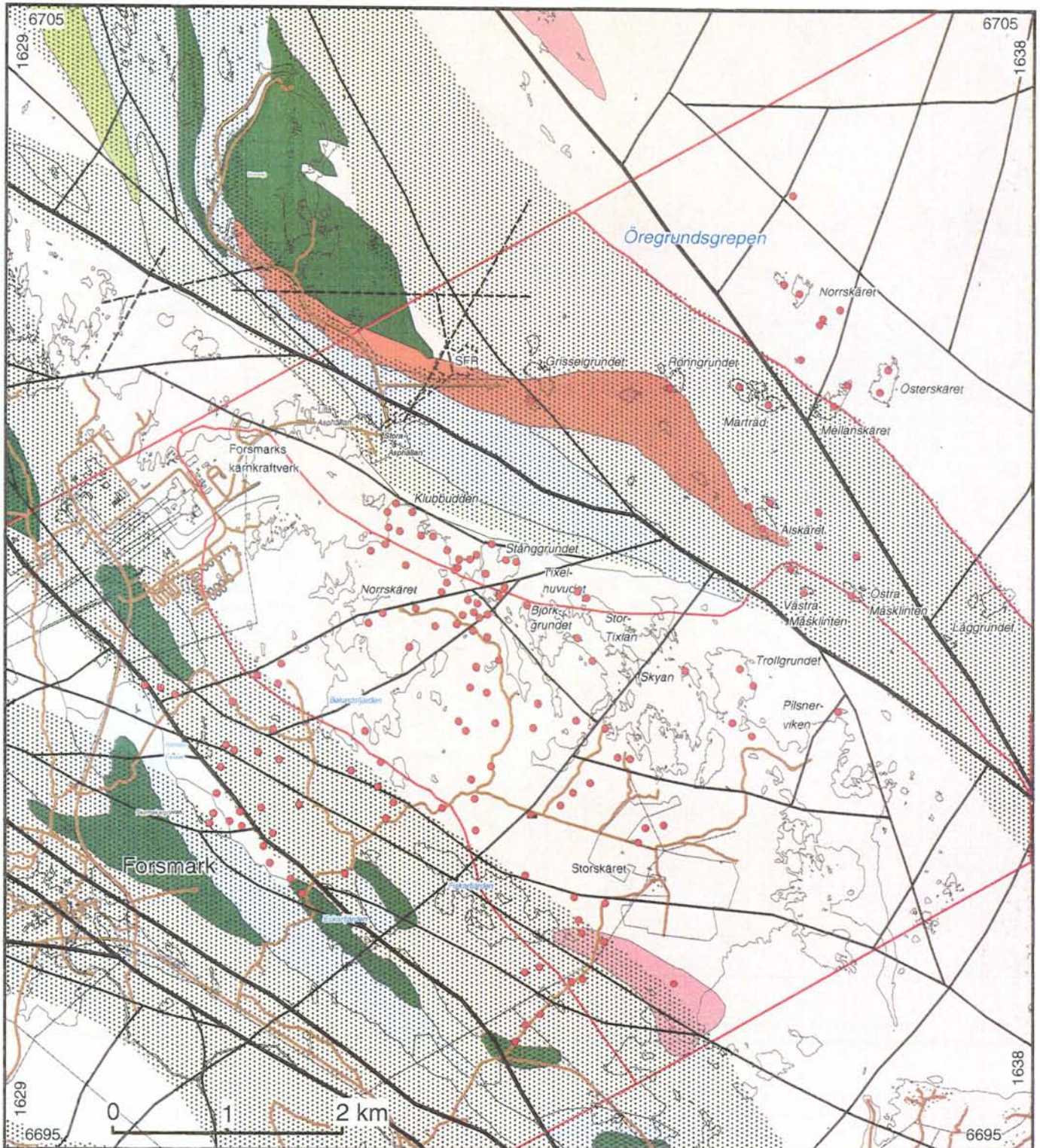
**Förstudie
Östhammar**

**Forsmarksområdet
Geofysisk strukturtolkning,
presenterad på höjdreliëf**

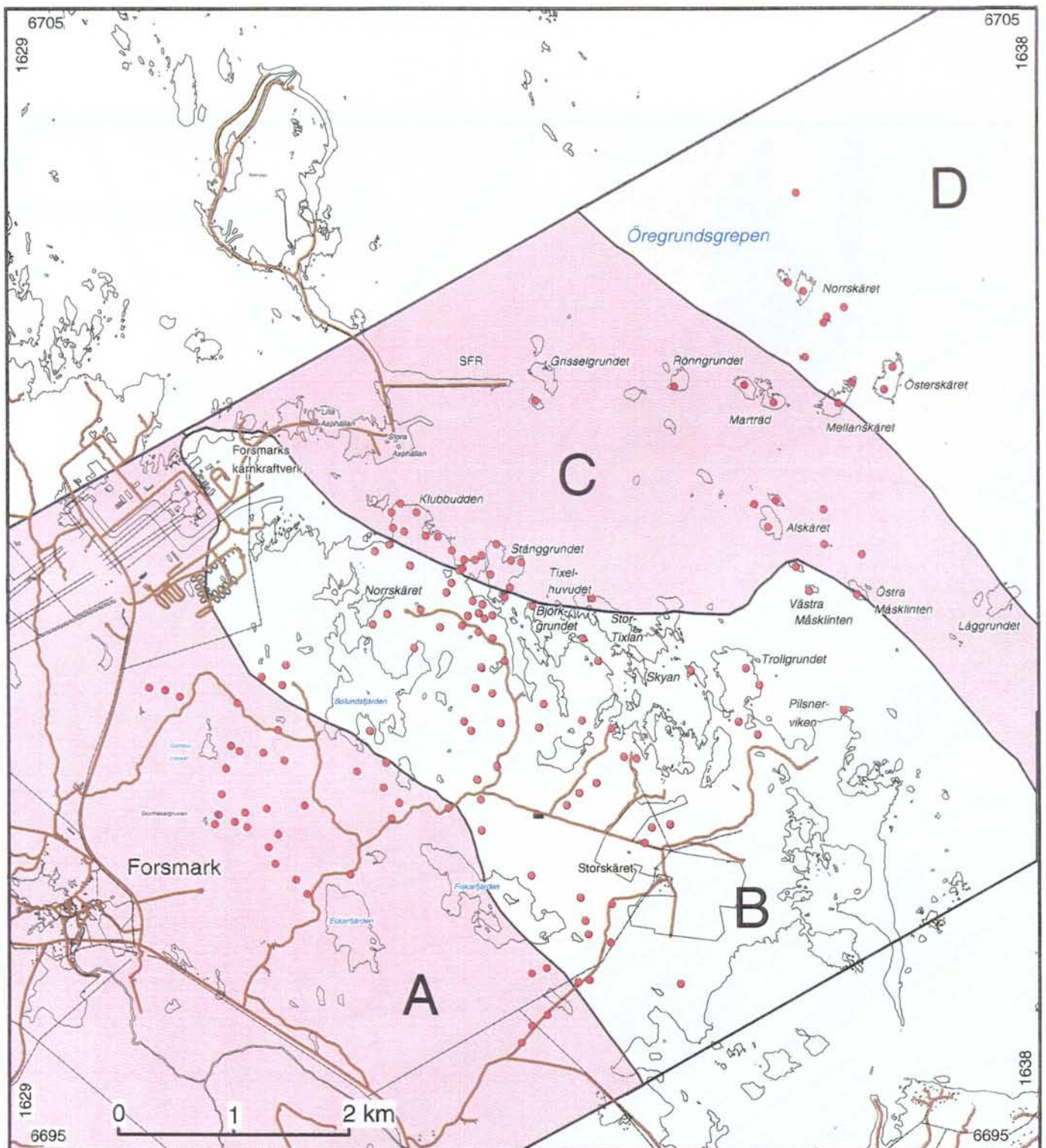
LEGEND

-  Magnetiska konnektioner
-  Tolkade sprickzoner
-  Tolkade sprickzoner, regionalt uthålliga





Figur 4. Berggrundskarta över Forsmarksområdet. Kartan är ett utsnitt ur Figur 1 (för teckenförklaring se denna figur). Bergarternas utbredning inom de havstäckta delarna som visas här är huvudsakligen hämtad från Hansen (1989). Plastiska skjuvzoner (svart prickraster) har hämtats från Bergman m fl (1996) och sprickzoner (svarta linjer) från Figur 3. Tjocka svarta linjer indikerar regionala zoner och tunnare svarta linjer zoner är av mer lokal karaktär. Streckade svarta linjer visar s.k. belagda sprickzoner enligt Axelsson & Hansen (1998). Röda linjer är begränsningslinjer för delområden beskrivna i föreliggande rapport. Röda prickor markerar platser där fältkontroll har genomförts.



Figur 5. Karta över Forsmarksområdet med delområdena A-D som beskrivs i texten. Röda prickar markerar platser där fältkontroll genomförts.

4.1 Delområde A

Området karakteriseras av stora bergartsvariationer och stråkvis betydande plastisk deformation av berggrunden. Huvuddelen av fältarbetet inom delområde A koncentrerades till gränsområdet mot delområde B (se Figur 5) för att mer i detalj kunna definiera gränsen mellan de båda.

Dominerande bergarter inom delområdet är folierade metagranitoider (granit, granodiorit och tonalit), se Figur 6a, b och c, men även metadiorit och metagabbro förekommer. Prefixet "meta" innebär att bergarterna genomgått omvandling (metamorfos). Metagranitoiderna är vanligtvis relativt homogena, lokalt förekommer dock amfibolitgångar och gångar av finkornig granit och pegmatit. I delområdets centrala del uppträder också ytbergarter, huvudsakligen grå, finkorniga, metasedimentära bergarter men även sura kvarts- och fältspatdominerade metavulkaniska bergarter. I äldre tider har mindre magnetit- och sulfidmalmer brutits på ett flertal ställen i dessa bergarter.

Geofysiskt karakteriseras delområdet av täta magnetiska band med måttlig till hög magnetisering. Banden ligger orienterade i nordvästlig riktning och ger intryck av att vara styrda av den plastiska deformationen i området. I den centrala delen av delområdet ses en väl definierad lågmagnetisk zon (mörkt blå i Figur 2). Denna zon sammanfaller också väl med ett topografiskt lineament och tolkas som en regional uthållig sprickzon, se Figur 3. Den ligger också mycket nära en av de "regionala sprickzoner" som indikerades av Hagconsult AB (1980). Vad gäller naturlig gammastrålning inom delområde A, förekommer en allmän förhöjning av uranhalten.

Strukturellt karakteriseras större delen av delområde A av en kraftig nordvästlig foliation och en lineation som stupar medelbrant mot sydost. Foliationen avtar successivt i intensitet mot nordost inom ett ca 200-300 meters intervall mot delområde B. I övergångszonen dominerar folierad röd metagranit, se Figur 6c.

Sprickfrekvensen i observerade hållar är vanligtvis låg inom större delen av delområde A med ca 1-2 sprickor/meter. I enstaka hållar med kraftigt folierad metagranit har dock en ökning till 2-5 sprickor/meter noterats. Nordvästliga och nordostliga sprickriktningar dominerar. Ultramylonit och kvartsläkt breccia har noterats i ett par hållar i dalgången mellan Eckarfjärden och Gällsboträsket sydväst om Bolundsfjärden, se Figur 6d och e. På vissa ställen är berggrunden också starkt rödpigmenterad. Dessa observationer sammanfaller väl med den väl definierade lågmagnetiska zonen som kan ses på den magnetiska anomalikartan

Större delen av delområde A sammanfaller med ett område tolkat som en plastisk skjuvzon av Bergman m fl (1996). Den tidigare tolkningen har alltså verifierats genom denna fältkontroll. Den tidigare tolkade utbredningen av plastisk deformation har dock efter fältbesök minskats något i den östra delen av delområde A, se Figur 4. Fältarbetet har också bekräftat att en regionalt sett betydelsefull sprickzon förekommer i dalgången mellan Eckarfjärden och Gällsboträsket.



Figur 6. Typiska bergarter från delområde A. Större delen av delområdet är påverkat av kraftig plastisk deformation.

a) Kraftigt folierad, skjuvad och stänglig metatonalit (ca 1 km SV om Forsmarksverkets reaktor 1, RAK 670005/163002)



b) Starkt folierad metatonalit med band av sur metavulkanit och amfibolit (ca 1 km väster om Bolundsfjärden, RAK 669893/163099)



Figur 6 (forts.) Typiska bergarter från delområde A.

c) Tydligt folierad, homogen röd metagranit i övergångszonen mellan delområde A och B (ca 1 km söder om Bolundsfjärden, RAK 669805/163248)



d) Banded ultramylonit, ursprungligen granit och pegmatit (ca 1,5 km nordost om Forsmarks k:a, RAK 669801/163103)



e) Uppsprucken, rödpigmenterad, breccierad och kvartsläkt, mylonitiserad granit (ca 1,5 km nordost om Forsmarks k:a, RAK 669801/163103)

4.2 Delområde B

Gränsen för delområde B har definierats efter fältkontrollen och innefattar Forsmarksområdets minst komplicerade och minst plastiskt deformerade berggrund. Delområdet utgör en tektonisk lins, dvs ett jämförelsevis välbevarat linsformat område omgivet av kraftigt plastiskt deformerade bergarter. Fältkontroll har företagits på ca 70 hållar inom delområdet, se Figur 5.

Större delen av delområdet utgörs av svagt folierad och stänglig, röd till gråröd metagranit. I delområdets centrala del, omkring Bolundsfjärden är metagraniten vanligtvis homogen och huvudsakligen medel- till grovkornig, se Figur 7a. Metagraniten är relativt högmagnetisk och ger susceptibilitetsvärden mellan 200-400, lokalt mer. Underordnat förekommer i detta område också inslag av pegmatit, amfibolit, se Figur 7b, och i något fall förekommer även inneslutningar av finkornig felsisk metavulkanit i metagraniten. Området nordost om gården Storskäret, i delområdets sydöstra del, domineras huvudsakligen av röd metagranit, men är till skillnad från den centrala delen kornstorleksmässigt mindre homogen och varierar från finkornig till grovkornig (pegmatitisk) inom varje håll. Denna bergartstyp fortsätter vidare norrut ut på Trollgrundet. I området norr om gården Storskäret och vidare upp mot kusten vid Björkgrundet, uppträder ett större område av grå, medelkornig metagranodiorit-metatonalit av samma typ som inom delområde A. Bergarten är tydligt stänglig och svagt folierad, se Figur 7c. Susceptibiliteten är vanligtvis låg och bergartens utbredning kan ses som ett lågt magnetiserat område i Figur 2.

På Trollgrundets östra sida och vid Pilsnerviken finns hållar av yngre granit, se Figur 7d. Möjligen utgör dessa hållar randzonen av ett större granitområde åt norr mot öarna Östra och Västra Måsklinten. Förekomsten av denna granittyp var inte känd tidigare i detta område. Graniten är medelkornig, grå, glest porfyrisk, homogen och vanligen massformig eller svagt folierad. Susceptibiliteten har uppmätts till 0-15, men geofysisk framträder dock inget större område med så låg magnetisering. Yngre granit förekommer också i ett större område i den sydvästligaste delen av delområde B. Blottningsgraden är dålig i detta område varför tolkningen av granitens utbredning bör betraktas som mindre säker. Pegmatit som klippande gångar förekommer tämligen rikligt i hela området, se Figur 7e.

Magnetiseringen av berggrunden i delområdet är låg till måttlig. I den nordvästra delen finns en zonerings i form av ett bandat mönster som till viss del även indikerar veckning med Z-asymmetri, se Figur 2. Variationerna i magnetisering återspeglar möjligen primära magnetiska variationer i magnetithalt i den röda, homogena metagraniten. I sydost är magnetiseringen mer oregelbunden. Ändringen av det magnetiska mönstret sammanfaller i huvudsak med en tolkad nordostlig sprickzon mellan Eckarfjärden och Tixelfjärden, se Figur 3, och kan representera olika erosionssnitt i berggrunden. De flyggeofysiska data i delområdet kommer dock från två olika mätningar med olika flygriktningar, se Figur 2. Mer detaljerade geofysiska mätningar krävs för att mer ingående kunna beskriva linsens tektoniska uppbyggnad. Delområde B karakteriseras vidare av låga uranhalter. En förhöjning av kaliumhalten (och i viss mån torium) förekommer på och runt odlingsmarken vid Storskäret samt på uddarna i öster.



Figur 7. Typiska bergarter från delområde B. Delområdet utgör det berggrundsmässigt minst komplicerade delområdet och domineras av svagt folierad och stänglig, röd till gråröd metagranit.

a) Homogen, svagt folierad och stänglig, röd metagranit (ca 500 m nordost om Bolundsfjärden, RAK 669975/163260)



b) Röd metagranit med amfibolitgång (ca 300 m nordost om Bolundsfjärden, RAK 669970/163231)



c) Tydligt stänglig och svagt folierad metatonalit (ca 1 km nordväst om Storskäret, RAK 669818/163405)



Figur 7 (forts.) Typiska bergarter från delområde B.

d) Massformig, fin- till medelkornig yngre granit med inneslutning av tydligt folierad metagranit (Skyan, RAK 669921/163496)



e) Amfibolitgång (1) i kontakten mellan metagranit (2) och yngre granit (3). Dessa bergarter har i sin tur intruderats av gångar av pegmatit (4) och röd yngre granit (5) (Skyan, RAK 669921/163496)

Foliationsriktningen inom delområde B är i den södra delen ungefär östlig och övergår i mer nordlig riktning i delområdets norra del. Vid gränserna till delområdena A och C är foliationen starkare utbildad och roterar in i nordvästlig riktning. Lineationen är konstant flackt stupande åt sydsydost.

Sprickfrekvensen är vanligtvis låg i observerade hållar (mindre än 1 spricka/meter), både i den medel- till grovkorniga metagraniten i området kring Bolundsfjärden, och i den inhomogena metagraniten nordost om Storskäret. Dominerande sprickriktningar är nordnordost till nordost och väst till västnordväst. Tolkade sprickzoner med liknande riktning kan också ses i Figur 3. Ett flertal större sprickzoner har i tidigare studier indikerats i området kring Bolundsfjärden, se t ex Hagconsult AB (1980) och Carlsson & Christiansson (1987) samt en sammanställning av dessa arbeten i Bergman & Isaksson (1996). Vid den företagna fältkontrollen i delområdet har dock förekomsten av alla dessa tolkade sprickzoner inte kunnat verifieras, vilket delvis kan förklaras av att blottningsgraden inom de områden där sprickzoner indikerats är mycket låg. Detta är ett generellt problem och detaljerad dokumentation av sprickzoner bör därför göras med hjälp av exempelvis geofysiska markmätningar. De regionala sprickzoner som tolkats fram i detta arbete, se Figur 3, har i huvudsak baserats på flygmagnetiska och topografiska data och ger intryck av en betydligt lägre frekvens av större sprickzoner i området jämfört med tidigare studier (Hagconsult AB 1980, Carlsson & Christiansson 1987). Data från flygburen VLF-mätning (se ordlista) indikerar större områden med hög resistivitet inom linsen. Informationen är dock begränsad i områden med fjärdar och våtmarker samt över havet, där en skärmning av data sker.

Delområde B motsvarar i stort sett det linsformade område som av Bergman m fl (1996) definierades som potentiellt gynnsamt för en lokalisering av ett djupförvar för använt kärnbränsle. Jämfört med tidigare tolkning har följande förändringar skett efter fältkontroll, se Figur 4:

1. Området har utökats i linsens sydöstra del, både mot nordost och sydväst.
2. Området har minskats vid linsens nordvästra spets (inklusive Forsmarksverkets industriområde), eftersom berggrunden är mer komplicerad där (se nedan). Vidare har området minskats vid den centrala delen av linsens nordöstra begränsning.
3. Antalet tolkade sprickzoner är färre än i tidigare arbeten.

4.3 Delområde C

Delområde C karakteriseras av stora bergartsvariationer och inhomogen berggrund. Delområdets centrala del, öarna omkring Alskäret och vidare åt nordväst upp mot Grisselgrundet, utgörs till största delen av metasedimentär ådergnejs (susceptibilitet 0-15) och pegmatit (susceptibilitet 0-60), se Figur 8a. Pegmatit förekommer både som klippande gångar och som ådror i gnejsen. Gångar och mindre områden av medelkornig yngre granit (susceptibilitet 0-700) av samma typ som inom delområde B förekommer också. Den nordöstra delen av delområdet (öarna Marträdd och södra delen av Mellanskäret) utgörs huvudsakligen av röd, gnejsig metagranit (susceptibilitet 0-1500), en diffust bandad finkornig röd granitisk bergart, se Figur 8b, samt amfibolit och mindre områden av medelkornig yngre granit och pegmatit. Tunna, utdragna och veckade rester av amfibolit är vanligt förekommande över hela delområde C, se Figur 8c.



Figur 8. Typiska bergarter från delområde C. Delområdet karakteriseras av stora bergartsvariationer, inhomogen berggrund och delvis kraftig plastisk deformation.

a) Metasedimentär ådergnejs (ö strax söder om Grisselgrundet, RAK 670157/163361)



b) Finkornig, röd, granitisk bergart (Marträäd, RAK 670152/163562)



c) Starkt folierad och rekristalliserad, röd, granitisk bergart med utdragna amfibolitgångar (Stånggrundet, Forsmarksverkets reaktorer i bakgrunden, RAK 669990/163402)



Figur 8 (forts.) Typiska bergarter från delområde C.

d) Kraftigt uppsprucken finkornig granitisk bergart (Klubbudden, RAK 673326/163326)



e) Kraftigt plastiskt deformerad metatonalit med utdragna amfibolitinneslutningar (ö strax nordost om Alskäret, RAK670069/163571)



f) Veckad metasedimentär ådergnejs (Röngrund, RAK 670169/163482)

Den finkorniga röda granitiska bergarten på Marträäd förekommer också i den sydvästra delen av delområdet, bl a på Stånggrundet och Klubbudden, se Figur 8c och d, och definierar där gränsen mot delområde B, se Figur 5. Bergarten noterades redan av Bergman & Isaksson (1996) och tolkades då som en sur vulkanisk bergart. Den fortsätter från Klubbudden vidare åt nordväst och böjer runt mot sydväst i området strax nordost om reaktor 1 och 2, se Figur 2 i Bergman & Isaksson (1996). Bergarten har låg magnetisk susceptibilitet (ca 10-20), vilket gör att dess utbredning i förhållande till den mer magnetiska, röda metagraniten tydligt går att följa på den magnetiska anomalikartan, se Figur 2.

Geofysiskt karakteriseras delområdet av ett bandat anomalimönster, något glesare än delområde A. Den dominerande företeelsen utgörs av den sk Singöförkastningen, en distinkt lågmagnetisk zon mellan fastlandet och öarna. Tyvärr störs den nya flygmagnetiska mätningen kraftigt av en elektrisk kabel i vattnet kring SFR, vilket gör detta område svårtolkat. Förhöjda uranhalter förekommer vid enstaka lokaler i strandzonen och på några av öarna.

Strukturellt karakteriseras delområde C av i huvudsak nordvästligt orienterad foliation och många bergartskontakter har samma riktning. Foliationens intensitet varierar dock avsevärt. Tiotals meter breda plastiska skjuvzoner finns på Alskäret och den mindre ön nordost därom, se Figur 8e, samt på sydvästra delen av Marträäd. En flera hundra meter bred plastisk skjuvzon utgör gränsen mellan delområdena B och C. Goda blottningar av denna finns, som ovan nämnts, på Stånggrundet och Klubbudden, se Figur 8c. Stark veckning präglar vissa områden, i synnerhet på Rönnggrund, där centimeter- till tiotals meter stora, öppna till täta veck är vanliga, se Figur 8f. I de plastiska skjuvzonerna är vecken täta till isoklinala. Veckaxlar och minerallineationer har flack till medelbrant stupning mot sydost. Vissa zoner i delområdet karakteriseras av att lineationen är betydligt starkare utvecklad än foliationen (t ex Marträäd och kobben nordost om Alskäret). Yngre graniter och pegmatiter är svagt folierade eller massformiga men smalare gångar av dessa har i många fall roterat in i nordvästlig riktning. Vissa tiotals meter breda gångar av yngre granit har en nordostlig riktning och uppvisar svag foliation i samma riktning. Denna foliationsriktning dominerar i delområde D.

Sprickfrekvensen i observerade hällar är normalt 1-2 sprickor/meter i delområde C, men högre i enstaka sprickzoner upp till någon meters bredd. Sprickriktningarna är varierande i delområdet. I området Klubbudden-Stånggrundet-Tixelhuvudet finns en markant förhöjd sprickfrekvens, 2-5 sprickor/meter, lokalt betydligt mer, se Figur 8d. Sprickriktningarna i detta område är huvudsakligen västnordvästliga och nordostliga. De flesta observerade sprickorna är branta. Området utgörs av en plastisk deformationszon och den finkorniga granitiska bergarten dominerar. Tolkningen av utbredningen av sprickzonen vid Klubbudden, se Figur 3, är något osäker då den är dock parallell med den magnetiska bandningen och därmed svår att urskilja. En hög magnetisk anomali i dess förlängning i vattnet mellan Klubbhuvudet och Stora Asphällan, se Figur 2, har ännu ingen förklaring. Vid Klubbudden finns även flacka sprickor som stupar mot norr. En större flack sprickzon har konstaterats genom borrhningar under SFR-anläggningen (zon H2 i Axelsson & Hansen 1998). Det är inte känt om denna sprickzon fortsätter söderut mot gränsen till delområde B.

Gränsen mellan delområde C och D sammanfaller väl med den nordöstra begränsningen av en plastisk skjuvzon tolkad av Bergman m fl (1996).

4.4 Delområde D

Berggrunden inom delområde D karakteriseras, liksom delområde A och C av inhomogen berggrund. Blottningsgraden inom delområdet är mycket begränsad och i den nordöstra och norra delen utgör några få kobbar med pegmatit det enda blottade berget.

Norrskäret och norra delen av Österskäret på gränsen mot delområde C, domineras av migmatitisk ådergnejs (susceptibilitet 0-20) samt gångar av yngre granit och pegmatit, se Figur 9a. Amfibolit förekommer också tämligen frekvent över hela delområdet, se Figur 9b. Migmatitgnejsen utgörs av både glimmerrika delar såväl som av kvarts- och fältspatdominerade. Den glimmerrikare gnejsen bedöms utgöra omvandlade sedimentära bildningar och den kvarts- och fältspatdominerade har förmodligen sitt ursprung både i vulkaniter och granit. Figur 9c är ett exempel på metasedimentär migmatit från Norrskäret. I söder, på Mellanskäret och södra delen av Österskäret, dominerar relativt välbevarad, gnejsig metagranit (susceptibilitet 10-1500), se Figur 9d. Metagraniten klipps på flera ställen av fintill medelkornig, massformig yngre granit, se Figur 9e. Yngre granit förekommer i den centrala delen av Mellanskäret (susceptibilitet 100-1500).

Området karakteriseras geofysiskt av en oregelbunden, låg till måttlig magnetisering med lågmagnetiska zoner, tolkade som lokala sprickzoner, i nordnordostlig och nordvästlig riktning. Liksom i delområde C störs den flygmagnetiska mätningen av en elektrisk kabel i havet från SFR och mot nordnordost.

Strukturellt karakteriseras delområde D av en nordostlig foliation, med lokala avvikelser. Ett flertal gångar av yngre granit har samma riktning. Lineationen stupar flackt till medelbrant mot sydost, i likhet med övriga delområden. Foliationens intensitet varierar från svag till stark. Några plastiska skjuvzoner har inte observerats i delområdet.

Observationer på öarna i delområde D tyder på att berggrunden är relativt sprickfattig. Sprickfrekvensen i observerade hållar överstiger endast i undantagsfall 2 sprickor/meter och är huvudsakligen nordostliga och nordvästliga med brant stupning.

4.5 Sammanfattning av Forsmarksområdet

Berggrunden i Forsmarksområdet har delats in i fyra delområden med olika karaktär vad gäller bergartsinnehåll, bergarternas homogenitet och deformationsgrad. Delområdena A och C karakteriseras av stora bergartsvariationer och stråkvis betydande plastisk deformation av berggrunden. Delområde B motsvarar i stort sett det linsformade område som tolkades av Bergman m fl (1996) som potentiellt gynnsamt för en lokalisering av ett djupförvar för använt kärnbränsle. Delområdet är jämförelsevis homogent och består huvudsakligen av olika varianter av röd metagranit. Delområde D har strukturella likheter med delområde B men utgörs av mer inhomogen berggrund. I de flesta observerade hållarna i Forsmarksområdet är sprickfrekvensen mindre än 2 sprickor/meter. Betydligt högre sprickfrekvens har observerats i området Klubbudden-Stånggrundet-Tixelhuvudet, samt på enstaka andra platser.



Figur 9. Typiska bergarter från delområde D. Delområdet karakteriseras, liksom delområde A och C, av inhomogen berggrund.

a) Migmatitisk ådergnejs och pegmatit (Norrskäret, RAK 670256/163590)

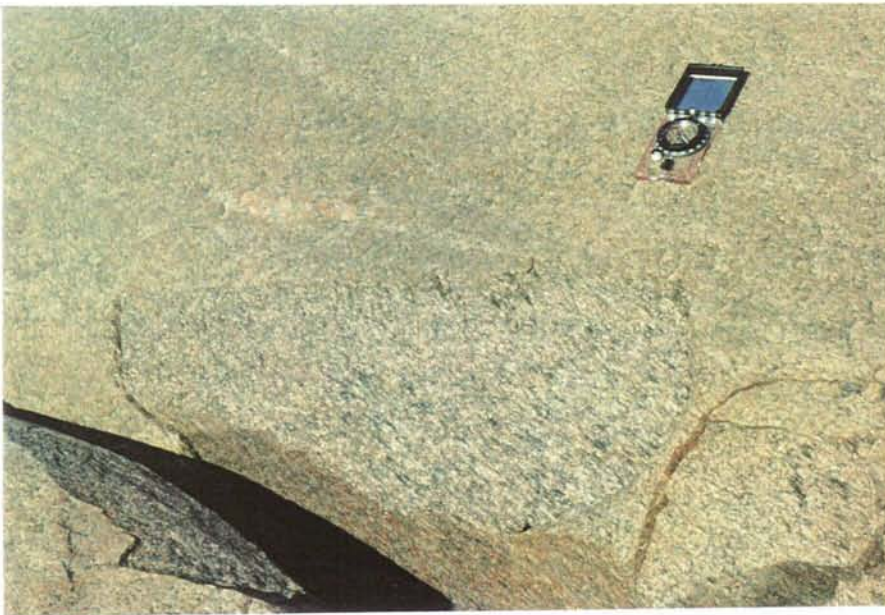


b) Veckad amfibolitgång i migmatitisk gnejs (Norrskäret, RAK 670260/163591)



Figur 9 (forts.) Typiska bergarter från delområde D.

c) Metasedimentär ådergnejs (skär SO om Norrskäret, RAK 670225/163613)



d) Stänglig metagranit (Österskäret, RAK 670160/163667)



e) Folierad metagranit, t.h., i kontakt med finkornig yngre granit, t.v. (Mellanskäret, RAK 670160/163617)

5. Hargshamnsområdet

Undersökningsområdet väster och sydväst om Hargshamn, se Figur 1, domineras enligt SGUs berggrundskarta av metagranitoider (gnejsgranitoider) med huvudsakligen granitisk sammansättning (Stålhös 1989b, 1991). Underordnat förekommer också i områdets centrala och västra del finkorniga, sura till intermediära metavulkaniska bergarter. Området är ett av de områden som på geologiska grunder definierades av Bergman m fl (1996) som potentiellt gynnsamt för vidare undersökningar för val av plats för ett djupförvar. Området utgör en tektonisk lins omgiven av områden med kraftigare plastiskt deformerade bergarter. Den östra delen av området (öster om väg 76) har dock undantagits för vidare undersökningar med anledning av särskilda markanvändningsintressen inom detta område, se Figur 5-14 i SKB (1997). Den mycket översiktliga fältkontroll som företagits inom ramen för detta arbete (ca 25 hållar) har huvudsakligen inriktats på de metagranitdominerade delarna väster om väg 76 och utefter två profiler, se Figur 10. Figuren är ett utsnitt ur den berggrundskarta som gjordes av Bergman m fl (1996). Till den berggrundsgeologiska bilden har dessutom lagts tolkade plastiska skjuvzoner och sprickzoner från samma studie.

5.1 Profil A

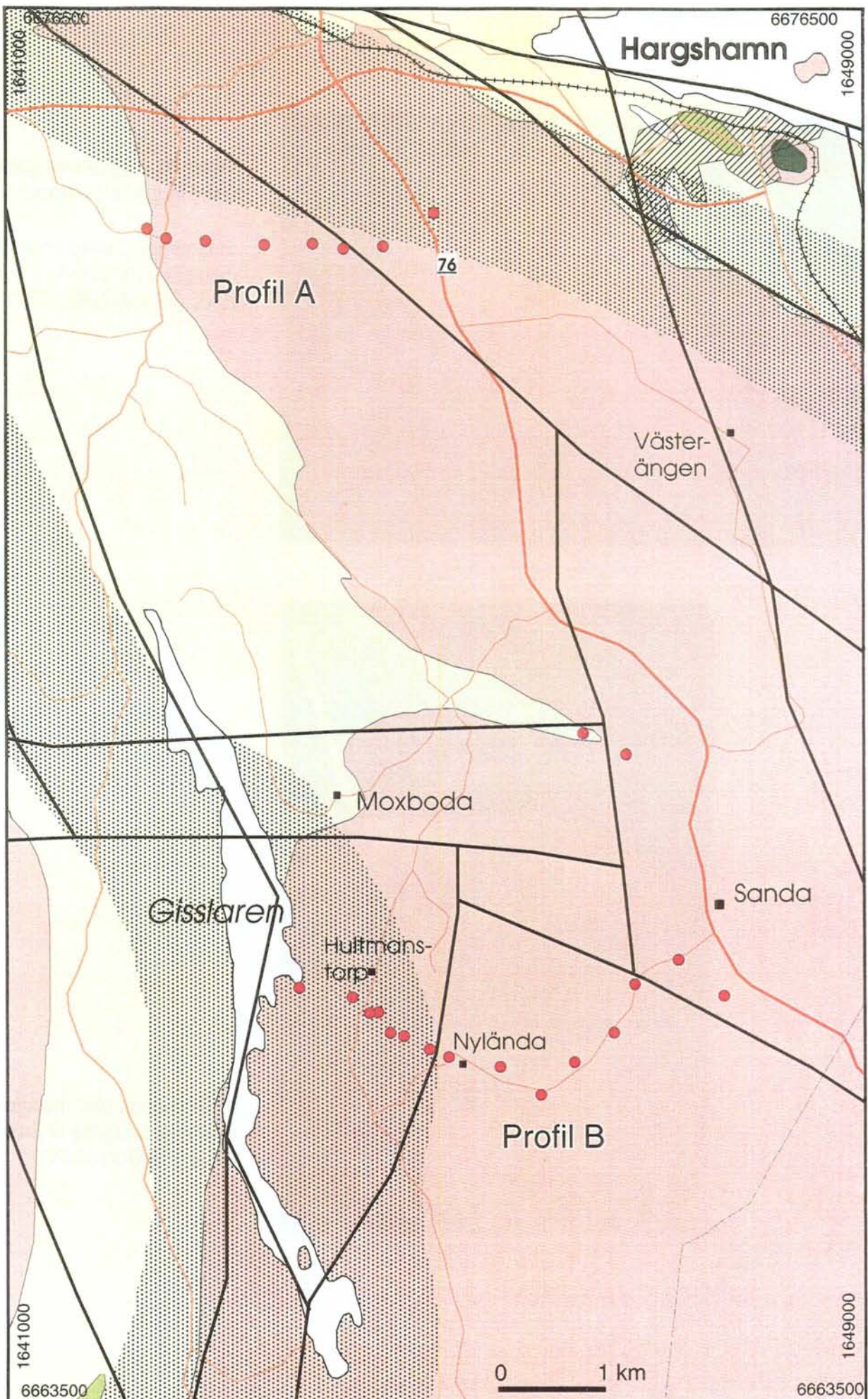
Profil A går mellan de två nord-sydliga vägarna i områdets norra del. Profilens östliga slutpunkt vid väg 76, ligger ca 3 km väster om Hargshamn. Berggrunden utgörs utefter hela profilens sträckning av homogen röd, medel- till grovkornig, massformig eller endast svagt folierad metagranit, se Figur 11a. Underordnat förekommer enstaka decimeterbredda aplitgångar. Metagraniten är generellt sett lågmagnetisk och ger vanligtvis susceptibilitetsvärden mindre än 100. På den flygmagnetiska mätningen, Figur 12, framträder ett större område med låg, homogen magnetisering. Den naturliga gammastrålningsnivån är normal i området kring profil A.

Där foliation har kunnat mätas är den ungefär ost-västlig och brant stupande, vanligtvis mot norr. Metagraniten bedöms som sprickfattig och vanligtvis är sprickfrekvensen mindre än 1 spricka/meter. Sprickfria block med flera meter mellan sprickorna förekommer också. Dominerande sprickriktningar är nordliga, östliga, nordnordostliga och nordnordvästliga. Sprickorna är vertikala eller brant stupande.

5.2 Profil B

Profil B går mellan sjön Gisslaren och väg 76 i områdets södra del, se Figur 10. Den västra delen av området har definierats som en "plastisk skjuvzon" i den kommunala översiktsstudien (Bergman m fl 1996).

Den västra delen av området domineras av homogen, röd, medel- till grovkornig metagranit med endast enstaka pegmatitiska inslag, se Figur 11b. Den magnetiska susceptibiliteten varierar mellan 50 och 1200, med ett uppskattat medianvärde på ca 600. I hållarna närmast sjön är metagraniten tydligt stänglig med en brant stupning åt sydsydväst och svagt folierad i riktning nordväst med brant sydvästlig stupning. I detta område är diskreta, 2-15 cm breda, plastiska skjuvzoner i riktning västnordväst tämligen vanliga. Sprickfrekvensen är i allmänhet låg med mindre än 1 spricka/meter.

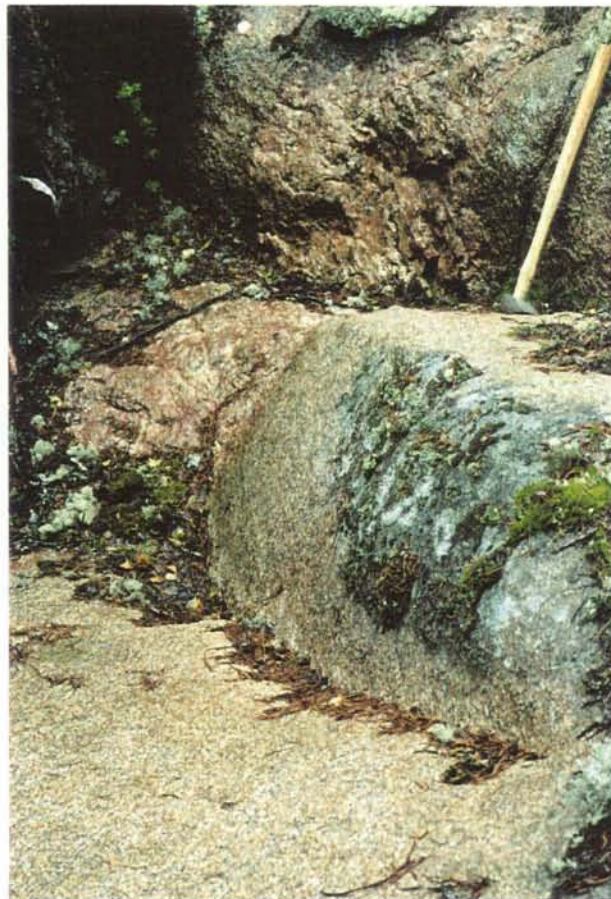


Figur 10. Berggrundskarta över Hargshamnsområdet. Kartan är ett utsnitt ur Figur 1 (för teckenförklaring se denna figur), med tillägg av plastiska skjuvzoner (svart prickraster) och sprickzoner (svarta linjer) från Bergman m fl (1996).

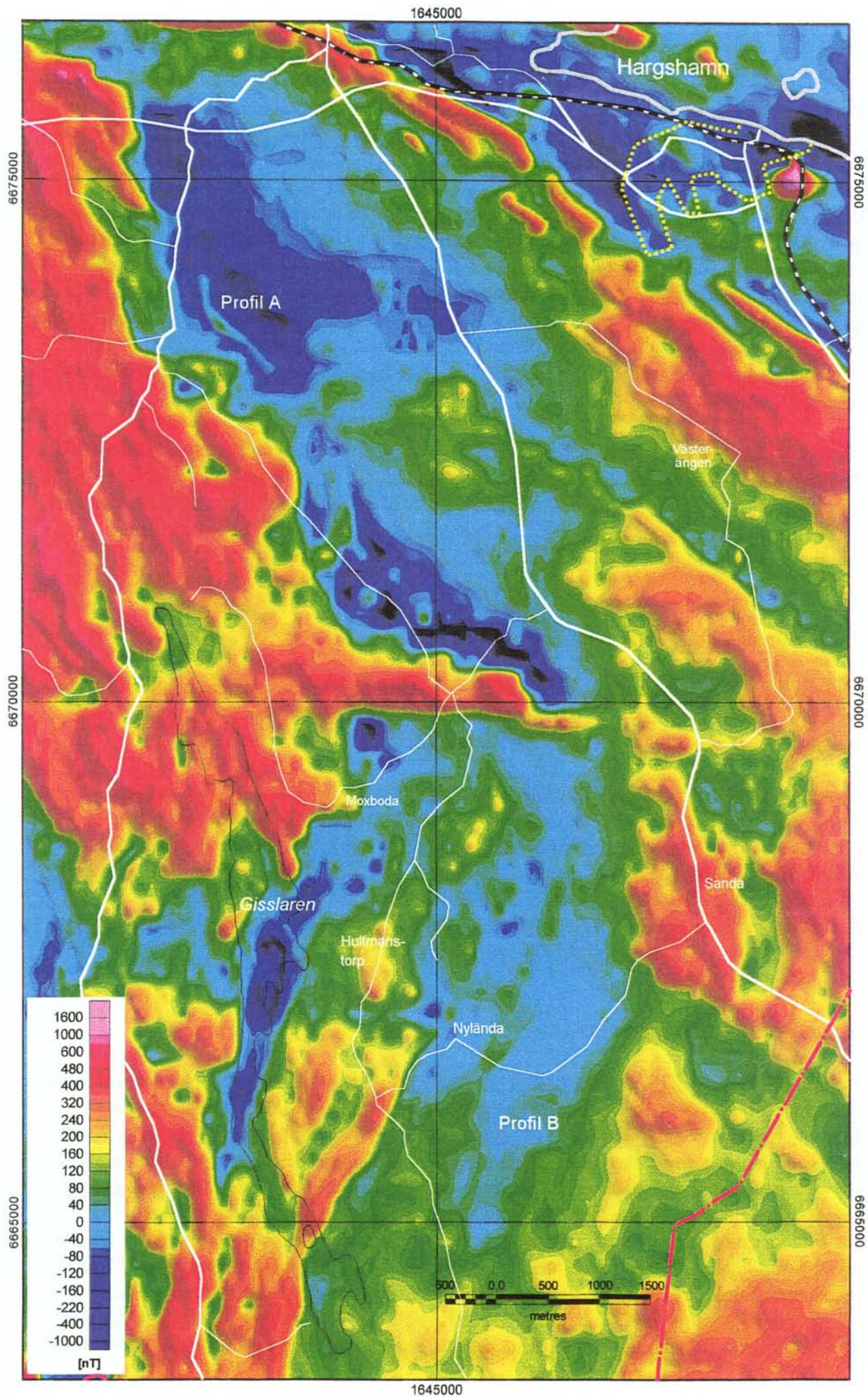


Figur 11. Typiska bergarter från Hargshamnsområdet.

a) Homogen, svagt folierad, metagranit (Profil A, RAK 667430/164340)



b) Homogen, röd, metagranit med pegmatitgång (Profil B, RAK 666690/164470)



Figur 12. Magnetisk anomalikarta över Hargshamnsområdet

Öster om Hultmanstorp ökar inslaget av pegmatit och lokalt dominerar en blandning av fin- till medelkornig yngre granit och pegmatit. Grovkornig, röd-gråröd metagranit förekommer också, men underordnat. Den magnetiska susceptibiliteten är ca 100. Det pegmatitiska inslaget avtar österut, och området mellan Nylända och Sanda vid väg 76 dominerar röd, medel- till grovkornig metagranit med enstaka inslag av pegmatit och aplit. Susceptibiliteten är ca 1000 i den östra delen. Metagraniten är i denna del vanligtvis svagt folierad och stänglig. Stängligheten är dock i allmänhet tydligare utbildad än foliationen. Den svaga foliationen är nära nordlig i den centrala delen och svänger succesivt åt nordväst mot öster. Stupningen är generellt brant. Stängligheten stupar i allmänhet medelbrant åt söder. Sprickfrekvensen är låg, vanligtvis mindre än 1 spricka/meter. Mer uthålliga sprickor förekommer huvudsakligen i riktning nordväst och nordnordost. Längst i öster har även subhorisontella sprickor noterats i metagraniten.

Variationerna i magnetisering längs profil B är även tydliga på den magnetiska anomalikartan, se Figur 12. Lokala variationer i hållskala förekommer och pegmatitiska partier och gångar är alltid lågmagnetiska och ger vanligtvis värden mellan 20-40. I enstaka smala skjuvzoner med synlig magnetit är susceptibiliteten lokalt förhöjd till ca 2000. Den naturliga gammastrålningsnivån kring profil B är förhållandevis hög.

5.3 Sammanfattning av Hargshamnsområdet

Metagraniten i den norra delen av området (profil A) framstår som mycket homogen och sprickfattig. Inneslutningar och gångbergarter förekommer i mycket liten omfattning eller saknas helt. Geofysiskt indikeras ett stort område med homogen magnetisering.

Området kring profil B är mer varierande vad det gäller homogenitet, och i vissa delar förekommer gångar och områden med pegmatit i relativt stor omfattning. I områden som markerats som plastiska skjuvzoner av Bergman m fl (1996) förekommer på vissa ställen smala skjuvzoner. I övrigt är berggrunden relativt svagt plastiskt deformerad. Berggrunden är i allmänhet relativt sprickfattig med mindre än 1 spricka/meter i observerad hållyta. Den naturliga gammastrålningsnivån är låg i den norra delen av området (kring profil A), medan den i den södra delen (kring profil B) är förhållandevis hög.

6. Slutsatser och rekommendationer

Delområde B i Forsmarksområdet bedöms vara fortsatt intressant för vidare undersökning för ett framtida djupförvar för använt kärnbränsle. Delområdet motsvarar i stort sett det linsformade område som definierades av Bergman m fl (1996) som potentiellt gynnsamt för en lokalisering av ett djupförvar. Jämfört med omgivande delområden är berggrunden homogen. De tidigare tolkade regionala sprickzonerna inom delområde B har inte kunnat beläggas vid den företagna fältkontrollen. Mer detaljerade geofysiska mätningar erfordras för att kontrollera dessa. Den nya tolkning som här redovisas indikerar en lägre frekvens än tidigare av större sprickzoner i delområde B. Det är inte känt om den flacka sprickzon (zon H2) som konstaterats under SFR-anläggningen fortsätter söderut mot delområde B. Delområde D är bergartsmässigt komplicerat med stora bergartsvariationer. Deformationsmässigt är det dock jämförelsevis mindre komplicerat och några plastiska deformationszoner har inte observerats

inom detta delområde. Delområdena A och C sammanfaller i sina huvuddrag med plastiska skjuvzoner tolkade av Bergman m fl (1996). Dessa delområden kännetecknas huvudsakligen av heterogen och starkt plastiskt deformerad berggrund och en ökad koncentration av plastiska skjuvzoner. Två större sprickzoner har kunnat beläggas i dessa delområden.

En fråga som är nödvändig att beakta vid framtida arbeten är den tredimensionella geometrin av delområde B. Det är inte möjligt att utifrån tillgänglig geologisk information säkert förutsäga hur djupt under markytan den homogena berggrunden i delområde B fortsätter. Dock är stänglighets- och veckaxelriktningarna nästan uteslutande flackt till medelbrant sydstupande i Forsmarksområdet, vilket talar för att den heterogena berggrunden kring Forsmarksverket kan fortsätta under delområde B:s nordvästra ände. Om så är fallet är den centrala och sydöstra delen av delområde B mest gynnsamma för vidare undersökning. Förekomsten av flacka sprickzoner kan inte uteslutas i något område.

Hargshamnsområdet bedöms också fortfarande vara intressant för vidare undersökning för ett framtida djupförvar. Området är arealmässigt större och har homogenare berggrund än något delområde vid Forsmark. Vad gäller sprickfrekvens och homogenitet kan metagraniten i Hargshamnsområdet jämföras med den som ovan beskrivits från delområde B i Forsmarksområdet. I Forsmarksområdet förekommer dock enstaka amfibolitgångar och inneslutningar av äldre berggrund vilket inte noterats i den norra delen av Hargshamnsområdet.

7. Referenser

Axelsson, C-L. & Hansen, L.M., 1998: Update of structural models at SFR nuclear waste repository, Forsmark, Sweden. SKB rapport R-98-05, 42 s.

Bergman, T. & Isaksson, H., 1996: Sammanställning av befintlig geoinformation vid Forsmarksverket. I: Bergman, T., Ekman, L., Isaksson, H., Larsson, H. & Leijon, B., 1996: Förstudie Östhammar- Samlingsrapport avseende bergtekniska erfarenheter i regionen, sammanställning av geoinformation vid Forsmarksverket och data från kärnborrhål KFO01 vid Forsmark. SKB PR D-96-025, 13 s.

Bergman, S., Isaksson, H., Johansson, R. (red.), Lindén, A., Persson, C. & Stephens, M., 1996: Förstudie Östhammar - Jordarter, bergarter och deformationszoner. SKB PR D-96-016, 81 s.

Carlsson, A. & Christiansson, R., 1987: Geology and tectonics at Forsmark, Sweden. SKB SFR 87-04, 91 s.

Hansen, L., 1989: Bedrock of the Forsmark area. Swedish State Power Board, Stockholm, 21 s.

Rapport Hagconsult AB, 1980: ALMA - slutförvar berg. Översiktlig geologisk-bergteknisk studie för alternativ lokalisering av berganläggning för slutlig förvaring av låg- och medelaktivt avfall, 34 s.

SKB, 1997: Förstudie Östhammar, preliminär slutrapport, 203 s.

Stålhös, G., 1989a: Berggrundskartan 12I Östhammar NO. Sveriges geologiska undersökning, Af 169.

Stålhös, G., 1989b: Berggrundskartan 12I Östhammar SO. Sveriges geologiska undersökning, Af 172.

Stålhös, G., 1991: Beskrivning till berggrundskartorna Östhammar NV, NO, SV, SO. Sveriges geologiska undersökning, Af 161, 166, 169, 172, 249 s.

Del 2: Geofysisk strukturtolkning över Öregrundsgrepen, havsområdet utanför Forsmark.

Sammanfattning

Syftet med detta arbete har varit att förbättra det geologiska underlaget genom en geofysisk strukturtolkning utifrån de nya data som nu täcker havet utanför Forsmark (Öregrundsgrepen), norra Gräsö samt delar av Bottenhavet omedelbart norr och öster om Gräsö. Ytterligare fältinsatser krävs för att kontrollera och utvärdera tolkningen.

Den mest dominerade strukturen i området är en ca 1 km bred zon, kallad Örskärzonen, som löper i riktning västnordväst genom Örskärssundet. Zonen är en väl markerad lågmagnetisk zon som vanligtvis också sammanfaller med stora vattendjup. Den finns på fastlandet vid Killskär (Enskärs killing), och har sin fortsättning genom byn Hållen i Tierps kommun och vidare ut i Gävlebukten. Örskärzonen är en del i ett större system av deformationszoner med en total bredd på ca 5 km, i vilket förekommer plastisk deformation samt troligen sprickzoner och förkastningar i samband med större vattendjup i de centrala delarna.

Området mellan Örskärzonen och Singö-skjuvzonen kännetecknas av ett homogent, oregelbundet magnetiskt mönster. Med nuvarande information ger detta område intrycket av att utgöra en stortektonisk lins, utbildad i ett större skjuvzonssystem.

Den dominerande riktningen på sprickzonerna är västnordväst, men riktningar i nordväst samt nordnordost är också vanligt förekommande. För hela det tolkade området är avståndet mellan större sprickzoner i allmänhet mellan 1 och 3 km.

Ett kort fältbesök på några få utvalda lokaler i området gav en uppfattning om karaktären av deformationen i området. Vid Örskärssundet på Gräsö och på fastlandet vid Killskär iaktogs en kraftig plastisk deformation. Vid Väster-Mörtarö på Gräsö noterades en kvartsläkt krossbreccia, vilket indikerar att de zoner som tolkats fram i de centrala delarna av Gräsö är av mer spröd natur. Trots det korta fältbesöket är intrycket att yngre granit inte dominerar i området på norra Gräsö, en iakttagelse som bör studeras närmare vid eventuella framtida arbeten i området.

1. Inledning

På uppdrag av Svensk kärnbränslehantering AB (SKB) har GeoVista AB i samarbete med Sveriges geologiska undersökning genomfört en geofysisk strukturtolkning över havsområdet utanför Forsmark, även kallat Öregrundsgrepen, samt angränsande landområden. Delar av området har i tidigare arbeten, på geologiska grunder utpekats som potentiellt gynnsamma för en eventuell lokalisering av ett djupförvar för använt kärnbränsle (Bergman m fl, 1996).

I det tidigare arbetet var underlaget i den nordöstra delen av kommunen bristfälligt, genom att flyggeofysiska data saknades. Under sommaren 1998 genomfördes därför en flyggeofysisk mätning i området av Sveriges geologiska undersökning. Syftet med föreliggande arbete har varit att förbättra det geologiska underlaget genom en geofysisk strukturtolkning utifrån de nya data som nu täcker havet utanför Forsmark, norra Gräsö samt delar av Bottenhavet norr och öster om Gräsö. För förklaringar och definitioner av geologiska termer som används i texten hänvisas till bifogade ordlista, se Bilaga A

2. Metodik

Mätningen utfördes under våren och sommaren 1998 på delar av kartbladen 13I samt 13J och de preliminära data som studerats är magnetiskt totalfält samt, i mindre omfattning, naturlig gammastrålning. Bearbetning och tolkning har genomförts med samma metodik som i tidigare förstudier. En färgkombination av magnetiskt anomalifält och gradient redovisas i Figur 1. Den nya flygmätningen har genomförts på högre flyghöjd, 60 m, jämfört med tidigare mätningar på 30 m. Detta ger en något mindre detaljrik avbildning av berggrundens magnetiska egenskaper (se vidare Figur 2).

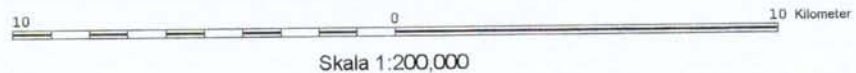
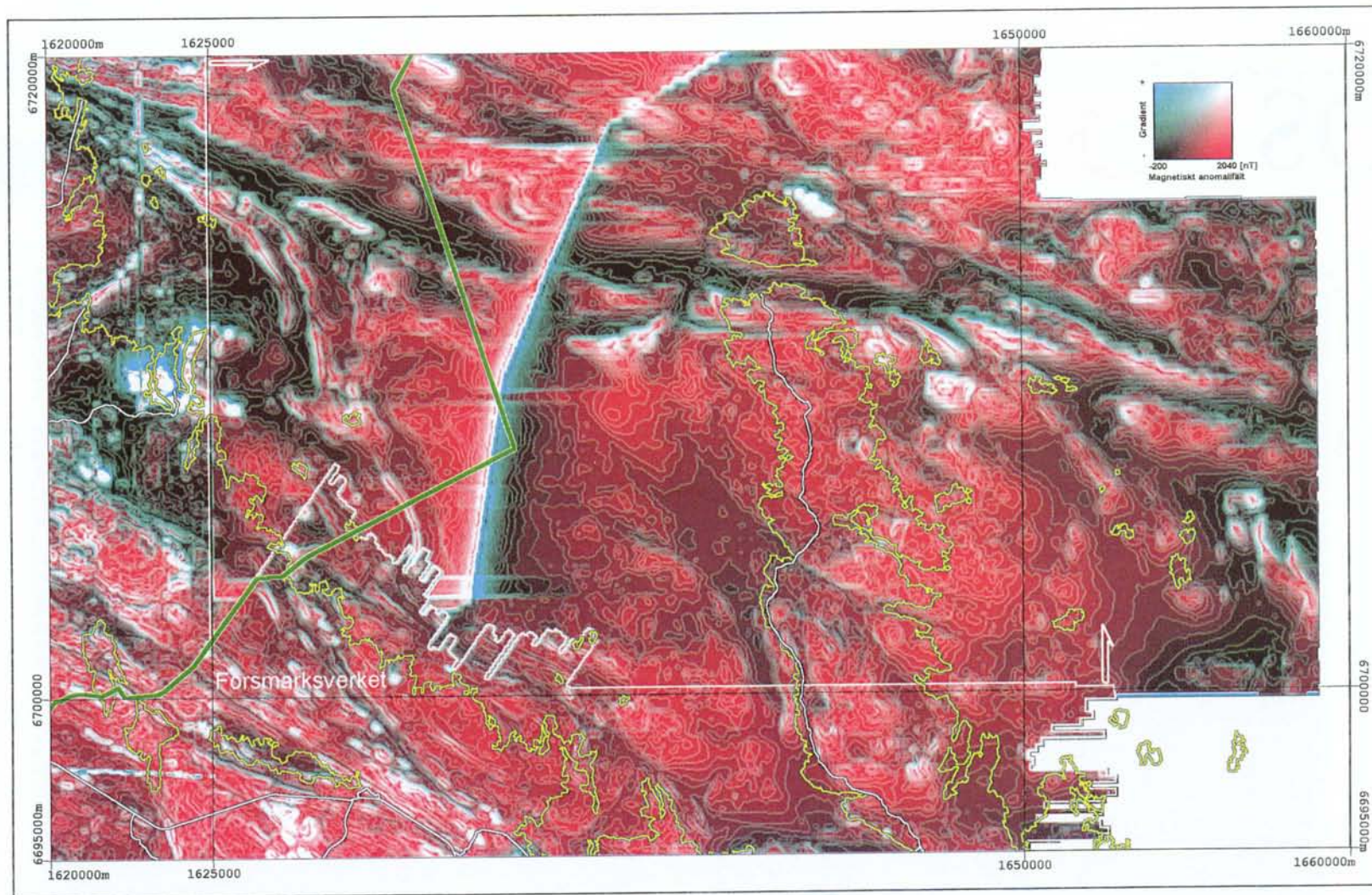
Tolkningsområdet har begränsats till den nordöstra delen av Östhammars kommun och den yta som ingick i tidigare projektområde (Bergman m fl 1996). I detta område fanns redan övrig information tillgänglig, som höjddata och geografiska data från Lantmäteriverket samt djupdata från sjökort från Sjöfartsverket. Tolkningen av sprickzoner baserar sig på en samanalys av magnetiska och topografiska data. Resultaten presenteras i Figur 2 med topografiska data som underlag.

För att få en uppfattning om karaktären av deformationen i området genomfördes ett kort fältbesök (en dag) på några få, strategiskt viktiga, lokaler i området.

3. Strukturtolkning Öregrundsgrepen

3.1 Geologisk bakgrund

Berggrunden på södra Gräsö kännetecknas av äldre metagranitoider, ofta med inslag av pegmatiter och brottstycken av andra bergarter (Stålhös 1989, Bergman m fl 1996). I en sammanställning av äldre kartmaterial (Persson & Stålhös 1991) har berggrunden på norra Gräsö och Örskår tolkats som dominerad av yngre granit. Forsmarksområdets geologi finns beskriven i Del 1 i föreliggande samlingsrapport.



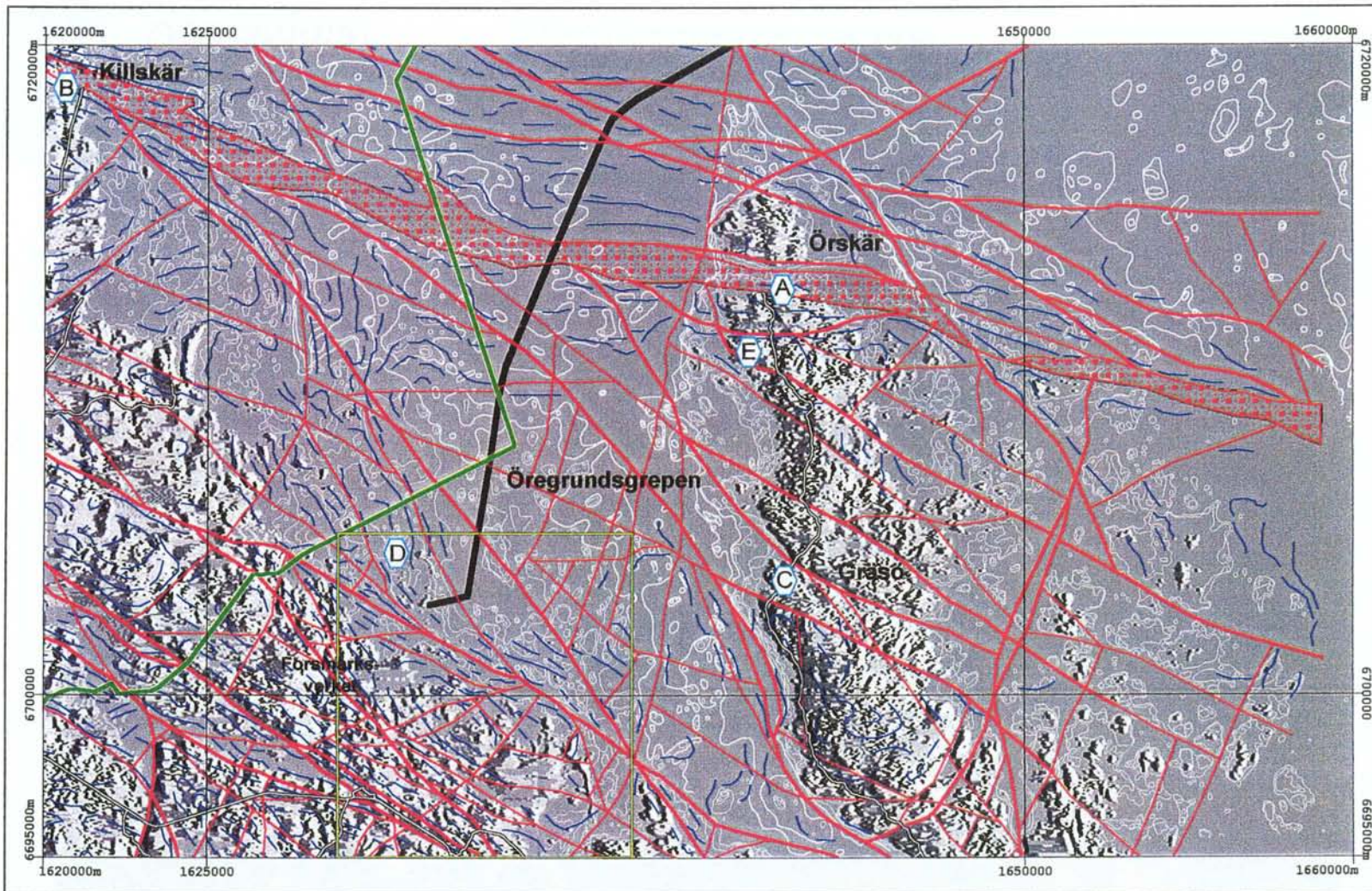
**Förstudie
Östhammar**

Öregrundsgrepen
Magnetiskt anomalifält och gradient
Ny flygmätning, nord och ost om den vita linjen (se pilar)



SGU
Sveriges Geologiska Undersökning

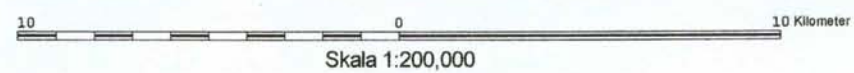
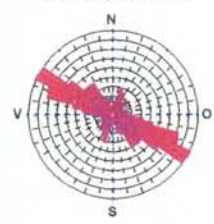
Figur 1



LEGEND

-  Elektrisk kabel
-  Magnetiska konnektioner
-  Tolkade sprickzoner
-  Tolkade sprickzoner, regionalt uthålliga
-  Örskärzonen
-  Forsmarksområdet, se del 1 i rapporten
-  Referenslokal

Rosdiagram för tolkade sprickzoner



**Förstudie
Östhammar**

**Öregrundsgrepen
Geofysisk strukturtolkning**
Hans Isaksson, GeoVista AB



SGU
Sveriges Geologiska Undersökning

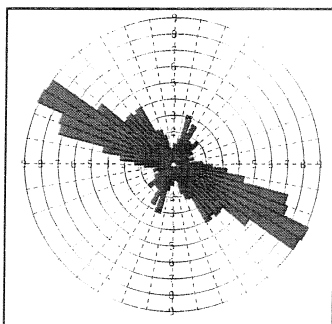
Figur 2

3.2 Resultat

Den mest dominerade strukturen i det tolkade området är en ca 1 km bred zon som löper i riktning västnordväst genom sundet mellan Gräsö och Örskär (Örskärssundet), se lokal A i Figur 2. Zonen, i det följande kallad Örskärzonen, är en väl markerad lågmagnetisk zon som vanligtvis också sammanfaller med stora vattendjup. Den finns på fastlandet vid Killskär (Enskärs killing), lokal B i Figur 2, och har sin fortsättning genom byn Hållen i Tierps kommun och vidare ut i Gävlebukten. I likhet med Singö-skjuvzonen (Bergman m fl, 1996), i området omkring Forsmark och Östhammar, finns ett antal mindre zoner parallellt med Örskärzonen, likaså följer de magnetiska konnektionerna samma riktning. Detta indikerar ett system av deformationszoner, som tillsammans omfattar en bredd på minst 5 km. Till stora delar antas detta system av deformationszoner motsvaras av plastisk deformation men stora vattendjup indikerar också förekomsten av större sprickzoner och förkastningar, framför allt i de centrala delarna av Örskärzonen.

Området mellan Örskärzonen och Singö-skjuvzonen kännetecknas av ett homogent, oregelbundet magnetiskt mönster. Det verkar troligt att delområde D i Forsmarksområdet, se Del 1 i rapporten, har sin fortsättning över Öregrundsgrepen och vidare in på Gräsö. Det regionala sprickzonsmönstret är regelbundet med 1 till 2 km mellan zonerna. I havet väster om Väster-Mörtarö på Gräsö, lokal C i Figur 2, förekommer ett större, lågmagnetiskt område. Orsaken till detta är inte känt.

Ett bandat magnetiskt mönster, nord och nordväst om Forsmarksverket, indikerar förekomst av ytbergarter. En högmagnetisk anomali vid norra änden av Biotestsjön motsvaras av en högt magnetiserad, magnetitförande sedimentbergart, lokal D i Figur 2. Detta led kan följas ca 15 km i nordnordvästlig riktning mot Killskär. Flera av de magnetiska banden böjer in motsols mot Örskärzonen respektive Singö-skjuvzonen, se Figur 2.



Den dominerande riktningen på de regionala sprickzonerna är västnordväst, men riktningar i nordväst samt nordnordost är också vanligt förekommande, se rosdiagram till vänster. För hela det tolkade området är avståndet mellan sprickzoner i allmänhet mellan 1 och 3 km.

4. Fältbesök

För att få en uppfattning om karaktären av deformationen i området genomfördes tillsammans med Torbjörn Bergman, SGU, ett kort fältbesök (en dag) på några få, strategiskt viktiga, lokaler i området, se Figur 2.

Berggrunden vid Örskärssundet, lokal A i Figur 2, kännetecknas av gnejser, sedimentådergnejs och migmatitgnejs, med pegmatit och amfibolitinlagringar. Bergarterna är plastiskt deformerade med en stark foliation i nära ost-västlig riktning, se även foto 1 i Figur 3.

Figur 3

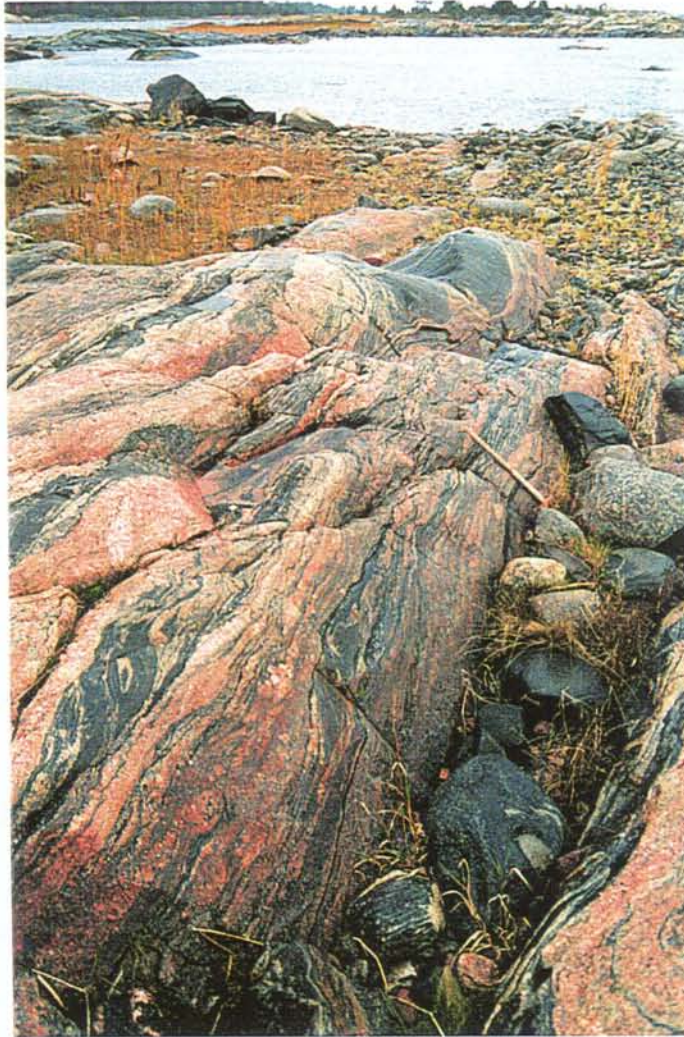


Foto 1. Kraftig plastisk deformation i migmatitgnejs med amfibolit- och pegmatitinslag.
Örskärssund, Gräsö.
Lokal A i figur 2.
Foto taget mot väster.
(Foto: H. Isaksson)



Foto 2. Kvarterläkt krossbreccia
Väster-Mörtarö, Gräsö.
Lokal C i figur 2.
(Foto: T. Bergman)

Strax söder om Örskärssundet, vid Össängsviken, lokal E i Figur 2, kan också en kraftig, plastisk deformation noteras. En rödgrå gnejs med kalkstensinlagringar är folierad i nära ostvästlig riktning. Någon liknande deformation kunde sedan inte iakttas genom de centrala delarna av Gräsö.

Det är troligt att de zoner som tolkats fram i de centrala delarna av Gräsö är av spröd natur. Vid Väster-Mörtarö, lokal C i Figur 2, noterades en kvartsläkt krossbreccia med nordostlig riktning, se även foto 2 i Figur 3. Krossbreccia finns också noterad från området sydväst om Öster-Mörtarö (Svenonius 1887).

Intrycket av fältbesöket är att yngre granit inte dominerar i området på norra Gräsö. Vid eventuella framtida arbeten i området bör detta undersökas närmare.

På fastlandet vid Killskär, lokal B i Figur 2, iakttogs också en kraftig plastisk deformation. En tät, kvarts/fältspat/biotit-förande bergart, med ett oklart ursprung, har en utpräglad foliation i riktning västnordväst. På samma lokal förekommer vidare en plastiskt deformerad pegmatit med samma utbredningsriktning.

5. Referenser

Bergman, S., Isaksson, H., Johansson, R. (red.), Lindén, A., Persson, C. & Stephens, M., 1996: Förstudie Östhammar - Jordarter, bergarter och deformationszoner. SKB PR D-96-016, 81 s.

Persson, L. & Stålhös, G., 1991: Beskrivning till provisoriska översiktliga berggrundskartan Uppsala. Sveriges geologiska undersökning, Ba 47, 30 s.

Stålhös, G., 1989: Berggrundskartan 12 I Östhammar NO. Sveriges geologiska undersökning, Af 169.

Svenonius, F., 1887: Beskrifning till kartbladen Forsmark och Björn. Sveriges geologiska undersökning, Aa 98 & 99, 42 s.

GEOLOGISK ORDLISTA

Förklaringarna bygger i huvudsak på ordlistan i Sveriges Nationalatlas, Band 12, Berg och jord, samt ordlistan i Bengt E H Loberg: Geologi, 4:e upplagan.

Albit. Natriumrik fältspat.

Amfibol. En grupp av silikater med prismetisk kristallform. De viktigaste mineralen i gruppen är hornblände och aktinolit-tremolit.

Amfibolit. Metamorf bergart bestående av huvudsakligen amfibol och plagioklas.

Anatektisk. Bildad genom uppsmältning av äldre bergarter.

Andalusit. Aluminiumsilikat.

Andesit. Intermediär vulkanisk bergart som domineras av plagioklas och mörka mineral t.ex. hornblände, pyroxen, biotit.

Anomali. Lokal avvikelser.

Antiform. En ryggformad upphöjning som uppkommit genom veckning av en lagerserie. Motsats till synform.

Aplit. Finkornig, granitisk bergart med låg halt av mörka mineral. Uppträder vanligtvis som gångar.

Arenit. Sedimentär bergart med dominerande kornstorlek 2-0,06 mm (sand).

Aureol. Område med speciell karaktär kring en bergartsintrusion.

Axialplan. Se veckaxelplan.

Baltiska Issjön. En av flera isdämda sjöar som bildades i nuvarande Östersjö-området i samband med inlandsisens avsmältning. Baltiska Issjön dränerades för ca 11 200 år sedan.

Bandning. Omväxlande mer eller mindre parallella lager med olika färg, kornstorlek, mineralsammansättning osv.

Basalt. Basisk vulkanisk bergart.

Basisk bergart. Bergart med 45-52 viktprocent SiO₂.

Bergart. Sammanhållet aggregat av ett eller vanligen flera mineral.

Bentonit. Mjuk, plastisk lera.

Biotit. Mörkt glimmermineral.

Blyglans. Sulfidmineral. Blyglans är det viktigaste blymineralet.

Breccia. Bergart som består av kantiga bitar i en mer finkornig mellanmassa.

Cordierit. Ett silikatmineral vanligt i metamorfa bergarter.

Dacit. Intermediär vulkanisk bergart som domineras av plagioklas, kvarts och mörka mineral.

Deformationszon. En svaghetszon i berggrunden utefter vilken berggrunden på ömse sidor rört sig i förhållande till varandra.

Diabas. En gångbergart som bildar mer eller mindre branta skivor i berggrunden.

Diabasgång. Se diabas.

Diamantborrning. Undersökningsborrning med diamantsatt borrkrona. Borrningen syftar till att ta upp en serie prov, borrkärna, av berggrunden.

Digital. Representation av data med hjälp av siffror.

Diorit. Intermediär djupbergart som domineras av plagioklas och mörka mineral.

Diopsid. Se pyroxen.

Diskordans. Avbrott i en lagerserie där lagren över och under avbrottet bildar vinkel mot varandra.

Djupbergart. Magmatisk bergart som kristalliserat (stelnat) i djupare delar av jordskorpan.

Dolomit. Bergart huvudsakligen bestående av mineralet dolomit (Kalcium-magnesiumkarbonat).

Drumlin. I inlandsisens eller glaciärs rörelseriktning utsträckt elliptisk rygg, huvudsakligen bestående av morän.

Eem. Värmeperioden före Weichsel-istiden.

Epicentrum. Punkt på jordytan belägen rakt ovanför en jordbävningens centrum.

Epidot. Ett mossgrönt vattenhaltigt silikat med kalcium, aluminium och järn. Mineralet är vanligt som sprickfyllnad

Erosion. Nednötning. Den process vid vilken material på jordytan lösgörs och förs bort av vatten, rörlig is, vind eller vågor.

Fanerozoikum. Geologisk tidsålder, yngre än 545 miljoner år.

Fennoskandiska skölden. Urbergsområde som omfattar Sverige med undantag av fjällkedjan och sydvästra Skåne, större delen av Finland, nordvästra Ryssland och delar av Sydnorge.

Finmo. Jordart med kornstorleken 0.02-0.06 mm.

Flyttblock. Stora av inlandsisen transporterade block.

Formlinjer. Linjer som markerar en trend.

Strukturella formlinjer visar trenden av planstrukturer i berggrunden. Magnetiska konnektioner länkar ihop magnetiska anomalier som bedöms representera strukturella trender.

Fossil. Förstenade lämningar efter djur och växter.

Fältspat. Sammanfattande namn för en grupp bergartsbildande mineral. De viktigaste är kalifältspat och plagioklas.

Förskiffring. Planstruktur i en bergart definierad av parallellorientering av mineralkorn. Bildad under högt tryck och temperatur.

Förkastning. En spricka eller sprickzon parallellt med vilken berggrunden har rört sig.

Gabbro. Basisk djupbergart.

Glacial. Istid. Betecknar även företeelser och bildningar relaterade till en inlandsis.

Glaciation. Nedisning.

Glimmer. Silikat som kristalliserar i bladiga eller fjälliga former. Vanligast är biotit och muskovit.

Gnejs. Högmetamorf bergart med mer eller mindre välutvecklad planstruktur, ofta också med bandning.

Gnejsgranit. Omvandlad (förgnejsad) granit.

Granat. Sammanfattande namn för en grupp av silikatmineral med kubisk kristallform och varierande sammansättning.

Granatådergnejs. Granatförande ådergnejs.

Granit. Djupbergart bestående av huvudsakligen mineralen kvarts, fältspat, glimmer och/eller hornblände.

Granitoid. Samlingsnamn för kvartsrika djupbergarter, t.ex. granit, granodiorit, tonalit.

Grus. Jordart med kornstorlek 2-20 mm.

Gyttjelera. Jordart (lera) med 2-6 % organiskt material.

Gångbergart. En magmatisk bergart i form av en skiva. Utgör sprickfyllnader och har vanligen bildats i övre delen av jordskorpan.

Hematit. Järnoxidmineral.

HK = Högsta Kustlinjen

Hornblände. Se amfibol.

Hybridbergart. Blandbergart

Högsta Kustlinjen. Den högsta nivå dit havet nådde i samband med den senaste isavsmältningen. Denna ligger olika högt i skilda delar av landet bl.a beroende på hur stor landhöjningen varit.

Illit. Glimmerliknande lermineral.

Inlandsis. Ismassa som täcker stora delar av en kontinent.

Interglacial. Tiden mellan två istider.

Intermediär bergart. Bergart med 52-65 viktprocent SiO₂.

Interstadial. Tiden mellan två kallare perioder inom samma istid.

Intrusiv. Magmatisk bergart som trängt in i och stelnat i jordskorpan som massiv eller som gångar.

Isostasi. Jämviktstillstånd i jordskorpan.

Isräffla. Repa i fast berg orsakad av block eller sten som transporterats i undre delen av inlandsisen.

Isälvsavlagring. Se isälvs sediment.

Isälvs sediment. Sediment som transporterats av isälvar och smältvattenströmmar för att sedan avlagras vid isfronten i samband med avsmältningen.

Jordart. Lösa avlagringar på jordytan.

Jordskorpa. Den yttersta delen av jordklotet, ned till 5-10 km under oceanerna och till ca 35 km under kontinenterna.

Kalcit. Kalciumkarbonat. Huvudmineral i kalksten.

Kalifältspat. Se fältspat.

Kalksten. Bergart bestående av i huvudsak kalcit.

Kame. Kulle med markanta sidor eller oregelbunden rygg, huvudsakligen uppbyggd av isälvs sediment i kontakt med inlandsis.

Kaolinit. Ett lermineral. Se kaolin.

Kaolin. Grå eller vit lera huvudsakligen bestående av kaolinit.

Kaxborrning. Undersökningsborrning i berg utan att något prov i form av borrkärna erhålles (jfr diamantborrning). Det finkorniga material som bildas vid borrningen kallas borrkax. Kaxet kan studeras på olika sätt och ge information om berggrunden i borrhålet.

Klorit. Glimmerliknande, vanligen grönt, silikatmineral.

Koboltglans. Ett silvervitt kobolthaltigt sulfidmineral.

Konglomerat. Sedimentär bergart som består av rundade stenar i en oftast sandig eller grusig mellanmassa.

Kopparkis. Ett kopparsulfidmineral. Det i Sverige viktigaste mineralet för utvinning av koppar.

Kraton. Konsoliderad och stabil del av den kontinentala jordskorpan.

Kratonisering. Konsolidering och stabilisering av jordskorpan.

Krossbreccia. Bergart bildad genom mycket kraftig spröd deformation. Består av kantiga fragment i en finkornig mellanmassa.

Kuddlavestruktur. Kuddliknande struktur i basisk bergart, bildad genom att lava flutit ut på havsbotten.

Kvarts. Kiseldioxid (SiO₂).

Kvartsitisk. Omvandlad kvartsrik bergart.

Kvartärtid. Den senaste geologiska tidsperioden, vilken omfattar tiden från ca 2 miljoner år sedan till nutid.

Landhöjning. Höjning av landytan i förhållande till havsytan.

Laumontit. Silikatmineral bildat genom omvandling av fältspat.

Lava. Magma som trängt ut på jordytan.

Leptit. Äldre beteckning, särskilt i Bergslagen, på en omvandlad sur vulkanisk bergart (metavulkanit)

Lera. Jordart med kornstorlek < 0.002 mm.

Lermineral. Olika grupper av mineral som bygger upp leriga sediment.

Lervarvmätningar. Studier av varvig lera. Ett varv motsvarar avsättningen under ett år.

Lineament. Rak eller svagt böjd långsträckt struktur.

Läsidesmorän. Moränrygg avsatt längs med isrörelseriktningen. I allmänhet sydost om en häll.

Magma. Smält berg.

Magmatisk bergart. Bergart bildad ur en bergarts-smälta (magma).

Magnetisk susceptibilitet (magnetiserbarhet). Parameter som beskriver ett geologiskt materials magnetiska egenskaper.

Magnetiska konnektioner. Se formlinjer.

Magnetiskt lineament. Rak eller svagt böjd långsträckt struktur som kan ses på en magnetisk karta.

Magnetit. Magnetiskt mineral (järnoxid). Viktigt mineral för utvinning av järn.

Magnitud. Mått på styrkan av en jordbävning.

Malm. En mineralkoncentration som är ekonomiskt brytvärd.

Mantel. Den del av jordklotet som ligger under jordskorpan, ned till ca 2 900 m djup.

Marmor. Genom metamorfos omkristalliserad kalksten eller dolomit.

Massformig. Slumpmässig fördelning och orientering av mineralen i en bergart.

Meta- Prefix som används framför bergartsnamn för att indikera omvandlad karaktär (t.ex. metavulkanit). Jämför metamorfos.

Metabasit. Omvandlad basisk bergart.

Metamorf. Omvandlad.

Metamorfos. Den omvandling som en bergart genomgår när den utsätts för ändrat tryck och/eller ändrad temperatur.

Metasedimentär bergart. Omvandlad, ursprungligen sedimentär bergart.

Metavulkanisk bergart. Omvandlad, ursprungligen vulkanisk bergart.

Metavulkanit. Omvandlad, ursprungligen vulkanisk bergart.

Migmatit. Bergart bildad genom delvis uppsmältning och rekristallisation av äldre berggrund.

Migmatitgranit. Granit bildad genom uppsmältning av äldre berggrund.

Migration. Vandring. Exempelvis ett ämnes rörelse i ett medium.

Mikroclin. Vanligen ljusröd fältspat. Ett av de vanligaste bergartsbildande mineralen.

Mineral. Fast, oorganisk substans som är definierad genom sin kemiska sammansättning och kristallsymmetri.

Mjäla. Jordart med kornstorlek 0.002-0.02 mm.

Mo. Jordart med kornstorlek 0.02-0.2 mm.

Monzodiorit. En djupbergart.

Monzonit. En djupbergart.

Morän. Jordart som avlagrats av inlandsisen. Moränen har varierande sammansättning av block, sten, grus, sand, mo, mjäla och ler.

Moränbacklandskap. Kuperad terräng av morän.

Muskovit. Ljust glimmermineral.

Mylonit. Finkornig bergart bildad genom mycket stark plastisk deformation.

Mylonitzonen. En starkt mylonitiserad zon i Sydvästsveriges gnejsberggrund.

Nefelin. Ett fältspatliknande mineral rikt på natrium.

Neosom. Nybildat (rekristalliserat) material i en migmatit.

Neotektonik. Unga tektoniska rörelser i jordskorpan.

Norit. Basisk djupbergart.

Olivin. Järn-magnesiumsilikat som främst förekommer i basiska bergarter.

Ordovicisk. Från den tidsperiod ca 495-443 miljoner år sedan som benämns ordovicium.

Orogen. Se orogent bälte.

Orogent bälte. Vanligen långsmalt område av jordskorpan inom vilket bergskedjebildning sker eller har skett.

Orogenes. Bergskedjebildning.

Ortofoto. En bild av marken där hela bilden gjorts skalriktig.

Paleosom. Rester av moderbergarten i en migmatit.

Pechblände. Uranmineral.

Pegmatit. En grovkristallin granitisk bergart som vanligen bildar gångar eller mindre massiv.

Peneplan. En utbredd flack, relativt jämn berggrundsytta bildad genom långvarig erosion.

Permeabel. Genomsläpplig.

Plagioklas. Se fältspat.

Plastisk deformation. Deformation vid vilken berggrunden reagerar plastiskt, dvs betar sig som en trögflytande massa. Vid denna deformation bildas t ex plastiska skjuvzoner med kraftig förskiffring och linjärstruktur.

Plastisk skjuvzon. Se plastisk deformation.

Plattektonik. Modell som beskriver jordskorpan uppdelning i plattor och hur plattorna rör sig.

Porfyr. Bergart som karakteriseras av att enskilda större kristaller (strökorn) ligger spridda i en finkornig mellanmassa (matrix).

ppm. Parts per million. "en miljondel" Vanligt sätt att uttrycka låga halter. Jfr procent = "en hundradel"

Postglacial. Efter istiden (post=efter)

Prehnit. Silikatmineral.

Prekambrium. Geologisk tidsålder, äldre än 545 miljoner år.

Primorogen. Se tidigorogen.

Protoginizonen. En ungefär nord-sydlig zon från Skåne till norra Värmland. Den östra begränsningen av den svekonorvegiska orogenen

Pyroxen. Mineralgrupp med prismatisk kristallform.

Radioaktivitet. Spontan sönderfall av ett radioaktivt ämne, ofta via en sönderfallskedja, till ett stabilt ämne. Vid sönderfallet utsänds olika typer av strålning

Radon. En färg- och luktlös radioaktiv ädelgas som bildas genom sönderfall av radium.

Randzon. Område där isfronten tidvis har stått stilla eller ryckt fram.

Refraktionsseismik. Geofysisk metod som utnyttjar seismiska vågors brytning (refraktion) i kontakten mellan olika media som t ex jord-berg i marken.

Resistivitet. (Elektriskt) motstånd.

Ryolit. Sur vulkanit (ytbergart) med granitisk sammansättning.

Rörelsebelopp. Mått på storleken av t ex en förkastning.

Sand. Jordart med kornstorlek 0.2-2.0 mm.

Satellitdata. Mätningar, vanligen av elektromagnetisk strålning, gjorda från satelliter som cirklar runt jorden.

Sediment. Från luft, vatten eller is avlagrat fast material samt material som ackumulerats genom kemisk utfällning.

Sedimentgnejs. Gnejsomvandlad sedimentär bergart.

Sedimentär bergart. Till en bergart hopläkt sediment.

Seismicitet. Stötvågor (jordskalv) i berg orsakade av elastiska vågor alstrade genom rörelser på relativt stort djup i jordskorpan.

Sen-glacial förkastning. Se neotektonik.

Serpentin. Grupp av vanligen gröna och vid beröring tvålaktigt glatta mineral. Vanligen bildade genom omvandling av t ex olivin och pyroxen.

Siljansringen. Rund struktur vid Siljan bildad vid meteoritnedslag.

Silikat. Kemisk förening mellan kisel (Si) och syre (O). Se även silikatmineral.

Silikatmineral. Den typ sv silikat som förekommer i naturen. Över 90 % av jordskorpan består av bergartsbildande silikatmineral, främst amfiboler, pyroxener, oliviner och kvarts.

Sillimanit. Aluminiumsilikat.

Silt, -ig. Jordart med kornstorlek 0,002-0,06 mm.

Skarn. Äldre svensk benämning på mineral som hör ihop med med järn- och sulfidmalmer. Det ofyndiga berget inom en malmförekomst.

Skjuvzon. Se plastisk deformation.

Skolla. Ett bergartspaket som skjutits fram över den underliggande berggrunden längs en flack yta.

Sköl. Zon med svagare berg än omgivningen.

Slira. Ett oregelbundet slingrande parti i en bergart.

Smektit. Ett lermineral. Viktig beståndsdel i bentonit.

Susceptibilitet. En bergarts förmåga att magnetiseras.

Spektralmätning. Strålningsmätning som till skillnad från totalmätning mäter strålningen fördelad på olika våglängder.

Sprickzon. Se spröd deformation.

Spröd deformation. Deformation vid vilken berggrunden reagerar genom uppsprickning. Vid denna deformation bildas enskilda sprickor och ansamlingar av sprickor till sk sprickzoner.

Stadial. Kallare period under en istid, när inlandsisen tillväxer.

Stratigrafiska (undersökningar). Undersökningar som syftar till att utreda bergarternas inbördes åldersförhållanden.

Stromatoliter. Skiktade kupolformade strukturer i kristallin kalksten troligtvis bildade av alger.

Strukturella formlinjer. Se formlinjer.

Strykning. Riktning av en planstruktur (t.ex. förskiffring, sprickzon, bergartskontakt).

Stupning. Vinkel som en planstruktur (t.ex. förskiffring, sprickzon, bergartskontakt) bildar med horisontalplanet.

Subkambriska peneplanet. Ett peneplan (jämn berggrundsytta) som hade bildats innan för 545 miljoner år sedan.

Sur bergart. Bergart med > 65 viktprocent SiO₂.

Svallning. Vågornas eroderande verkan på en strand.

Svallsediment. Genom svallning frigjort material som sedan avsatts.

Syenit. Intermediär djupbergart som domineras av kalifältspat och mörka mineral.

Synform. En trågformad sänka i jordskorpan. Motsats till antiform.

Tektonik. Den storskaliga uppbyggnaden av jordskorpan. Termen omfattar geologiska processer och strukturer relaterade till rörelser i berggrunden.

Tidigorogen. Beteckning på de äldsta djupbergarterna i en orogenes.

Tonalit. Se granitoid.

Topografiskt lineament. Rak eller svagt böjd långsträckt struktur i naturen.

Tornquistzonen. En zon av förkastningar i nordväst-sydost mellan Svarta Havet och Nordsjön. Zonen går genom Skåne och markerar där sydvästra randen av den Baltiska skölden.

Torv. Organisk jordart som bildas genom nedbrytning av döda växt- och djurdelar.

Transgression. När havet successivt tränger in över ett landområde. Motsats till regression.

Tremolit. Se amfibol.

Tuff. Bergart bestående av bl a vulkanisk aska.

Tuffit. Bergart bestående av vulkanisk aska blandad med sediment.

Täljsten. Mjuk bergart som består av klorit och talk (ett magnesiumsilikat)

Ultrabasit. Djupbergart med extremt låg (< 45 viktprocent) SiO₂.

Units of radiation (ur). 1 ur motsvarar strålningen från 1 ppm uran i en bergart.

Ur. Se units of radiation.

Urbergssköld. Se kraton.

Urgranit. Äldre benämning på tidigorogena sura djupbergarter.

Veckaxelplan. Det plan som sammanbinder veckaxlarna för varje lager i en veckad bergartsserie.

Veckaxel. Omböjningslinjen för ett veck.

Veck. Böjd planstruktur i berg.

Vittring. Sönderdelning och omvandling av berg och jord genom mekaniska och kemiska processer.

VLF (Very Low Frequency) -mätning.

Elektromagnetisk mätmetod som kan användas för påvisning av brantstående kroppar eller strukturer med hög elektrisk ledningsförmåga.

Vulkanisk aska. Finkornig produkt vid vulkanutbrott.

Vulkanisk bergart. Bergart bildad genom vulkaniska processer.

Vulkanisk process. Utströmning vid jordytan av magma, fragment, aska, gaser etc.

Vulkanit. Se vulkanisk bergart.

Weichsel-Istiden. Den senaste istiden i Sverige.

Ytbergart. Bergart bildad på eller nära jordens yta genom sedimentära eller vulkaniska processer.

Zinkblände. Ett gult, brunt eller svart diamantglänsande sulfidmineral (zinksulfid).

Ådergnejs. En form av migmatit med ådrig struktur.

Överskjutning. Den process vid vilken berggrundsskivor (skollor) skjuts upp över ursprungligen högre belägna lager.