

Rapporter och meddelanden 105

# Regional berggrunds- geologisk undersökning

Sammanfattning av pågående undersökningar 2000

Hans Delin (red.)



**SGU**

Sveriges Geologiska Undersökning



Rapporter och meddelanden nr 105

# **Regional berggrunds- geologisk undersökning**

**Sammanfattning av pågående undersökningar 2000**

*Regional bedrock mapping  
Summary of ongoing activities 2000  
with an introduction in English*

Hans Delin (red.)

Sveriges Geologiska Undersökning  
2001

ISBN 0349-2176  
ISSN 91-7158-651-2

Omslagsbild: Hornbländeporfyrisk metadiabas ("Herrängsgång") vilken är diskordant mot foliationen i omgivande metagranitoid och dess enklavliknande fragment av en äldre, förmodad metadiabas. För vidare information, se Stephens m.fl. i denna volym. Bilden är tagen på norra stranden av ön Fogdösten söder om Singö (12J Grisslehamn NV). Foto Michael B. Stephens.

© Sveriges Geologiska Undersökning

Layout: Agneta Ek, SGU  
Tryck: Elanders Tofters, Östervåla 2001

## INLEDNING

I denna skrift presenteras sammanfattningar av de fältarbeten och övriga undersökningar som utfördes sommaren 2000 inom SGUs berggrundsgeologiska undersökningsverksamhet. Syftet är att kontinuerligt informera om karteringsläget och att presentera preliminära resultat efter hand som undersökningarna fortskrider. Detta gör att geoinformationen snabbare kan nå avnämarna och komma till nytta.

Rapporteringen startade med 1994 års fältarbeten och detta är den sjunde avrapporteringen i sitt slag. De tidigare rapporterna har publicerats våren efter respektive fältsäsong och är av relativt kortfattad och preliminär karaktär, eftersom de skrivs innan någon större bearbetning av den insamlade informationen ägt rum. Liksom i tidigare volymer har rapporterna i denna volym inte genomgått en strikt vetenskaplig granskning, och författarna ansvarar för innehållet i varje enskild rapport. För vidare information hänvisas den intresserade till den för området ansvarige geologen eller geofysikern.

Manusstopp för rapporterna var den 31 januari 2001.

Den insamlade berggrundsgeologiska informationen lagras successivt i en hälldatabas med hjälp av det internt utvecklade programmet BGDATA. De färdiga berggrundskartorna är tillgängliga både i tryckt form och som kartdatabaser. Produktionsläget för dessa framgår av figur 1 och 2 respektive figur 3 och 4.

Alla är välkomna att ta del av arbetsmaterial från pågående arbeten, men det är först efter slutlig sammanställning och utgivning som resultaten och grundinformationen finns till allmän försäljning.

Hans Delin  
1:e Statsgeolog

## INTRODUCTION

This volume provides summaries of predominantly field activities carried out during the summer of 2000 within the Geological Survey of Sweden's (SGU) programme for regional bedrock mapping. It aims to present the status of bedrock map production at SGU as at 31st January 2001 and to provide access to new geological information from ongoing projects prior to final release when the material is published.

The status of production of bedrock maps at different scales can be seen in figures 1 and 2. The location of the ongoing mapping projects reported in this volume can be seen in figure 1. Outcrop information from the mapping projects is, or is in the process of being, stored in databases by use of the internally developed programme BGDATA. Digital bedrock geological maps which are available are illustrated in figures 3 and 4.

This report series started with the field works of 1994 and the present one is the seventh volume. The reports in all these volumes are relatively short and general in character and provide preliminary results from ongoing projects. As in earlier volumes, the reports presented here have not been subjected to a peer scientific review and the authors are solely responsible for the information provided in the individual contributions. If you are interested in more information from the individual projects, please do not hesitate to contact directly the responsible geologist or geophysicist. However, information cannot be fully released to the general public before the final compilation and publication.

Hans Delin  
Senior State Geologist

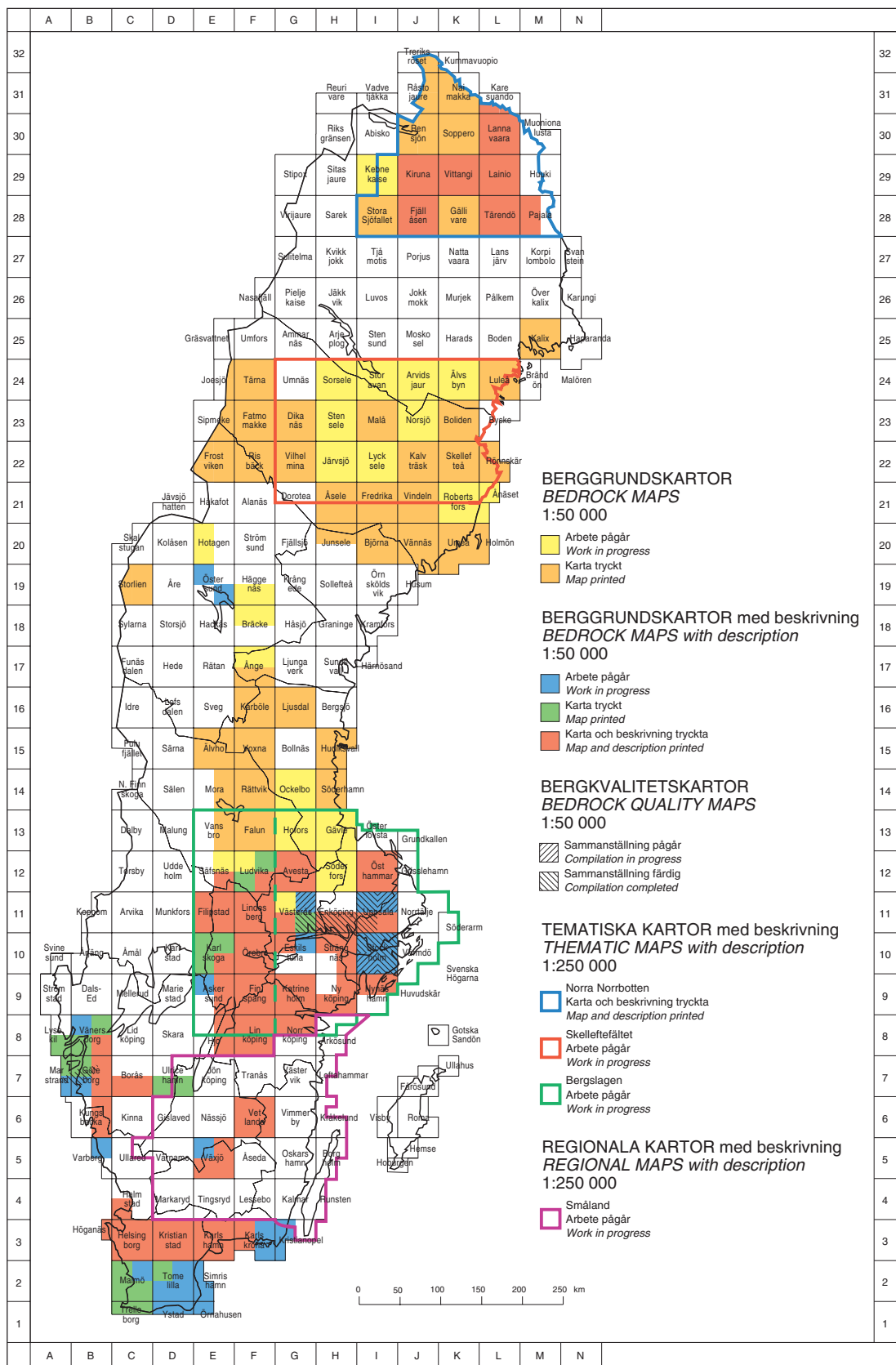


Fig. 1. Produktionsläget för berggrundskartor i skala 1:50 000, regionala berggrundskartor i skala 1:250 000 samt tematiska sammanställningar i skala 1:250 000 (2001-04-30).

Status concerning production of bedrock maps on the scale 1:50 000, regional bedrock maps on the scale 1:250 000 and thematic compilations on the scale 1:250 000 (2001-04-30).

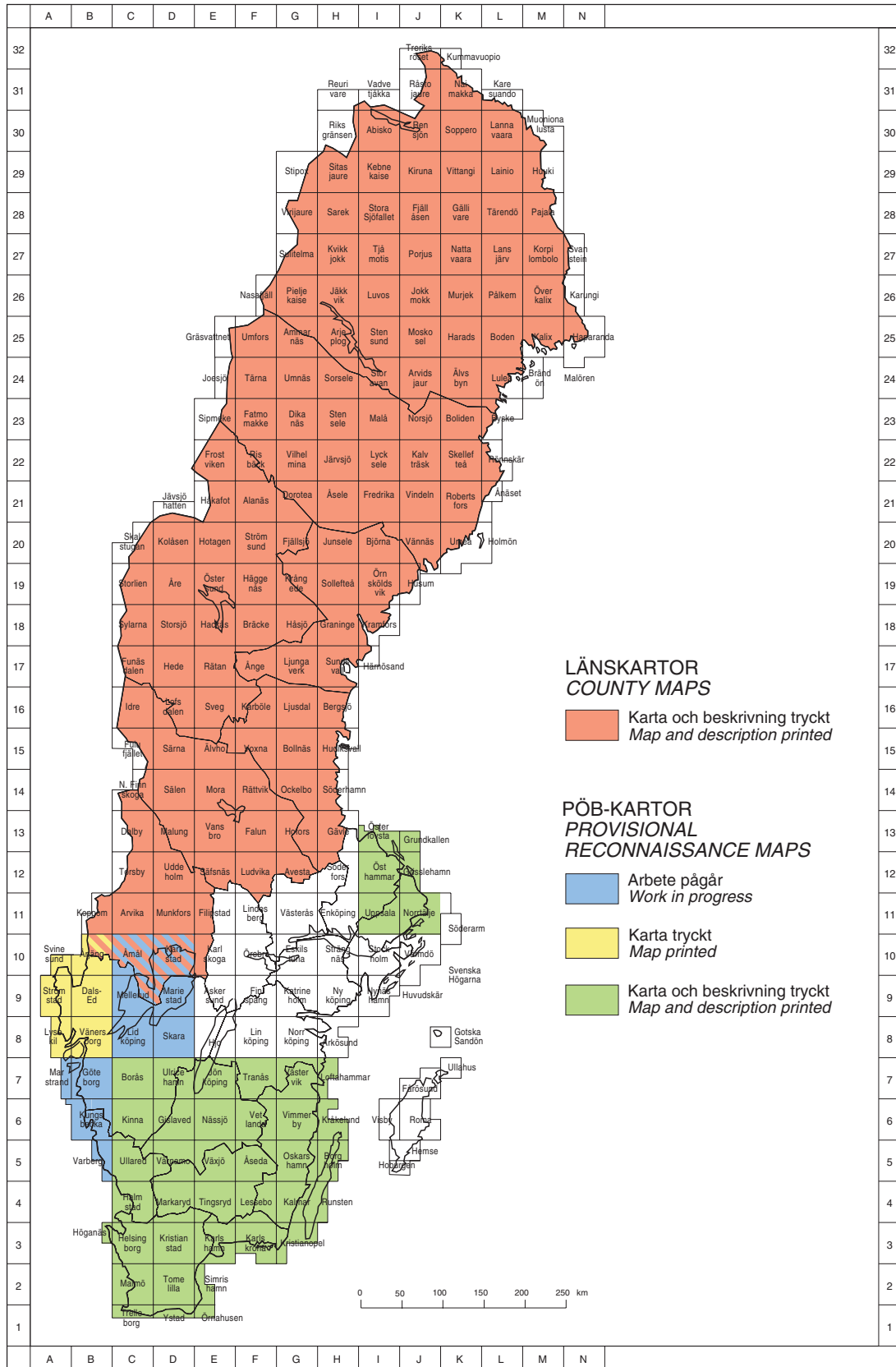


Fig. 2. Produktionsläget för länskartor i skala 1:200 000 respektive 1:400 000 och provisoriska berggrundskartor (PÖB) i skala 1:250 000 (2001-04-30).  
 Status concerning production of county maps on the scale 1:200 000 and 1:400 000 respectively and provisional reconnaissance maps on the scale 1:250 000 (2001-04-30).

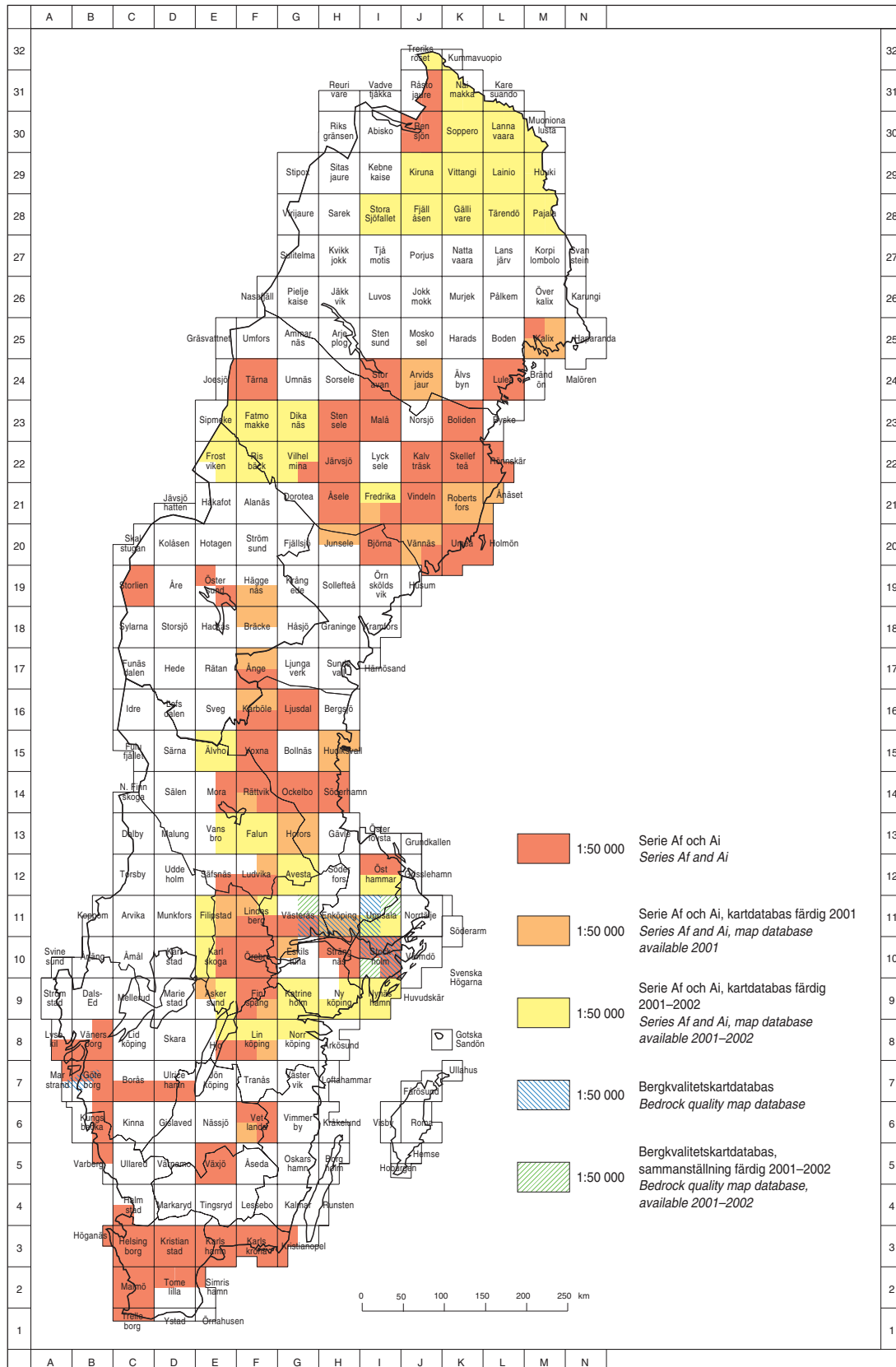


Fig. 3. Produktionsläget för digitala lokala berggrundskartor. Den angivna skalan i teckenförklaringen anger den skala i vilken kartan är digitaliserad (2001-04-30).

*Status concerning production of digital local bedrock geological maps. The map scale shown in the legend refers to the scale in which the map is digitized (2001-04-30).*

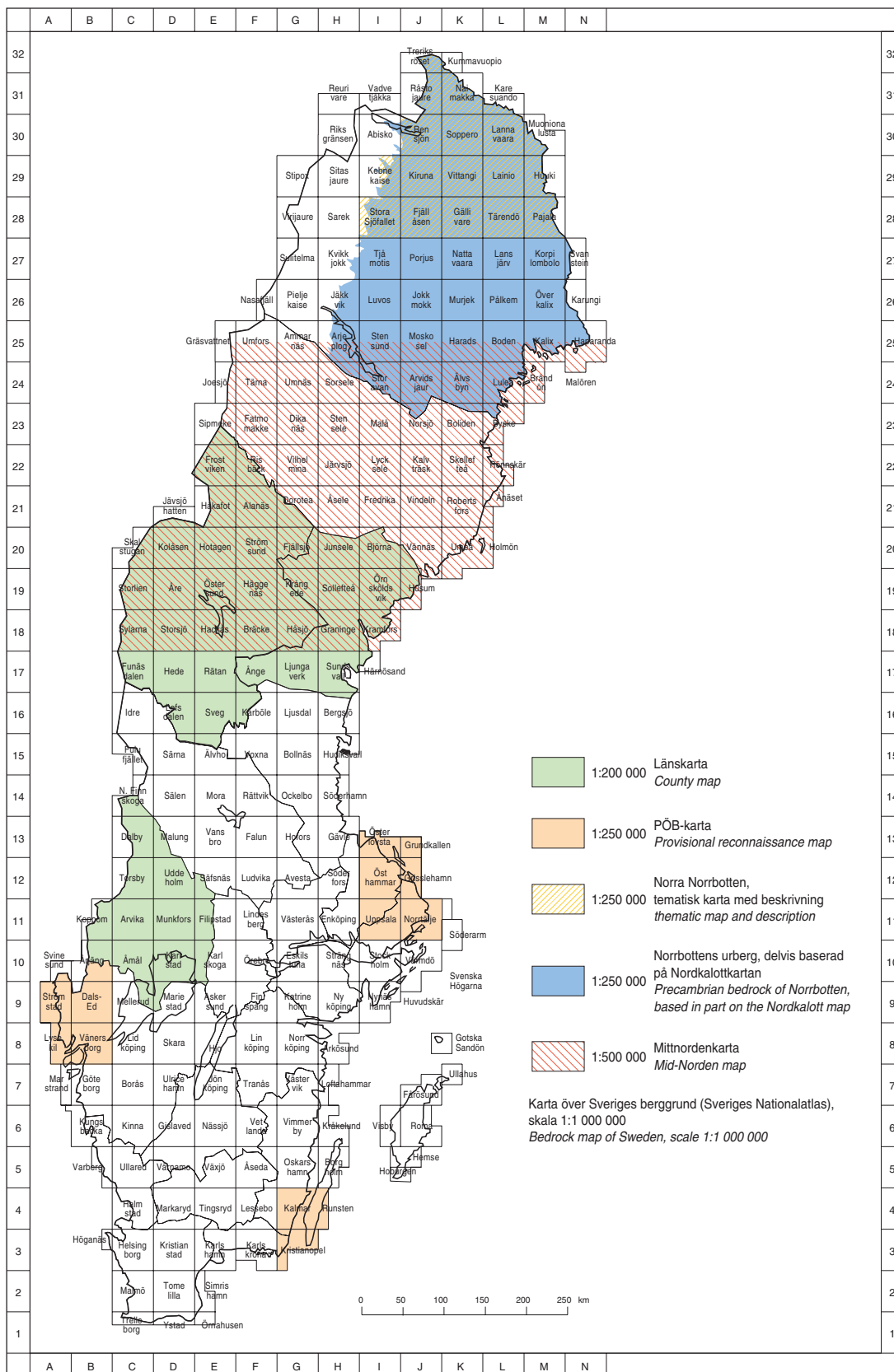


Fig. 4. Produktionsläget för digitala regionala berggrundskartor. Den angivna skalan i teckenförklaringen anger den skala i vilken kartan är digitaliserad (2001-04-30).

Status concerning production of digital regional bedrock geological maps. The map scale shown in the legend refers to the scale in which the map is digitized (2001-04-30).



## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

### Berggrundskartor 1:50 000 med beskrivning

Kartbladet 8B Vänersborg NV Inger Lundqvist, Göteborg.....	10
---	----

### Berggrundskartor 1:50 000

Projekt Svealand. Kartbladen 11G Västerås NV och 12H Söderfors SV, SO ..... 16..... Stefan Bergman, Hans Delin, Lutz Kübler, Magnus Ripa och Johan Söderman, Uppsala	
Kartbladen 18F Bräcke NV, NO och 19F Häggenås SV, SO ..... Lena Lundqvist, Lars Karis och Ildikó Antal, Uppsala	28

Kartbladen 21K Robertsfors och 21L Ånäset ..... Torbjörn Thelander och Leif Kero, Uppsala	29
--	----

Kartbladen 23J Norsjö ..... Ildikó Antal, Uppsala, Ulf Bergström, Göteborg, Benno Kathol, Ingmar Lundström och Pär Weihed, Uppsala	38
--	----

Kartbladen 24I Storavan..... Ulf Bergström, Göteborg och Carl-Axel Triumf, Luleå	48
---	----

### Tätortsprojekt. Kommunkartor 1:50 000

Projekt Västra Mälardalen ..... Lars Persson och Malin Sträng, Uppsala	60
---	----

### Referenskartor 1:250 000

Syntes av berggrundsgeologisk och geofysisk information, Bergslagen och omgivande områden..... Michael B. Stephens, Martin Ahl, Torbjörn Bergman, Ingmar Lundström, Lena Persson, Magnus Ripa och Carl-Henric Wahlgren, Uppsala	63
--	----

### Regionala kartor 1:250 000

Projekt Småland ..... Nils-Gunnar Wik och Hugo Wikman, Lund, Johan Daniels, Niklas Juhojuntti, Leif Kero och Lena Persson, Uppsala	75
--	----

Sveriges geologiska undersökning  
Box 670, 751 28 Uppsala  
Tel. 018-17 90 00  
Fax. 018-17 92 10

Sveriges geologiska undersökning  
Geovetarcentrum  
Guldhedsgatan 5A, 413 81 Göteborg  
Tel. 031-20 00 75  
Fax. 031-20 02 05

Sveriges geologiska undersökning  
Kiliansgatan 10, 223 50 Lund  
Tel. 046-14 01 05

Sveriges geologiska undersökning  
Skolgatan 4, 930 70 Malå  
Tel. 0953-10 760

**BERGGRUNDSKARTOR 1:50 000 MED BESKRIVNING****Kartbladet 8B Vänersborg NV***Inger Lundqvist***INLEDNING**

Fältarbetet i kartområdet 8B Vänersborg NV pågick under åren 1987 till 1993 under ledning av Lennart Samuelsson. Extrageologer var Jan Brouzell, Kjell Helge och Karl-Inge Åhäll. Som topografiskt underlag vid karteringen användes den ekonomiska kartan i skala 1:10 000. Lennart Samuelsson insjuknade och avled 1996 och under ett antal år låg arbetet med kartan nere. Sommaren år 2000 reviderades området av Inger Lundqvist och kartan sammanställdes under hösten samma år. Den geofysiska tolkningen utfördes av Leif Kero.

Syftet med karteringen är att ta fram ett modernt berggrundsgeologiskt underlag. Området har tidigare undersökts och beskrivits av Lindström (1902) och Svedmark (1902). Söder och öster om karteringsområdet finns moderna berggrundskartor över områdena 8A Lyskil SO/8B Vänersborg SV (Samuelsson 1990), 8B Vänersborg SO (Lundqvist 1997) och 8B Vänersborg NO (Gorbatshev 1987).

**ALLMÄN GEOLOGI**

Kartområdet utgör en del av den sydvästsvenska gnejsregionen. Traditionellt har gränsen mellan sydvästra Sveriges berggrund och den äldre berggrunden i öster satts i Protoginzonen, som i stort sett sammanfaller med gränsen till ett sammanhängande bälte av graniter, där de s.k. Småland-Värmlandsgraniterna dominerar. Regionens östra gräns sträcker sig således från nordöstra Skåne, norrut väster om Vättern och vidare genom mellersta Värmland. I söder begränsas regionen av den s.k. Tornqvistlinjen med nordvästlig riktning genom Skåne. I norr fortsätter de sydvästsvenska bergartsleden in i sydöstra Norge.

Den sydvästsvenska gnejsregionen delas i två delar av Mylonitzonen, som sträcker sig i sydlig riktning från västra Värmland, tvärs igenom Väneren och ned mot Varberg. Det här aktuella kartområdet ligger väster om Mylonitzonen.

De äldsta bergarterna inom kartområdet (fig.1) utgörs av ytbergartsgnejser (metagråvackor), som tillhör Stora Le-Marstrandgruppen. Gnejserna, som är ådrade till starkt migmatitiserade, förekommer i två stråk och utgör en del av ett större nord-sydligt stråk, som sträcker sig från Göteborgs södra skärgård norrut in i sydöstra Norge. Granitiska till tonalitiska gnejser av magmatiskt ursprung med inslag av mörkt grå till svarta, mafiska bergarter förekommer i tre nord-sydliga stråk. I den mellersta delen av kartområdet finns en ögongranit, också den med nord-sydlig utbredning. Ett större sammanhängande område med pegmatit och granit sträcker sig från Uddevalla mot nordväst upp mot Munkedal. Pegmatitgångar förekommer inom hela området, men är vanligare i den västra delen. Längst i väster finns ett smalt parti av röd till grå granit, den s.k. Bohusgraniten. De yngsta bergarterna utgörs av basiska, permiska gångar, som är diskordanta och brantstående.

Berggrunden har påverkats av åtminstone två bergskedjebildningar (orogener), varvid bergarterna har omvandlats under tryck och temperaturer som motsvarar amfibolitfaciesförhållanden. För knappt 1600 miljoner år sedan inträffade den äldsta av dessa, den s.k. gotiska orogesen och bergarterna ådrades, veckades och migmatitiserades. För omkring 1000 miljoner år sedan genomgick berggrunden återigen en orogenes, den s.k. svekonorvegiska. Bara Bohusgraniten och de permiska gångarna har undgått denna omvandling. Berggrunden inom kartbladsområdet genomdras av nord-

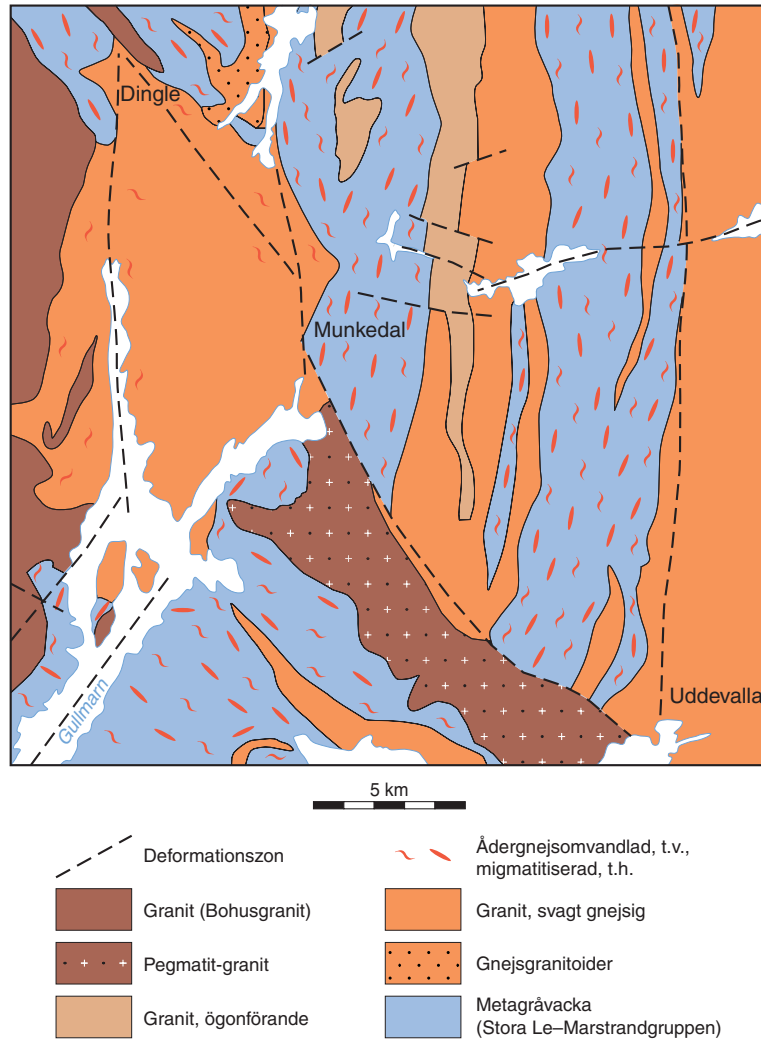


Fig. 1. Förenklad geologisk karta över 8B Vänersborg NV.

sydliga geofysiska strukturer, som har visat sig vara tektoniskt bildade, t.ex. myloniter. Strukturerna tros ha svekonorvegisk ålder då de även överpräglar pegmatitgraniten, som är ca 1000 miljoner år gammal (se nedan).

## Metagråvacka

Inom stora delar av kartområdet består berggrunden av ådrade och migmatitiserade ytbergartsgnejsjer. De tillhör en svit metasedimentära bergarter av gråvacketypp, den s.k. Stora Le-Marstrandgruppen, vars ursprungsmaterial avsattes på havsbotten för drygt 1600 miljoner år sedan. Gnejserna utgör en del av ett stråk, som sträcker sig från Göteborgs södra skärgård norrut in i sydöstra Norge. Inom kartområdet förekommer ytterst få välbevarade delar av dessa metagråvackor. De mest välbevarade partierna är finkorniga, grå till rödgrå och finbandade. Banden har vanligtvis en tjocklek på någon centimeter, men det förekommer enstaka band, som är upp till metertjocka. Banden är vanligen glimmerrika, men det finns enstaka lager som är rikare på kvarts och fältspat. Generellt tycks gnejserna vara mer kvarts- och fältspatrika mot öster. Konforma inlagringar av mörkt grå till svarta, mafiska band förekommer relativt sparsamt. De mafiska banden utgörs troligen av ursprungliga lavar och

pyroklastiska produkter, som senare kan ha omlagrats.

I samband med bergskedjebildningarna omvandlades gråvackorna till gnejser och de är nu ådrade till kraftigt ådrade, veckade och migmatitiserade. Migmatitiseringen är starkare inom vissa mindre områden och gnejserna kan där helt förlora sin struktur. De övergår i en i stort sett homogen, omkristalliserad, svagt folierad, granodioritisk till tonalitisk bergart, delvis med ärvda strukturer och mer eller mindre upplösta gnejsfragment. Bergartens magnetiska susceptibilitet varierar mellan 0 och  $200 \cdot 10^{-5}$  SI-enheter.

## Metamafit och metaultramafit

Spridda, mindre förekomster av basiska och ultrabasiska bergarter återfinns sparsamt inom hela kartområdet, men de är för små för att markeras på kartan (fig. 1). De förekommer även som gångar, skivor och brottstycken i omgivande berggrund. Bergarterna är mörkt grå till svarta, medel- till grovkorniga, gnejsiga och i vissa fall ådrade, speciellt i de yttre delarna av förekomsterna. Mineralinnehållet i metamafiterna utgörs till största delen av hornblände och plagioklas medan metaultramafiterna nästan helt saknar plagioklas. De metamafiter som är belägna inom de granitiska till tonalitiska gnejserna tros vara ungefär likåldriga med gnejserna, dvs. ca 1560 miljoner år.

## Gnejsgranitoider

Granitiska till tonalitiska gnejser av magmatiskt ursprung förekommer främst i tre områden med nord-sydlig utbredning och med några mindre förekomster däremellan. Bergarten är rödgrå till grå, granitisk till tonalitisk, svagt gnejsig till gnejsig och på en del ställen svagt ådrad. De olika sammansättningsleden övergår vanligtvis successivt i varandra men granodioritisk sammansättning dominerar. Någon gång är gnejserna också ögonförande med linsformade fältspatögon. Det vanligaste mörka mineralet är biotit, men hornblände förekommer ställvis. Muskovit är vanligt förekommande, men i få fall med halter som överstiger 2 %. Bergarten har gott om små, decimeter- till meterstora inneslutningar (enklaver) med en mer basisk sammansättning. Enklaverna är rundade, om bergarten är svagt gnejsig och mer tillplattade ju gnejsigare bergarten blir. En åldersbestämning på ett prov taget i norra Uddevalla har gett en ålder på ca 1555 miljoner år. Bergartens magnetiska susceptibilitet varierar mellan 0 och  $900 \cdot 10^{-5}$  SI-enheter.

## Granit, svagt folierad

I området öster om Dingle i norra delen av kartområdet finns några förekomster av en gråröd till grå granit. Bergarten är vanligen fint medelkornig, homogen och svagt folierad. Mineralet muskovit är vanligt förekommande i låga halter. Bergarten är bildad genom partiell uppsmältning av metagråvacka som tillhör Stora Le-Marstrandgruppen. Ställvis förekommer det rikligt med mer eller mindre assimilerade brottstycken av ytbergartsognejs i graniten.

## Granit, ögonförande

Denna granit förekommer i ett nord-sydligt stråk öster om Munkedal och i två mindre förekomster norr om Munkedal. Graniten är gråröd till rödgrå, stänglig och ställvis gnejsig. Den är ögonförande och har både rundade och rektangulära fältspatögon, som varierar i storlek men som för det mesta är större än 2 centimeter i diameter. Underordnat finns det ögonfria partier i graniten. De mörka mineralen utgörs av biotit och omvandlat hornblände, dessutom förekommer muskovit sporadiskt. Graniten har en uranhalt på ca 4 ppm (fig. 2) och en toriumhalt på ca 10 till 16 ppm (fig. 3). Bergarten är inte åldersbestämd, men den är troligen drygt 1300 miljoner år gammal. Den magnetiska

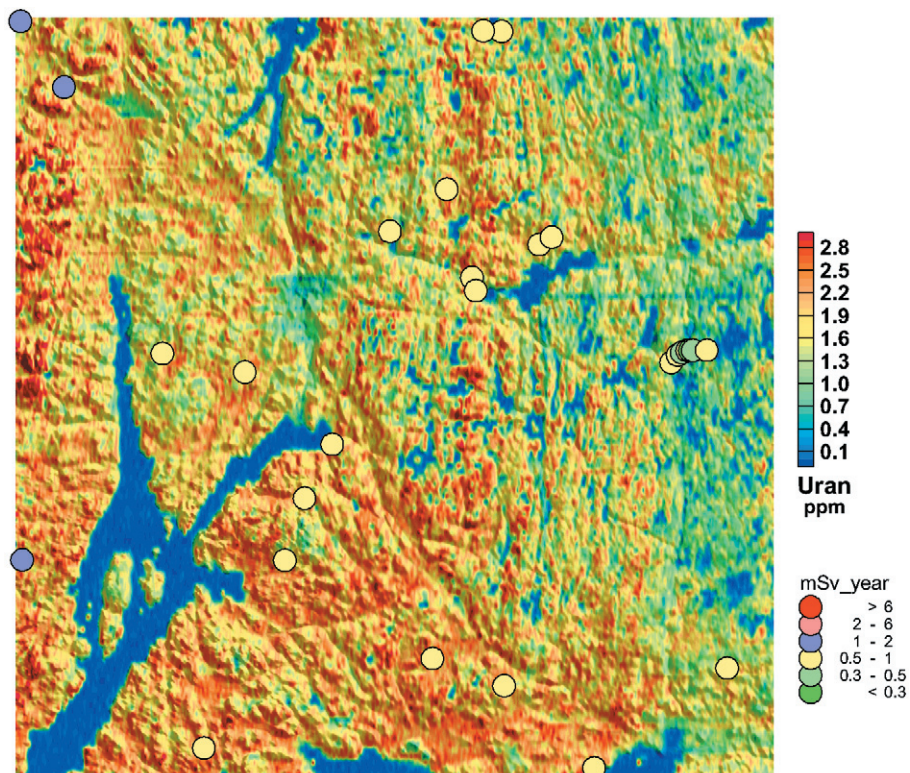


Fig. 2. Uranhalt. 8B Vänersborg NV.

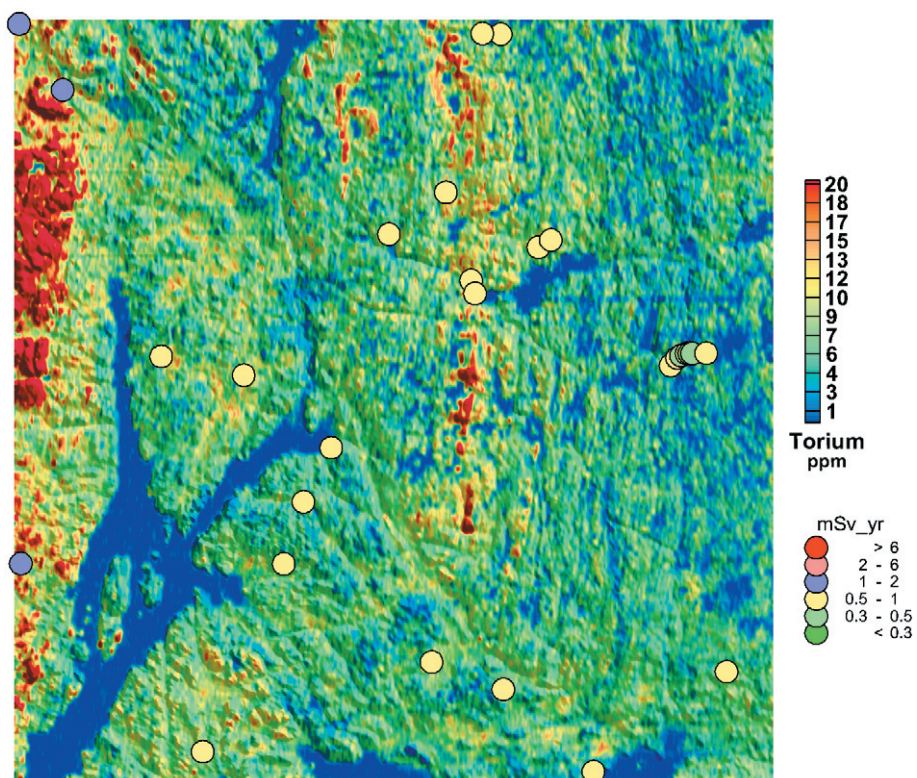


Fig. 3. Toriumhalt. 8B Vänersborg NV.

susceptibiliteten hos graniten varierar mellan 20 och  $500 \cdot 10^{-5}$  SI-enheter.

### **Pegmatit till granit, pegmatit- och aplitgångar**

Från trakten av Herrestad strax väster om Uddevalla sträcker sig en större kropp av pegmatit till granit mot nordväst upp till Saltkällan söder om Munkedal. Bergarten har granitisk sammansättning, kornstorleken varierar från grovkornig (pegmatitisk) inom vissa partier till medelkornig inom andra. Färgen varierar från röd till vit och inom de senare leden dominerar fältspaten albit (en plagioklas) mineralinnehållet. Stråkviss har bergarten tektoniserats och är där gnejsig. Den innehåller rikligt med skivor och brottstycken av omgivande berggrund, dvs. ådrade och migmatitiserade gnejser tillhörande Stora Le–Marstrandgruppen, gnejsiga granitoider och metamafiter. Dessutom förekommer pegmatiten som talrika gångar i omgivande bergarter. Detta medför att det i vissa fall är svårt att dra gränsen mellan de olika bergarterna. En datering av pegmatit-granitintrusionen har gett en preliminär ålder på ca 1000 miljoner år.

Pegmatit- och aplitgångar av olika åldrar förekommer inom hela kartområdet, dock rikligast i den västra delen. De äldsta är veckade tillsammans med den övriga berggrunden och har ibland boudinerats. De yngsta klipper rakt igenom Bohusgraniten, som är ca 920 miljoner år gammal, och är därmed yngre än eller ungefär likåldriga med denna. Pegmatitgångarna är grovkorniga och enstaka mineralkorn kan vara flera decimeter i diameter. Vissa av dem har förhöjd gammastrålning och ibland ett radiumindex som är större än 1 (t.ex. gången i Barhult, se nedan). Aplitgångarna är i regel fint medelkorniga. De yngre pegmatitgångarna har varit föremål för brytning under 1930-, 1940- och 1950-talen, då kvarts och fältspat utvanns. Dessa gångar stryker vanligen i västnordvästlig riktning och stupar mot söder. Bredden på gångarna överstiger inte 50 meter. De flesta av gruvorna ligger öster om Munkedal och den största gruvan (den tredje största i Sverige) finns i Barhult, ca 6 kilometer norr om Munkedal. Den innehåller fältspatkristaller, som är två till tre meter i diameter. Uranhalten överstiger på sina ställen 100 ppm.

### **Metadiabas**

Ett fåtal diabasgångar (metadiabas) förekommer spridda över området men företrädesvis inom den nordöstra delen. Gångarna är smala, riktningen varierar mellan nordlig och nordostlig och de är i många fall brantstående. Metadiabasen är mörkt grå till svart och finkornig. Mineralen utgörs av plagioklas, hornblände, biotit och malmmineral, ställvis förekommer också rester av pyroxen (omvandlad till hornblände) och granat. Åldern på gångarna är okänd, men de klipper gnejsgranitoider, som har åldrar på ca 1560 miljoner år och är därmed yngre än dessa.

### **Granit (Bohusgranit)**

I den allra västligaste delen av kartområdet återfinns en röd till grå, massformig granit, den s.k. Bohusgraniten. Förekomsten utgör en del av ett större massiv (Asklund 1947), som sträcker sig från Lysekil i söder, norrut till trakten av Fredrikstad i Norge. Massivet har formen av en skiva, som stupar flackt mot öster (Lind 1982). Granitmagman har bildats genom partiell uppsmältning av äldre bergarter. Då magman intruderade, breccierade den de omgivande bergarterna och innehåller rikligt med brottstycken av metagråvacka och gnejsgranitoider i randzonen. Det är också vanligt med granitgångar runt massivet. Detta medför, att det är problem med gränsdragningen i vissa områden, då det är svårt att avgöra vilken bergart som dominerar. Graniten är vanligen medelkornig och jämnkornig men småporfyriska led förekommer. Färgen varierar mellan röd, gråröd och grå, där den gråröda färgen är den vanligaste och den grå bara förekommer sporadiskt. Hela Bohusgranitintrusionen är förhållandevis rik på uran (medelvärde ca 10 ppm) och torium (medelvärde ca 41 ppm). Halterna varierar dock (fig. 2 och fig. 3) och ställvis har graniten så höga uranvärden att dess radiumindex är större än 1. Graniten innehåller talrika sliror och gångar av pegmatit och aplit. En datering av grani-

ten har gett en ålder av ca 920 miljoner år (Eliasson & Schöberg 1991). Bohusgranitens magnetiska susceptibilitet varierar inom kartområdet mellan 5 och  $800 \cdot 10^{-5}$  SI-enheter.

Bohusgraniten har varit föremål för en intensiv stembrytning. Tidigare bröt man gat-, kant- och ornamentsten medan man idag bryter block- och ornamentsten.

## Diabas, permisk

Ett fåtal permiska gångar finns inom den västra delen av kartområdet. En finns ca 2 km väster om Dingle, en söder om Uteby (ca 6 km sydsydväst om Dingle), två stycken söder om Barkedal (ca 13 km söder om Dingle) och en i Munkeland (ca 1 km nordväst om Munkedal). Gångarna stryker i ungefärlig nordlig riktning, är brantstående och knappt meterbredda. De är besläktade med Oslofältets magmatiska bergarter och intruderade för knappt 290 miljoner år sedan, dvs. under perioden perm (för 290–240 miljoner år sedan). Gångarna inom kartområdet klipper både gnejsgranitoiderna och Bohusgraniten. Bergarterna i gångarna är diabas, rombporfyr och ultrabasit, där diabas är den vanligast förekommande. De är finkorniga, ibland strökornsförande och grå till svarta. Den magnetiska susceptibiliteten varierar mellan 80 och  $10000 \cdot 10^{-5}$  SI-enheter.

## LITTERATUR

- Asklund, B., 1947: Svenska stenindustriområden I-II. Gatsten och kantsten. *Sveriges geologiska undersökning C 479*, 187 s.
- Eliasson, T. & Schöberg, H., 1991: U-Pb dating of the post-kinematic Sveconorwegian (Grenvillian) Bohusgranite, SW Sweden: evidence of relict zircon. *Precambrian Research* 51, 14 s.
- Gorbatshev, R., 1987: Berggrundskartan 8B Vänersborg NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 156*.
- Lind, G., 1982: Gravity interpretation of the crust in southwestern Sweden. *Dept. of Geol., Chalmers Univ. of Techno. / Univ. of Gothenburg, Publ. A 41*, Göteborg, 93 s.
- Lindström, A., 1902: Beskrivning till kartbladet Uddevalla. *Sveriges geologiska undersökning Ac 3*.
- Lundqvist, I., 1997: Beskrivning till berggrundskartan Vänersborg SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 160*, 101 s.
- Samuelsson, L., 1990: Berggrundskartan 8A Lysekil SO/8B Vänersborg SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 173*.
- Samuelsson, L., 1995: Provisoriska översiktliga berggrundskartan Uddevalla. *Sveriges geologiska undersökning Ba 50*.
- Svedmark, E., 1902: Beskrifning till kartbladet Fjellbacka. *Sveriges geologiska undersökning Ac 2*, 28 s.

E-post: [inger.lundqvist@sgu.se](mailto:inger.lundqvist@sgu.se)

# BERGGRUNDSKARTOR 1:50 000

## Projekt Svealand

*Stefan Bergman, Hans Delin, Lutz Kübler, Magnus Ripa och Johan Söderman*

### INLEDNING

Svealandsprojektet omfattar kartområdena 11G Västerås NV, 12E Säfsnäs NO, 12F Ludvika NV, 12H Söderfors NV, NO, SO, SV och 13H Gävle NV, NO, SO, SV (fig. 1). Syftet med projektet är att skapa ett berggrundsgeologiskt underlag för bl. a. prospektering efter mineralresurser i vissa delar av Bergslagen och närliggande områden. Resultaten av undersökningarna kommer att redovisas i form av berggrundsgeologiska och geofysiska databaser samt tryckta berggrundskartor i skala 1:50 000. Arbetet genomförs som s.k. baskartering varvid ca 4–5 km<sup>2</sup> i genomsnitt undersöks per geolog och dag. Under år 2000 startade berggrundskartering och geofysiskt fältarbete inom områdena 11G Västerås NV och 12H Söderfors SO/SV. Preliminära resultat från dessa undersökningar redovisas nedan. Under år 2001 kommer arbete att utföras i kartområdena 11G Västerås NV, 12F Ludvika NV, 12H Söderfors och 13H Gävle NO.

### KARTOMRÅDET I 11G VÄSTERÅS NV

Kartområdet 11G Västerås NV ligger i Västmanlands län och omfattar delar av Fagersta, Skinnskattebergs och Surahammars kommuner. Som underlag vid karteringen användes moderna ekonomiska kartor i skala 1:20 000. Hällbilden från jordartskartan (Magnusson 1997) överfördes till fältkartorna. I den geologiska fältundersökningen deltog även Martin Ahl, Anna Grönholm och Sam Sukotjo.

Äldre geologisk information om området finns i Kugelberg (1862), Stolpe (1866) och Gumaelius (1868, 1871). Modern geologisk information föreligger för de intilliggande kartområdena 11G Västerås NO (Ripa m.fl. under arbete), 12G Avesta SO (Persson 1997), 12G Avesta SV (Ambros 1988), 12F Ludvika SO (Strömberg 1983), 11F Lindesberg NO (Ambros 1983), 11F Lindesberg SO (Lundegårdh 1983), 11G Västerås SV (Lundegårdh & Nisca 1978) och 11G Västerås SO (Arnbom 1999).

Geofysisk information för området föreligger i form av flygmätta magnetiska data, gammastrålningsdata och elektromagnetiska data (VLF). Flygmätningarna utfördes av SGU år 1989 på 30 m flyghöjd, med 200 m flyglinjeavstånd och 40 m mätpunktsavstånd. Flygriktningen var öst–västlig. I området har mätningar av tyngdkraften gjorts på 144 punkter. Från tidigare undersökningar finns petrofysikdata från 154 provtagningspunkter. Under fältsäsongen 2000 tillkom 40 nya prover.

Under fältsäsongen 2000 undersöktes alla delar av området utom de som motsvaras av de ekonomiska kartbladen 7a–c. Antalet hällobservationer uppgick till ca 600. I de undersökta områdena återstår en del revisionsarbete, och berggrundskartan i figur 2 får ses som en preliminär bild. Återstående undersöknings- och revisionsarbete planeras att slutföras under fältsäsongen 2001.

### Bergarter

Som framgår av den preliminära kartbilden (fig. 2) domineras området av intrusivbergarter. Dessa fördelar sig i ungefär lika proportioner äldre och yngre varieteter, med någon övervikt för de yngre. Ytbergarter och diabasgångar förekommer underordnat.

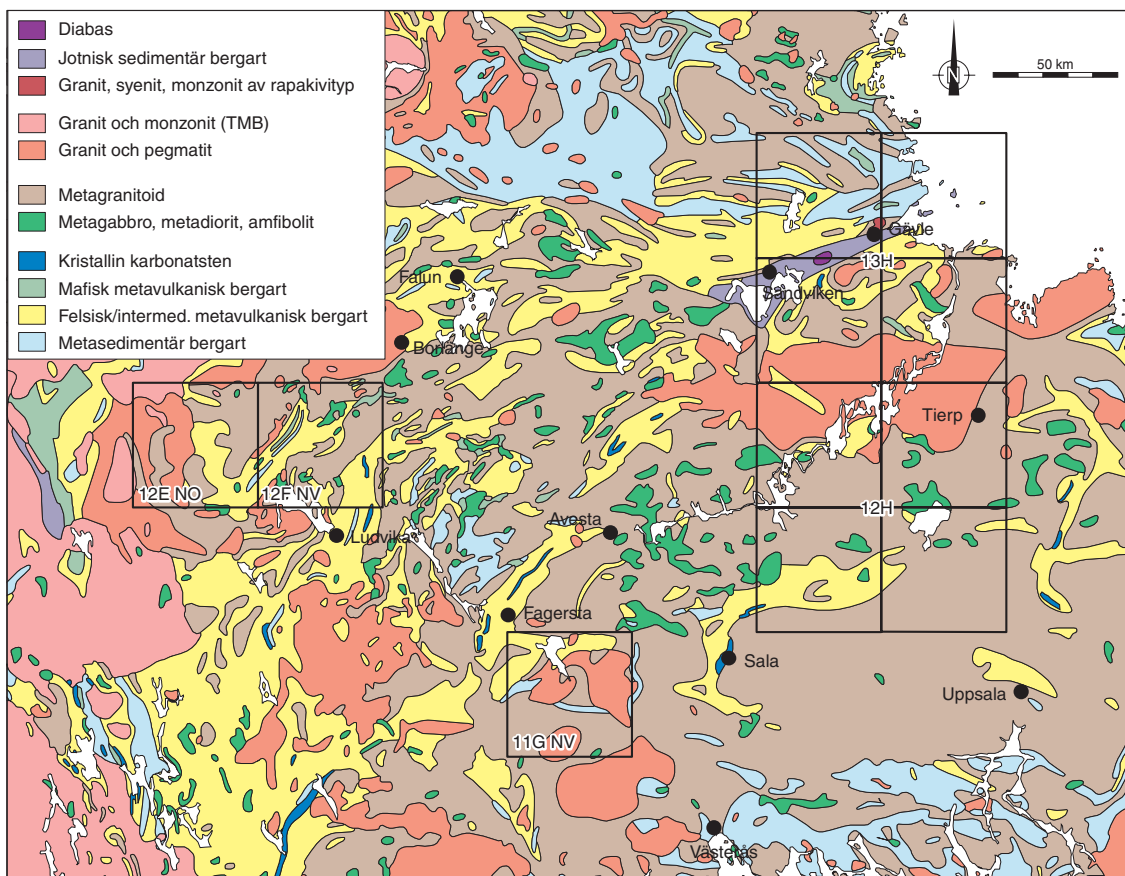


Fig. 1. Berggrundskarta över delar av södra, centrala Sverige, modifierad från Lundqvist m.fl. (1994). De kartområden som ingår i Svealandsprojektet är markerade med rutor.

### Ytbergarter

De äldre, svekofenniska ytbergarterna består av metavulkaniter och metasedimentära bergarter.

Metavulkaniter förekommer främst i områdets nordvästligaste hörn (fig. 2). De är genomgående omkristalliserade och består av ca 0,5 mm grova kvarts- och fältspatkorn. I varierande grad ingår glimmer och lokalt, sannolikt cordierit. Kvartsströkorn förekommer också lokalt, vilket visar att det rör sig om vulkaniska bergarter. En märklig företeelse är tämligen idiomorfa och cm-stora, sannolika porfyroblaster av fältspat och kvarts. Intill magnetitmineraliseringar är bergarten aktinolitkarnig och tydligt glimmeromvandlad. Bergarterna har genomgående både foliation och stänglighet, men de enskilda mineralkornen är p.g.a. omkristallisation i allmänhet relativt odeformerade.

Metasedimentära bergarter förekommer i områdets östligaste delar (fig. 2). De består av kvarts, fältspat och glimmer i varierande halter, och har ett bandat uppträdande. Omkristallisationen är relativt stark och det är bara i relativt glimmerrika partier man med viss säkerhet kan utesluta att bergarten är en metavulkanit eller en finkornig ortognejs.

### Tidigorogena intrusivbergarter

De äldre intrusivbergarterna är ko- eller åtminstone synmagmatiska med de svekofenniska metavulkaniterna och benämns tidigorogena, i förhållande till den svekokarelska orogenesisen. De har vanligen felsisk sammansättning, men går lokalt gradvis över till kvartsdiorit. Även gabbroid sammansättning förekommer.

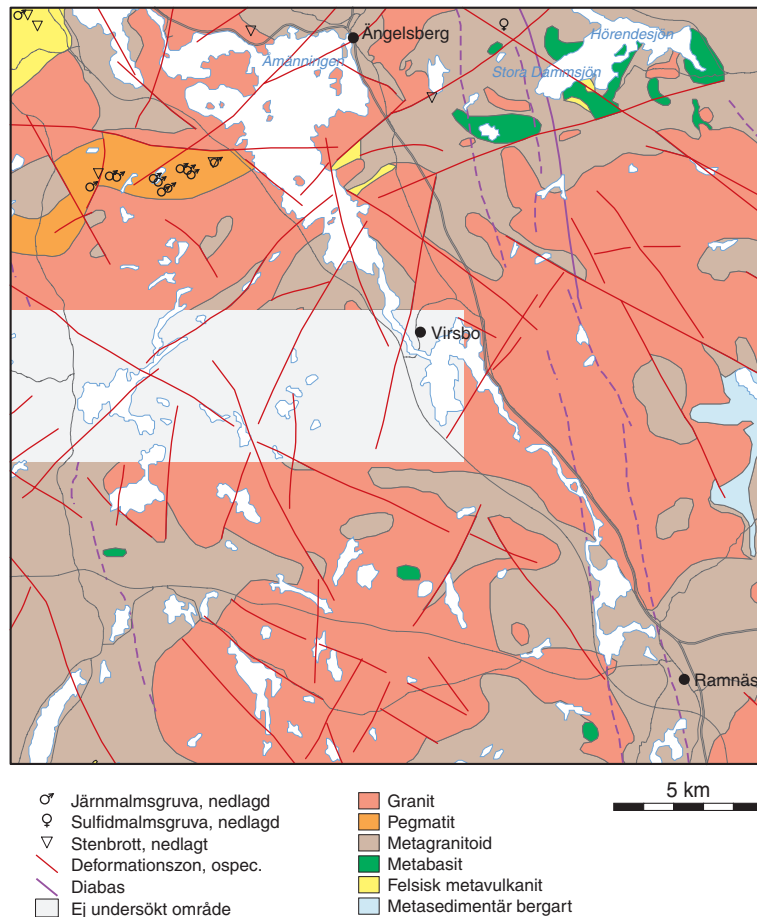


Fig. 2. Schematisk och preliminär berggrundskarta för kartområdet 11G Västerås NV. Observera att de områden som motsvaras av ekonomiska kartbladen (1:10 000) 7a–c ännu inte har undersökts. Streckad linjesymbol för diabas avser att bergarten endast är geofysiskt indikerad.

Bergarterna är övervägande medelkorniga och jämnkorniga till ojämnkorniga, men lokalt porfyrisk eller ögonförande. Strökokornen består av kalifältspat i felsiska led och av pyroxen i mafiska. Bergarterna är generellt folierade och/eller stängliga, men lokalt även massformiga.

### Syn- till senorogena intrusivbergarter

De yngre intrusivbergarterna har påverkats av deformation, men klipper dessutom tektoniska strukturer och kallas därför syn- till senorogena i förhållande till den svekokarelska orogenesisen. De bildar dels massiv, dels gångar och består av granit, pegmatit eller aplit. Bergarterna genomsätter den äldre berggrunden och gångvarieteterna slår även igenom bergarter av sin egen ungefärliga ålder. Den syn- till senorogena karaktären är speciellt uppenbar i pegmatiter, av vilka åtminstone två generationer finns. I den äldre generationen är gångarna parallella med de tektoniska strukturerna, bergarten i allmänhet grå och ger ett metamorft intryck. Den yngre pegmatitgenerationen skär de tektoniska strukturerna, har röd fältspat och ger ett opåverkat intryck.

Av de graniter som bildar massiv kan man urskilja två typer. Den ena typen är en fint medelkornig, jämnkornig bergart med en varierande mängd xenoliter av den äldre berggrunden. Graniten är av s.k. Stockholmstyp, men lokalt övergår den gradvis till Malingsbotyp. Den andra typen är en mer grovkornig, kalifältspatporfyrisk varietet med ett lokalt granodioritiskt eller, som oftast är fallet, mafiskt matrix. Det senare är typiskt för granit av s.k. Fellingsbrottyp. På vissa ställen är det svårt att säkert skilja mellan ögonförande äldre granitoid och folierad granit av Fellingsbrottyp.

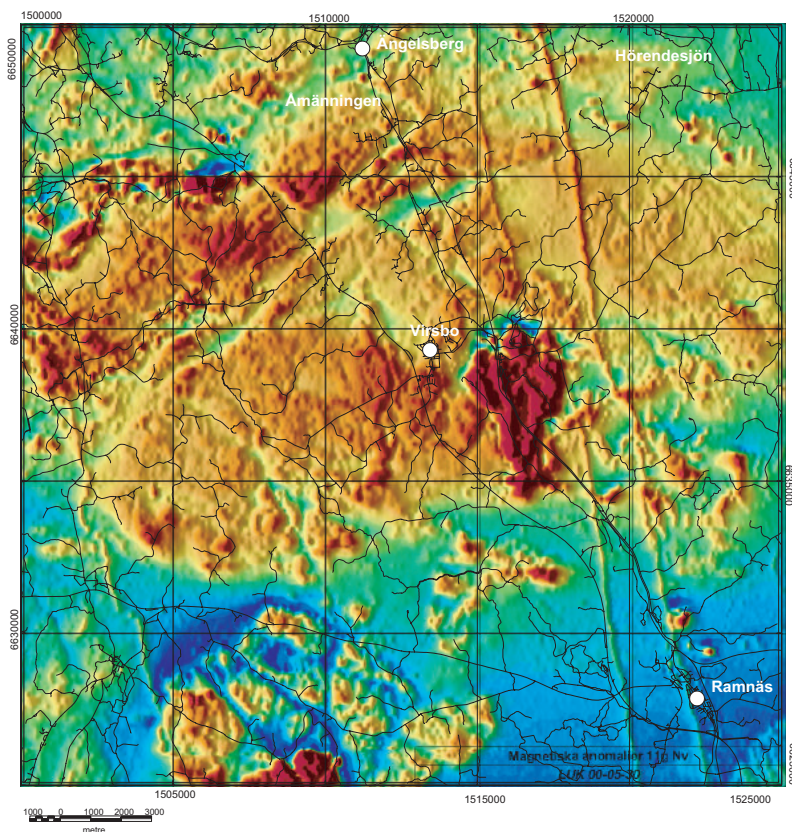


Fig. 3. Magnetisk anomalikarta över området 11G Västerås NV. I centrala delen syns den kraftigt magnetiserade "Virsbograniten" tydligt. De nordnordvästligt strykande, smala och uthålliga anomalierna orsakas av diabasgångar.

De yngre granitintrusionerna har tydliga geofysiska signalement, dels genom sina generellt förhöjda magnetiserbarheter (susceptibilitet =  $1\ 500 \times 10^{-5}$  SI-enheter), som får dem att kontrastera kraftigt mot äldre bergarter på den magnetiska anomalikartan (fig. 3), dels genom sina förhöjda gammastrålningsvärden. Den ovan nämnda Malingsbotypen är både torium- och urananomal (50 till 100 ppm Th respektive 20 till 30 ppm U). Utifrån de mätningar som hittills har utförts i dess utbredningsområde torde det s.k. radiumindexet ligga kring 1,4. Fellingsbrotypen visar liknande värden, men antalet mätningar är än så länge för litet för en säker bestämning. Fellingsbrogranittypens genes har för övrigt behandlats utförligt utifrån geofysiska och geokemiska aspekter av Öhlander & Zuber (1988) och Zuber (1986). I trakten av Virsbo finns den starkaste magnetiska anomalin i området. Här anstår en homogen och för det mesta svagt förskiffrad granit med mycket höga susceptibilitetsvärden (kring  $4\ 000 \times 10^{-5}$  SI-enheter). De strålningsvärden som föreligger från fem observationspunkter antyder att denna granit har låg uranhalt (<10 ppm) och att också toriumhalterna, i förhållande till andra yngre graniter, är låga (ca 20 ppm).

I området finns också större kroppar av övervägande pegmatit eller pegmatitisk granit (fig. 2). En intressant företeelse i dessa är förekomsten av magnetitmineraliseringar (se nedan). Molybdenglans förekommer sparsamt i pegmatiten. Bergarterna innehåller stora mängder xenoliter av äldre berggrund.

Lokalt kan man i och intill pegmatiterna se en omvandling, vilken sannolikt är relaterad till de ovan nämnda magnetitmineraliseringarna. Dels förekommer biotit- och kvartsomvandling i yngre granit intill pegmatitgångar eller pegmatitiska partier i graniten, dels magnetitblastes, lokalt associerad med blekning (reduktion?) av värdbergarten, i både granit, pegmatit och eventuella xenoliter i dessa. Därutöver förekommer en relativt sent bildad omvandling i två steg längs distinkta

sprickor i pegmatiten: a) epidot-grön glimmer (kloritiserad?)-magnetitombildning som överpräglas av b) kvartsombildning.

### **Diabas**

Genom karteringsområdet sträcker sig ett antal mycket uthålliga, positiva magnetiska anomalier som skär över äldre strukturer i berggrunden. Dessa anomalier har tolkats som diabasgångar. På vissa ställen syns sidoförskjutningar orsakade av yngre förkastningar. Ett fåtal av gångarna har även kunnat verifieras genom direkta fältobservationer. Dessa är särskilda från de tolkade i figur 2. Generellt är de nordligt till nordnordvästligt strykande gångbergarterna grusvittrade i detta område och därför sällan blottade. Bergarten är fin- till medelkornig, massformig och har lokalt en tydlig ofitisk textur.

### **Metamorfo**

Den metamorfa graden i kartområdet är inte utvärderad i detalj, men generellt torde den ligga i mellansta till övre amfibolitfacies. Detta baseras på en sannolik förekomst av cordierit, graden av omkristallisation av och storleken på mineralkorn i ytbergarterna samt på den höga frekvensen av synorogena gångar och ådror i den äldre berggrunden.

### **Strukturer**

Metavulkaniterna i det nordvästra hörnet av området (fig. 2) har en tidigt utbildad foliation som stupar flackt (ca 15°) åt sydväst. Den krenuleras av en lineation som också stupar flackt (15–20°) åt sydväst. Intrusivbergarterna i kartområdets norra delar domineras av en foliation vars strykning i grova drag är parallell med nyssnämnda lineation (dvs. den är nordostlig till ostnordostlig) och/eller av en stänglighet som också är parallell med lineationen i metavulkaniterna. Lineationens stupning kan variera från flackt västlig till dito östlig. Lokalt kan en äldre planstruktur urskiljas i djupbergarterna i detta område, här dock närmast i form av en foliation eller en litologisk bandning, vilken krenuleras av ovannämnda lineation. Exempel på litologisk bandning är flackt stupande skivor av omväxlande äldre tonalit och granit i m-skala och av omväxlande yngre och äldre granit i 100 m-skala. I det senare fallet är den yngre graniten i allmänhet massformig, men kontaktparallell foliation förekommer lokalt.

I områdets södra delar förekommer också en ostnordostligt strykande foliation, men lokalt dominerar en västnordvästlig eller nordvästlig foliation.

En del sliror eller restiter i yngre graniter av Stockholms- eller Malingsbotyp är orienterade parallellt med den ostnordostligt strykande foliationen ovan. Lokalt har nämnda graniter också en tektonisk foliation i denna riktning. Yngre granit av Fellingsbotyp förefaller att vara opåverkad av den ostnordostliga foliationen, men är lokalt drabbad av den ovannämnda västnordvästliga.

Ett stort antal sent bildade deformationszoner av spröd karaktär förekommer i området. Utbredningen av dessa (fig. 2) är till största delen baserad på tolkning av geofysiskt och topografiskt underlag, men delvis även på fältobservationer. Lokalt förekommer kvartsbrecciering i samband med zonerna, lokalt kataklas av omgivande berg.

## Naturresurser

### *Krossberg*

De jämn- och relativt finkorniga yngre graniterna torde vara användbara som krossberg. Dock måste hänsyn tas till deras strålningsegenskaper.

### *Industrimineralförekomster*

De spröda deformationszonerna är lokalt associerade med kvartsbrecciering, vilket föranlett brytning på några ställen. Lokalt är dock kvartsbrotten upptagna i grov och kvartsrik pegmatit. Av den första typen finns en mindre, nästan utbruten förekomst invid Stora Dammsjön, väster om Hörendesjön. Kvartsen är till stor del breccierad och uppblandad med en del fältspat. Bergartens totalstrålning är låg (omkring 3–4  $\mu\text{R}/\text{t}$ ).

Den grusvittrade diabasen har brutits (grävt) på ett par ställen i området. Den har utan vidare förädling kunnat användas som jordförbättringsmedel.

### *Metalliska mineralförekomster*

Inom området finns ett antal smärre gruvhål och skärpningar upptagna antingen på magnetit eller sulfider.

Magnetit förekommer både traditionellt i skarnig metavulkanit och i pegmatit. I det senare fallet är det oklart om mineraliseringen är relaterad till pegmatiten i sig, eller om den beror på att pegmatiten innehåller magnetitrika xenoliter av äldre berggrund. Omvandlingarna som ovan beskrivits talar dock för att den förra förklaringen är möjlig. Förekomsten av xenoliter kan ha verkat som en katalysator för utfällning av magnetit och kristallisation i övrigt genom att bilda lokala tryckskuggor och/eller genom att bidra med lösningar. I anslutning till mineraliseringar kan grovkornigt pyroxen- och amfibolskarn förekomma.

Magnetkis ( $\pm$ kopparkis) förekommer i två gruvhål (Spikgruvan, 9d). Mineraliseringen sitter i en förkislad och hornbländeförande bergart, vilken troligen är traktens mer eller mindre finkorniga metagranit (subvulkanit?).

## KARTOMRÅDET 12H SÖDERFORS SV/SO

Området ligger i Uppsala och Västmanlands län och omfattar delar av Tierps, Uppsala och Heby kommuner. Som karteringsunderlag användes ekonomiska kartan i skala 1:20 000 och 1:10 000 (2 blad) samt fastighetskartan i skala 1:12 500. Hällar från tidigare utförda jordartskarteringar (12H SO: Grånäs 1989, 12H SV: SGU, opublicerat) överfördes till fältkartorna. För lägesbestämning av observationslokaler användes GPS.

Äldre geologiska kartor med beskrivningar som berör området finns i Erdmann (1865), Hummel (1865), Gumaelius (1868), Stolpe (1869), Pettersson (1871), Sandegren & Asklund (1946) och Lundegårdh & Lundqvist (1956). Den sydöstra delen av området berörs av Lundegårdh (1957). Över de angränsade områdena Östhammar och Avesta finns moderna berggrundsgeologiska kartor med beskrivningar (Stålhös 1991, Persson 1997).

Geofysisk information för området föreligger i form av flygmätta data från 1998 av det magnetiska fältet, gammastrålning (totalstrålning, kalium, uran och torium) och elektromagnetism (VLF med två sändare). Flyghöjden var 60 m, linjeavståndet 200 m och flygriktningen nord-syd. Positionsbestämning gjordes med dGPS. I området har 592 tyngdkraftspunkter mätts, 334 i kartområdet 12H SO och 258 inom 12H SV. Från tidigare undersökningar finns petrofysiska data från 65 provtagningspunkter.

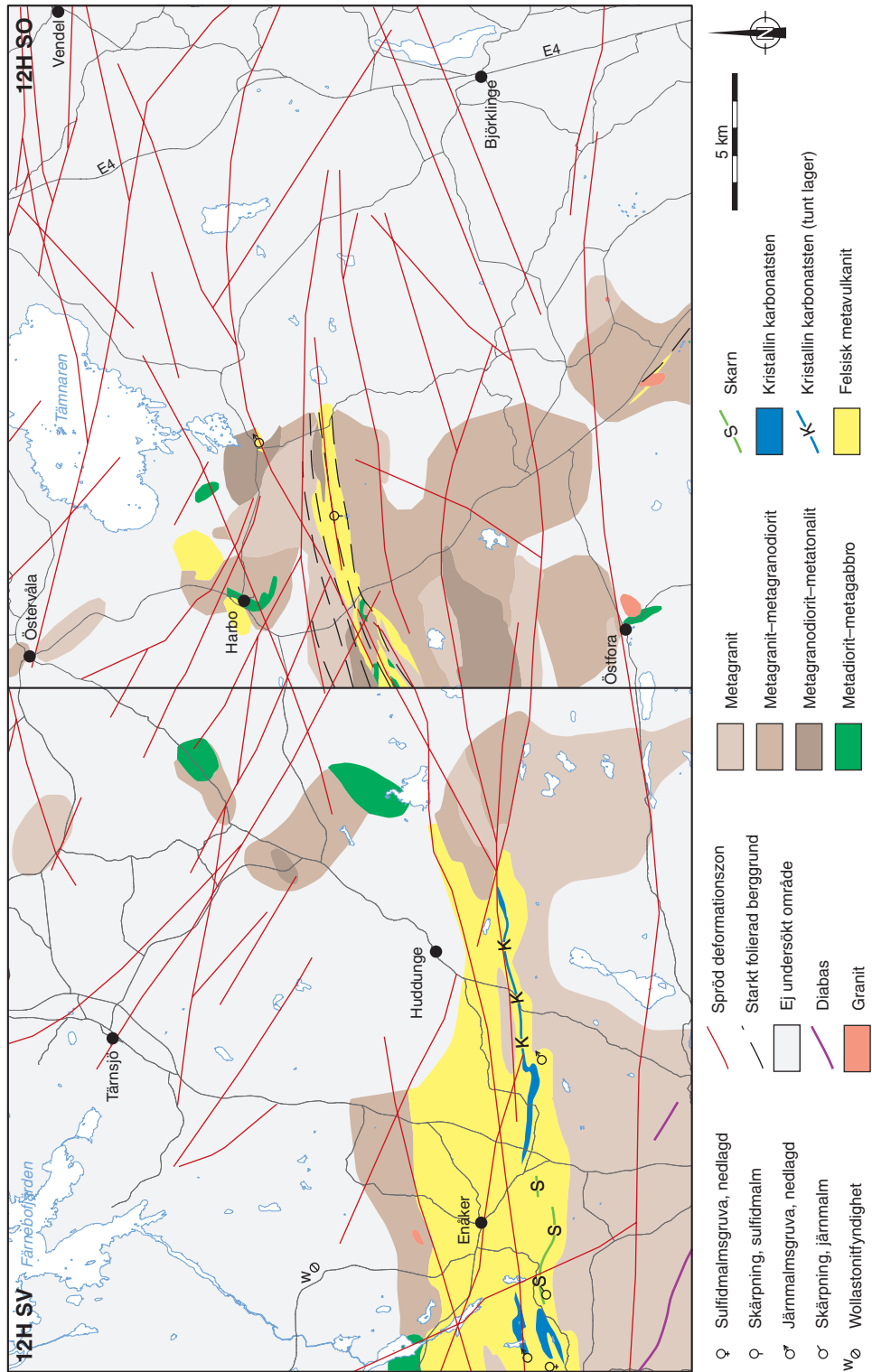


Fig. 4. Förenklad karta över området 12H Söderfors SV/SO med en preliminär skiss över berggrunden i de under år 2000 karterade delarna.

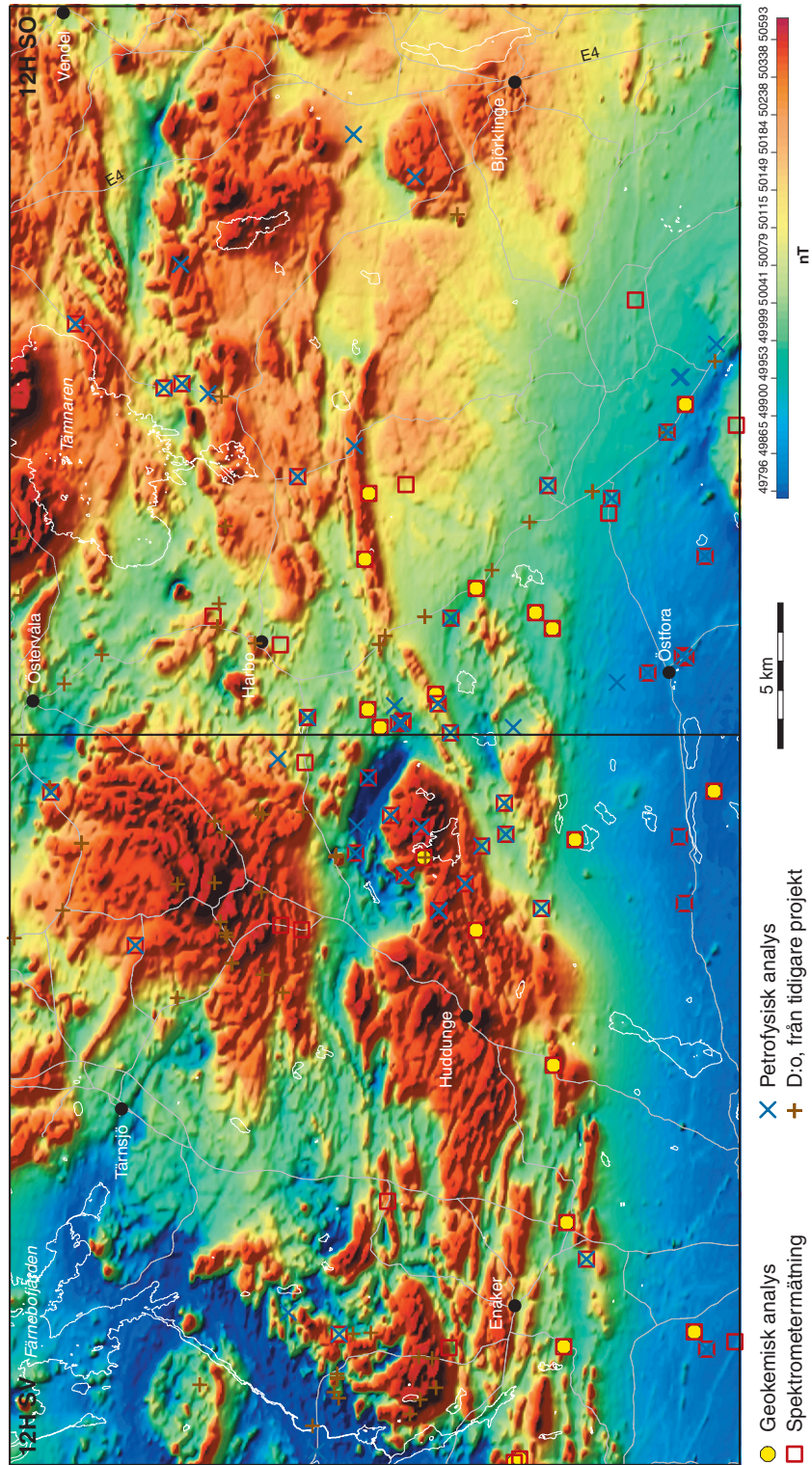


Fig. 5. Magnetisk anomalikarta över området 12H Söderfors SV/SO, med markering av lägen för geokemiska bergartsanalyser, spektromettermätningar och petrofysiska analyser.

Under år 2000 gjordes ca 600 hålobservationer inom kartbladsområdet och de fördelar sig över en karterad yta på ca 400 km<sup>2</sup>. En preliminär skiss över berggrunden i de karterade områdena visas i figur 4. En preliminär tolkning av deformationszoner från den magnetiska anomalikartan (fig. 5) som gjordes som stöd inför fältarbetet visas också i figur 4. Årets geofysiska fältinsats koncentrerades på strålningsmätning och petrofysisk provtagning. Strålningsmätning av totalstrålning, kalium, uran och torium utfördes på 53 lokaler (174 mätningar). Laboratoriemätningar av densitet, susceptibilitet och remanens har utförts på 69 petrofysikprov. Provpunkternas lägen finns redovisade i figur 5.

## Bergarter

Berggrunden i området domineras av tidigorogena intrusivbergarter. Begreppet orogen syftar här på den svekokarelska orogenesen. I intrusivbergarterna finns stråk med svekofenniska metavulkaniska bergarter och kristallin karbonatsten (ytbergarter). I mindre omfattning förekommer sensvekokarelsk granit och pegmatit samt postsvekokarelsk diabas.

### Ytbergarter

I den södra halvan av området 12H SV finns ett ca 5 km mäktigt stråk med felsisk metavulkanit och inlagrad kristallin karbonatsten (fig. 1). Stråket har en öst–västlig utbredning över större delen av kartområdet och utgör en sammanhängande fortsättning (via 12G SO) av Salaområdets sekvens med metavulkaniter och karbonatstenar (Persson 1997, Ripa & Kübler 2000).

Bergarterna i metavulkanitstråket är till stor del mycket finkorniga till täta (s.k. hälleflinta) och har en konsekvent stratigrafi i större delen av området. Från söder till norr kan följande viktigare enheter urskiljas: *a*) delvis finbandad och ställvis mineraliserad (järnmalm och sulfider) ”hälleflinta” (fig. 6a) med inlagrad karbonatsten (mest kristallin kalksten, fig. 6b) och skarn (ställvis stora förekomster, fig. 6c), *b*) en successiv övergång mot fragmentförande led (lapilli och grövre fragment), *c*) kvarts- och/eller fältspatporfyrisk metavulkanit (delvis starkt röd och högmagnetisk), *d*) en mer omkristalliserad, trolig metavulkanit, delvis gnejsig och granitoidliknande. Inga säkra uppåtstrukturer har observerats, men regionala undersökningar i Bergslagen indikerar att bildningen av karbonatsten, skarn och järnmalm markerar slutfasen av den vulkaniska aktiviteten (Allen m.fl. 1996). Detta innebär att uppåt i lagerföljden är mot söder i undersökningsområdet.

De undersökta felsiska metavulkaniska bergarterna inom kartområdet 12H SO är uteslutande kvarts- och/eller fältspatporfyrisk. Skarnrika partier förekommer lokalt. I Harbotrakten finns relativt välbevarade kvartsporfyrisk metavulkaniter medan bergarterna mot söder i allmänhet är starkt folierade. I många områden är metavulkaniterna relativt glimmerrika, vilket kan bero på hydrotermal omvandling.

### Tidigorogena intrusivbergarter

De tidigorogena intrusivbergarterna innefattar mer eller mindre deformerad och metamorfoserad gabbro, diorit, kvartsdiorit, tonalit, granodiorit och granit. En kemisk klassificering av 12 bergartsprover tagna under år 2000 visas i figur 7.

Röd till gråröd metagranit finns i ett antal mindre områden. Fältrelationerna tyder på att metagraniten är den yngsta av de tidigorogena intrusivbergarterna. Det stora lågmagnetiska området i södra delen av den magnetiska anomalikartan (fig. 5) orsakas inom 12H SV av en ljus grå till rödgrå, odeformerad och absolut homogen metagranit, så kallad Salagranit. Norr om metavulkaniterna ersätts den av metagranodiorit och röda varieteter av metagranit. Mot öster (12H SO) motsvaras det lågmagnetiska området till stor del av en grå, medelkornig metagranit som möjligen gradvis övergår i metagranodiorit mot norr. Söder om metavulkanitstråket här finns ett större område med röd-

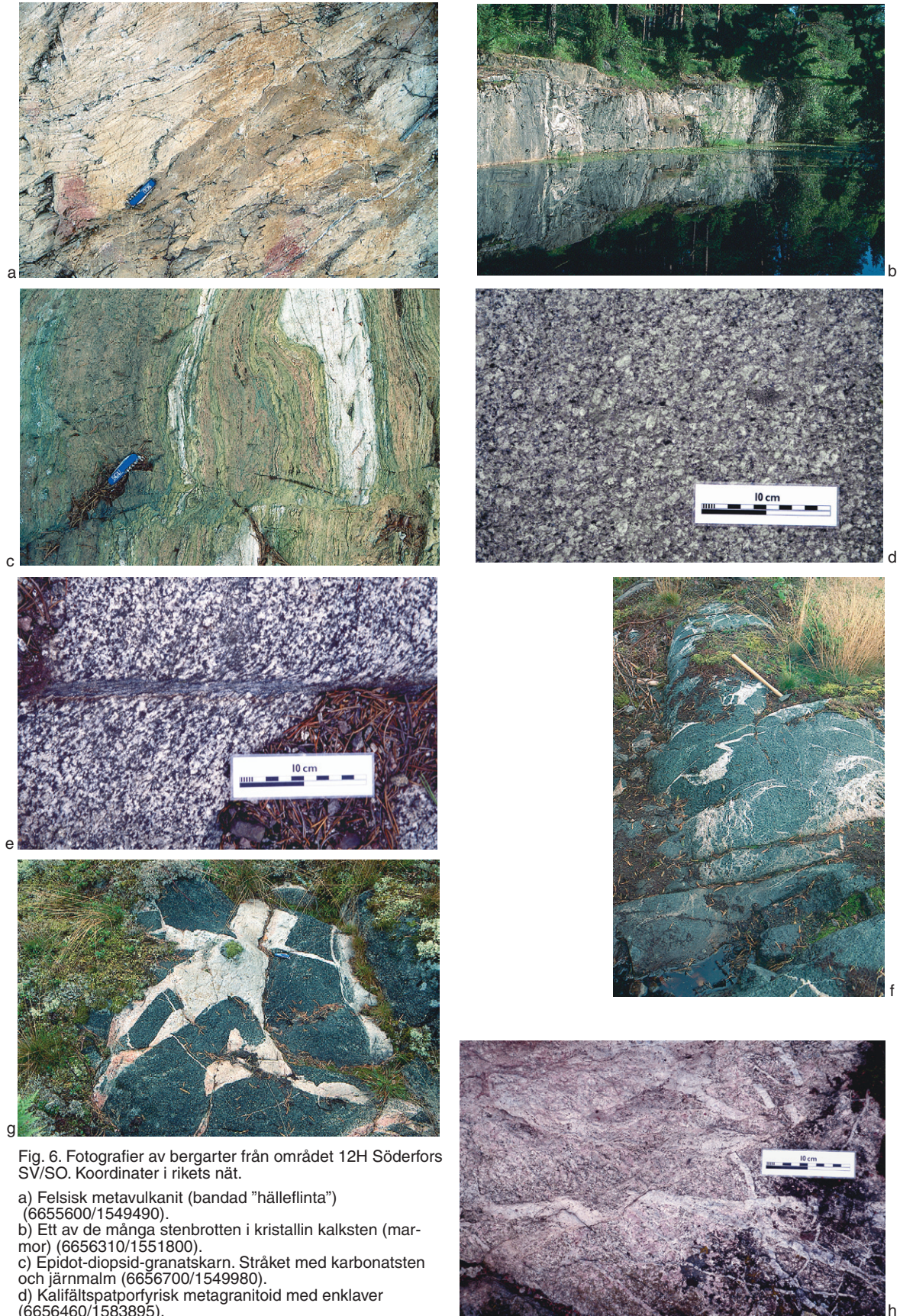


Fig. 6. Fotografier av bergarter från området 12H Söderfors SV/SO. Koordinater i rikets nät.

a) Felsisk metavulkanit (bandad "hällflinta") (6655600/1549490).

b) Ett av de många stenbrotten i kristallin kalksten (marmor) (6656310/1551800).

c) Epidot-diopsid-granatskarn. Stråket med karbonatsten och järnmalm (6656700/1549980).

d) Kalifältspatporfyrisk metagranitoid med enklaver (6656460/1583895).

e) Metatonalit med dextral/västra-sidan-upp skjuvzon (6656995/1577680).

f) Metagabbro som slås igenom av senorogen aplit/granit (6667940/1572010).

g) D:o, detalj av föregående.

h) Kvartsbreccierad, rödpigmenterad metagranit (6655715/1584065).

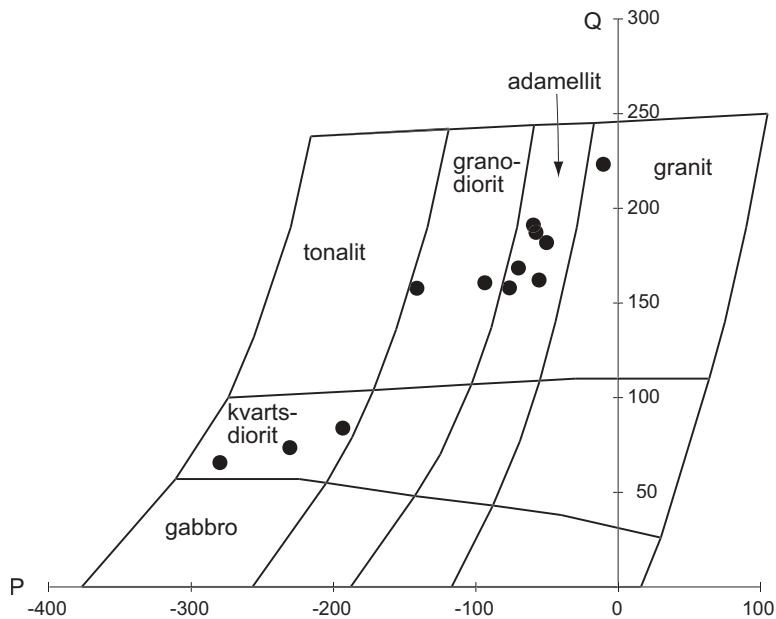


Fig. 7. Klassificering av tidigorogena intrusivbergarter från kartområdet 12H Söderfors SV/SO i ett Q-P-diagram (Debon & Le Fort 1983).

grå, medelkornig, kalifältspatporfyrisk metagranit till metagranodiorit (fig. 6d). Denna bergart är typiskt hornbländeförande och innehåller mafiska enklaver. Även den grå, medelkorniga metatonaliten (fig. 6e) är enklavförande. Skarpa kontakter har observerats mellan röd metagranit, metagranodiorit och metatonalit. Stora förekomster av metadiorit och metagabbro finns öster om Huddunge och i kartområdets västra kant (endast delvis karterade, fig. 6f–g). Dessutom förekommer mindre, mafiska intrusioner i det östra kartområdet, i många fall i nära anslutning till felsisk metavulkanit.

### Senorogena intrusivbergarter

Några mindre kroppar av granit har påträffats i kartområdets södra del och en liten intrusion finns strax norr om Enåker. Graniten är grå till rödgrå, fint medelkornig och massformig eller svagt folierad, i något fall finns även glimmerrika sliror (spökstrukturer). I vissa delar av kartområdet förekommer rikligt med gångar av pegmatit och applit.

### Diabas

I det lågmagnetiska området i södra delen av kartområdet finns ett antal smala långsträckta, positiva magnetiska anomalier (fig. 5) som kan tolkas som diabasgångar. Den diabasgång som syns i kartområdets sydvästra hörn (fig. 4) har även observerats i håll.

### Strukturer

Ett flera kilometer brett stråk med stark plastisk deformation och ostnordostlig riktning finns söder om Harbo. Minerallineationerna stupar brant och rörelseriktningen har på flera ställen kunnat konstateras vara norra sidan upp. Söder om denna skjuvzon är berggrunden betydligt svagare deformerad och massformiga bergarter är vanligt förekommande.

Spröda deformationszoner som tolkats från magnetiska data visas i figur 4. Huvudriktningarna är ostnordost, ost–väst och västnordväst. Tektoniska breccior och kvartsrika omvandlingsbergarter

(fig. 6h) har påträffats i anslutning till den ost–västliga zonen öster om Östfora. Ett större hällområde med en kataklastiskt påverkad ljus metagranit har observerats i anslutning till en av ovanstående zoner, ungefär mitt emellan Östfora och Huddunge.

## Naturresurser

### Industrimineralförekomster

Vid Banmossen, ca 5 km norr om Enåker (fig. 4) finns en av Europas största kända förekomster av wollastonit. Fyndigheten är borrhärdad, malmberäknad och provbruten och ligger för närvarande i inledningskedet av en eventuell storskalig brytning. Den beräknas innehålla knappt 2 miljoner ton malm med 30 % wollastonit och 16 % mikroklin. Bildningen tolkas enligt MIRAB (L.-Å. Claesson, muntl. medd.) som en skarnbildning i intermediär till felsisk metavulkanit. Den omgivande berggrunden domineras av intrusiva metamafiter.

Kristallin karbonatsten (marmor) har brutits under lång tid (flera hundra år) och i ett stort antal brott av varierande storlek. Bergarten har bränts i kalkugnar i anslutning till stenbrotten, och därefter använts i processen för järnframställning. I det stråk som nämns i stycket ”Ytbergarter” ovan, finns allt från små mosstäckta gropar till stora, vattenfyllda stenbrott från modern tid.

### Metalliska mineralförekomster

Ransta järnmalmsgruva, ca 5 km öster om Harbo (fig. 4), bröts från slutet av 1200-talet och är den äldsta kända gruvan i Uppland. Brytningen upphörde på 1500-talet men återupptogs och fortsatte sedan under hela 1700-talet. Delvis kompakt magnetit förekommer tillsammans med granat, amfibol, epidot och kvarts. Lokalt finns små mängder sulfider. Sidoberget utgörs av grå, finkornig, delvis skarnig, felsisk metavulkanit. Längs metavulkanitstråket, vanligen i anslutning till karbonatstensförekomster, finns flera mindre gruvhål som brutits på skarnig magnetitmalm. De flesta finns i den västligaste delen av kartområdet, där även en del små sulfidmalmer brutits, bland annat i Nygruvan (koppars-zink). Enligt varp och sidoberg från den senare har den brutna malmen utgjorts av en sulfidimpregnerad i felsisk metavulkanit, som delvis är förkislad (”malmkvartsitisk”), delvis starkt skiffrig. En tidigare okänd skärpning med järnsulfider har påträffats sydost om Harbo (fig. 4). I varpen finns glimmeromvandlad felsisk metavulkanit och en felsisk intrusivbergart som båda är sulfidimpregnerade.

## LITTERATUR

- Allen, R.L., Lundström, I., Ripa, M., Simeonov, A. & Christofferson, H., 1996: Facies analysis of a 1.9 Ga, continental margin, back-arc, felsic caldera province with diverse Zn-Pb-Ag-(Cu-Au) sulfide and Fe oxide deposits, Bergslagen region, Sweden. *Economic Geology* 91, 979–1008.
- Ambros, M., 1983: Berggrundskartan Lindsberg NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 141*, 75 s.
- Ambros, M., 1988: Berggrundskartorna Avesta NV och SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 152 och 153*, 84 s.
- Arnbom, J.O., 1999: Berggrundskartan 11G Västerås SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 204*, 46 s.
- Debon, F. & Le Fort, P., 1983: A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. *Transactions of Royal Society of Edinburgh, Earth Sciences* 73, 135–149.
- Erdmann, E., 1865: Några ord till upplysning om bladet Lindsbro. *Sveriges geologiska undersökning Aa 14*, 67 s.
- Grånäs, K., 1989: Jordartskartan 12H Söderfors SO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 104*.
- Gumaelius, O., 1868: Bladet Sala. *Sveriges geologiska undersökning Aa 26*, 127 s.
- Gumaelius, O., 1871: Bladet Engelsberg. *Sveriges geologiska undersökning Aa 42*, 50 s.

- Hummel, D., 1865: Några ord till upplysning om bladet Skattmansö. *Sveriges geologiska undersökning Aa 15*, 60 s.
- Kugelberg, O.F., 1862: Bladet Skultuna. *Sveriges geologiska undersökning Aa 3*, 32 s.
- Lundegårdh, P.H., 1957: Petrology of the Uppsala region, eastern Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C 544*, 74 s.
- Lundegårdh, P.H., 1983: Berggrundskartan Lindesberg SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 139*, 58 s.
- Lundegårdh, P.H. & Lundqvist, G., 1956: Beskrivning till kartbladet Uppsala. *Sveriges geologiska undersökning Aa 199*, 117 s.
- Lundegårdh, P.H. & Nisca, D., 1978: Berggrundskartan och geofysiska kartorna Västerås SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 122*, 60 s.
- Lundqvist, T., Bygghammar, B., Stephens, M.B., Beckholmen, M. & Norling, E., 1994: Sveriges berggrund i skala 1:250 000. I C. Fredén (red.): *Berg och jord. Sveriges Nationalatlas*.
- Magnusson, E., 1997: Jordartskartan 11G Västerås NV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 120*, 68 s.
- Persson, L., 1997: Beskrivning till berggrundskartorna Avesta SO och NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 189*, 187, 69 s.
- Pettersson, A.L.Th., 1871: Några ord till upplysning om bladet Salsta. *Sveriges geologiska undersökning Aa 43*, 54 s.
- Ripa, M. & Kübler, L., 2000: Kartbladet 11G Västerås NO. I H. Delin (red.): *Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1999. Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 102*, 20–26.
- Sandegren, R. & Asklund, B., 1946: Beskrivning till kartbladet Möklinta. *Sveriges geologiska undersökning Aa 186*, 101 s.
- Stolpe, M., 1866: Bladet Ramnäs. *Sveriges geologiska undersökning Aa 19*, 39 s.
- Stolpe, M., 1869: Några ord till upplysning om bladet Upsala. *Sveriges geologiska undersökning Aa 31*, 70 s.
- Strömberg, A.G.B., 1983: Berggrundskartan Ludvika SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 128*, 99 s.
- Stålhös, G., 1991: Beskrivning till berggrundskartorna Östhammar NV, NO, SV, SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 161, 166, 169, 172, 249* s.
- Zuber, J., 1986: Geological interpretation of gravity and aeromagnetic surveys over the Fellingsbro–Blixterboda granite. *GFF 107*, 203–213.
- Öhlander, B. & Zuber, J., 1988: Genesis of the Fellingsbro-type granite: evidence from gravity measurements and geochemistry. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 110*, 39–54.

E-post: stefan.bergman@sgu.se    hans.delin@sgu.se    lutz.kubler@sgu.se  
 magnus.ripa@sgu.se    johan.soderman@sgu.se

## Kartbladen I8F Bräcke NV, NO och I9F Häggenås SV, SO

**Lena Lundqvist, Lars Karis och Ildikó Antal**

Fältarbetena avslutades sommaren 2000 och arbetet med kartbladen inriktades under hösten på bearbetning, tolkning och sammanställning. Slutkursionen genomfördes i juni 2000 och ett digitalt manus till kartan är klart. Slutligt manus skall levereras till produktframställning i januari/februari 2001.

E-post: lena.lundqvist@sgu.se    lars.karis@sgu.se    ildiko.antal@sgu.se

# Kartbladen 21K Robertsfors och 21L Änäset

*Torbjörn Thelander och Leif Kero*

## INLEDNING

Undersökningen av kartområdet 21K och 21L påbörjades 1995 och avslutades 2000. Med uppehåll för 1997 har sammantaget fem fältsäsonger anslagits åt projektet. De geologiska arbetena leddes under 1995–1996 av Lars Kristian Stölen och 1998–2000 av Torbjörn Thelander. Geofysiker har varit Leif Kero sedan 1995. De tidigare årens resultat har rapporterats fortlöpande (Stölen & Kero 1996, 1997, Thelander, Kero & Stölen 1999 samt Thelander & Kero 2000).

Under fältsäsongen 2000 koncentrerades bergrundskarteringarna till kartområdet 21L Änäset NV (Sam Sukutjo 8 fältveckor) och kvarvarande delar av 21K Robertsfors NO. Dessutom har revidering av samtliga kartbladsområden utförts (Torbjörn Thelander 9 fältveckor). Den geofysiska fältinsatsen uppgick till 2 veckor och användes för kompletteringsmätningar.

Den geologiska översiktskartan i figur 1 utgör en sammanställning av fem geologiska kartor i skala 1:50 000, vilka samtliga finns tillgängliga i MapInfo-format.

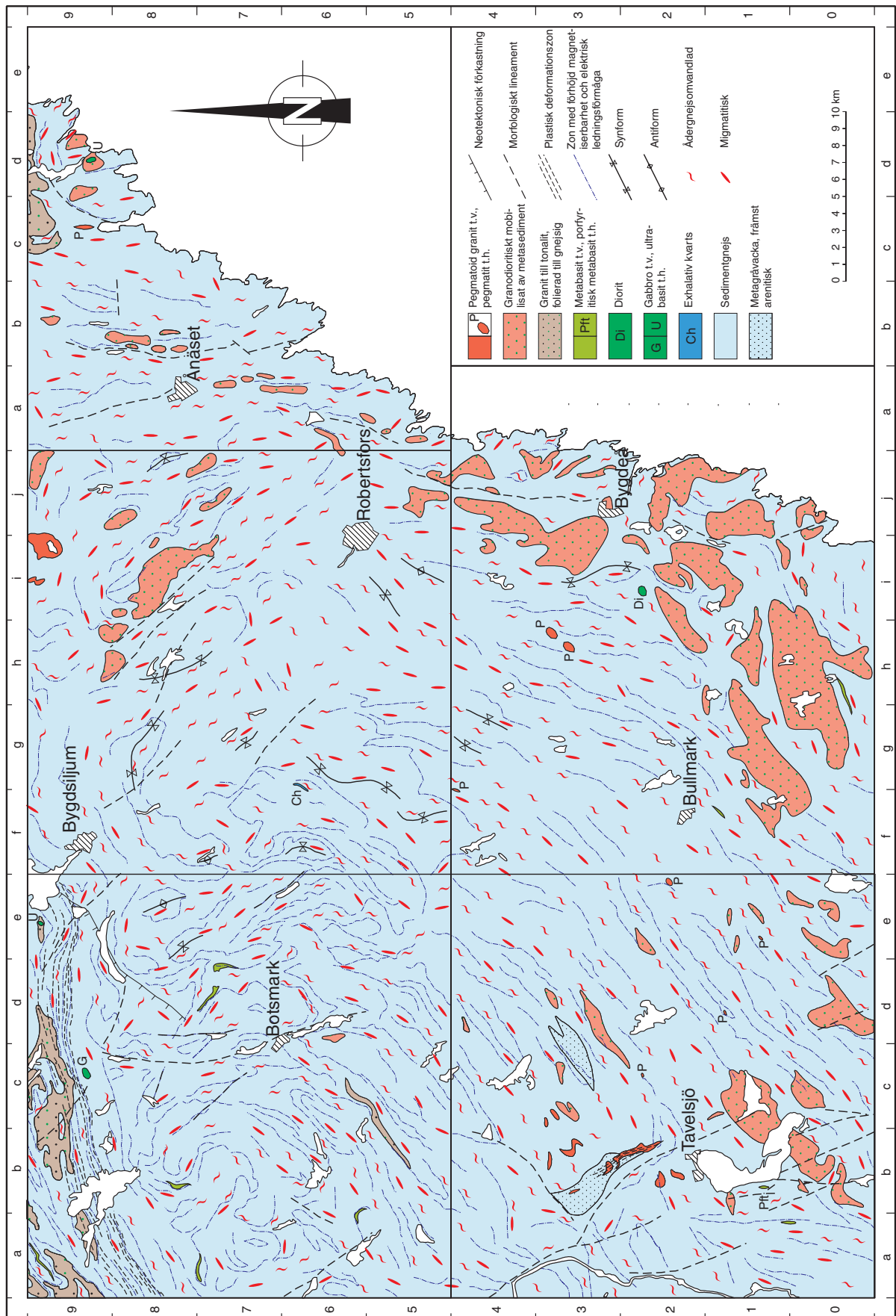
## ALLMÄN GEOLOGI

Området ligger söder om Skelleftefältet och tillhör den botteniska bassängen inom den fennoskandiska urbergsskölden. Berggrunden domineras helt av sedimentära bergarter som, efter litifiering till huvudsakligen gråvacka, i varierande omfattning har genomgått ådergnejsomvandling och migmatitiserings. Bandade metabasiter uppträder sparsamt inom hela kartområdet och antas ha avsatts som submarina lavar tillsammans med sedimenten, vilka främst bildades genom avsättning ur gravitationsdrivna turbiditiska slamströmmar. Ett fåtal basiska intrusioner förekommer och spänner i sammansättning från ultrabasisk till dioritisk. Intrusioner av denna typ har i närliggande kartområden daterats till ca 1850–1900 miljoner år. I kartområdets norra delar finns också tidigt bildade intrusioner med granitisk till tonalitisk sammansättning. Den regionala metamorfosen, som antas ha kulminerat för 1800–1850 år sedan, resulterade i en så långt gången uppsmältning, att ett mobilisat med granodioritisk sammansättning ställvis helt dominerar över de bevarade gnejsresterna. Även pegmatitoida graniter kom att bildas på detta sätt. Tillsammans med gnejserna uppträder ofta pegmatitiska eller granitiska körtlar och gångar av varierande, men vanligen obetydlig storlek.

## METASEDIMENTÄRA BERGARTER

De metasedimentära bergarterna dominerar berggrunden fullständigt. De är nu mer eller mindre starkt omvandlade till gnejs, ådergnejs eller migmatit. Vid fortsatt uppsmältning bildades ett granitiskt eller granodioritiskt mobilisat som nu uppträder i form av oregelbundna kroppar, gångar eller körtlar i gnejserna. Mobilisatet uppträder omväxlande parallellt med eller övertvärande gnejsbandningen. Områden där migmatitiserings av den äldre berggrunden blivit så genomgripande, att det omkristalliserade mobilisatet dominerar kraftigt över sedimentgnejsen är markerade på kartan som granodioritiskt mobilisat med sedimentärt ursprung. I sin mest typiska form är mobilisatet massformigt och ojämnkornigt, på många ställen med stora, spridda fältspatkristaller. Varieteter som visar en relik gnejsbandning eller har inslag av sedimentgnejs i form av sliror eller xenoliter förekommer, liksom övergångsformer till starkt migmatitiserad ådergnejs. Gränsen mellan områden som domineras helt av granodioritiskt mobilisat och områden med migmatitisk sedimentgnejs är på många håll svår att fastställa i fält.

# 21K ROBERTSFORS / 21L ÅNÅSET



Förekomster av ursprunglig gråvacka, ställvis med bevarade primära sedimentära strukturer, finns nu huvudsakligen som spridda områden inom kartområdet 21K SV, där den största sammanhängande förekomsten finns inom ett område som utgörs av Varmvattsberget, Kvarnhusberget och Hara-berget (21K 3b). Ytterligare ett relativt stort sammanhängande område förekommer norr om byn Kroksjö (21K 3 c–d). För övrigt uppträder bevarad gråvacka vanligen bara som tunna (dm- till metertjocka) inlagringar eller fragment i sedimentgnejserna.

Gråvackan innehöll ursprungligen spridda, tunna lager av oren kalksten som nu är omvandlade till kalksilikatmineral (skarn) och uppträder som boudiner eller tunna linser.

De geofysiska mätningarna visar ett komplicerat mönster av magnetiska horisonter och/eller elektriska ledare. Detta indikerar att såväl magnetisförande som grafitförande horisonter är vanliga inom sedimentgnejsområden. Här och var är horisonterna blottade och uppträder då vanligen som 1–10 m breda zoner. På vissa ställen är dock flera horisonter koncentrerade och bildar betydligt bredare områden med en varierande grad av förhöjning hos både magnetisering och elektrisk ledningsförmåga. Från undersökningar på Brännmyrberget (21L 9d) har bl.a. Kübler (1999) visat att dessa anomaliområden kan vara ett par hundra meter breda. Zonerna med förhöjd magnetiserbarhet och ledningsförmåga utreds utförligare i ett särskilt avsnitt nedan.

En kvartsrik bergart vid Liljabäck (21K 6g) är avvikande gentemot övriga sedimentära bergarter inom kartområdet. Den växlar i färg mellan ljus grå och blågrå. Förutom kvarts förekommer amfibol och disseminerad magnetit, som varit utsatt för brytning i liten omfattning. Den har en blottad mäktighet av ca 60 m och kan följas 600 m i nord-sydlig riktning. Geofysisk profilmätning (magnetisk och VLF) visar dock att kroppen sannolikt är ca 100 meter bred och att den har brant stupning. Bergarten ligger isolerad i sedimentgnejs och visar hydrotermal omvandling med bl.a. epidotfyllda sprickor. Dess ursprung är oklart, men eventuellt har den bildats genom exhalativ utfällning i samband med vulkanisk aktivitet.

Gammalspektrometermätningar visar att kaliumhalten i kvartsbergarten vid Liljabäck understiger detektionsgränsen 0,1% K. Samma typ av analyser visar också att praktiskt taget alla uppmätta halter av spårämnen uran och torium är <0,1 ppm. Detta är anmärkningsvärt och särskiljer bergarten i denna lokal från resultat som erhållits från liknande bergartstyper belägna norr om kartområdet.

## METAVULKANISKA BERGARTER

Klara belägg för vulkaniskt bildade bergarter inom kartbladsområdet 21K och 21L finns inte, men i likhet med förhållandena i angränsande kartbladsområden i norr har sannolikt vulkanisk aktivitet förekommit även här. Därför bedöms t.ex. de metabasiska eller amfibolitiska bergarterna som ligger inlagrade i sedimentgnejserna ha ett vulkaniskt ursprung. Tolkningen baserar sig främst på den kemiska sammansättningen, som visar överensstämmelse med den hos de basiska lavar som uppträder norr om kartbladsområdet.

Metabasiten är vanligen finkornig och i en del fall metamorft bandad. Strukturer som kan ge en vägledning om bildningssättet har inte påträffats. Om sådana funnits primärt är det troligt att den genomgripande veckdeformationen som präglar berggrunden inom kartområdet har suddat ut dem. Metabasitförekomsterna uppträder till synes konformt med den kraftigt veckade bandningen i sedimentgnejserna. Deras bredd överstiger i några fall ca 70–100 meter, men de flesta är betydligt tunnare. Amfibol och plagioklas är de helt dominerande mineralgrupperna, olivin påträffas ställvis. Några av förekomsterna genomsätts av eller är associerade med pegmatitgångar.

Gnejser med sur till intermediär sammansättning i närheten av Backviken (21K 9e) finns beskrivna från kärnbörningar, och ett eventuellt ursprung som felsiska vulkaniter har föreslagits (Filén 1981). Bergartstypen finns blottad i höjdryggen väster om Backviken, men säkra belägg för ursprung- et har inte påträffats där.

Fig. 1. Berggrundskarta sammanställd från fältarbete 1995–2000.

## TIDIGSVEKOKARELSKA INTRUSIVA BERGARTER

I de nordligaste delarna av kartområdet 21K NV förekommer små ultrabasiska kroppar som tillhör ett stråk med spridda ultrabasiska kroppar, vilket sträcker sig i ONO-lig riktning in i angränsande kartbladsområden i väster (21J Vindeln) och nordost (22K Skellefteå). Vid Backviken (21K 9e) och Grubbsmyrheden (21K 8a) har några av dessa ultrabasiska kroppar genomborrats i samband med nickelprospektering under 1970- och 1980-talen (Filén 1981, Åkerman 1981, 1987a). Påvisade mäktigheter är 75 m resp. 25 m. Från nickelprospekteringen rapporteras även en ca 100x100 meter stor blottning av ultrabasit vid Munkviken (21L 9d, Åkerman 1987b). Ytterligare en liten ultrabasisk kropp finns inom kartområdet (21K 4e) och den är kraftigt aktinolit-tremolitomvandlad. Den visar även serpentin- och talkomvandling. Spridda blockfynd antyder att ytterligare några ultrabasiska bergartskroppar kan förekomma inom kartområdet (t.ex. på Långbergets sydostsluttning 21K 9i, Åkerman 1987a).

Bland de basiska intrusionerna märks också en gabbro (21K 9c) samt en diorit (21K 2i). Gabbbron som har en blottad utbredning av 500x300 m är störst av de två.

Tidigsvekokarelska intrusiva bergarter med en granitisk till tonalitisk sammansättning har störst utbredning inom kartområdets norra delar. De är vanligen medel- till grovkorniga, grå och något folierade. Mineralsammansättningen domineras av kvarts, kalifältspat, plagioklas och biotit.

## SENSVEKOKARELSKA INTRUSIVA BERGARTER

Det granodioritiska mobilisat som beskrivits ovan, i anslutning till bildning av ådergnejs och migmatit, representerar en partiell uppsmältning, som möjligen också följts av en lokal omfördelning av smält material. Ytterligare uppsmältning resulterade troligen i uppkomsten av de ljusa pegmatitoida graniter som bl.a. förekommer norr om Taveljö på Varmvattsberget (21K 2–3b) och Hemberget (21K 2b). Även på Kvarnberget (21K 8i) och väster om Backviken (21K 9e) finns större sammanhängande områden av bergarten. En fint medelkornig variant förekommer bl.a. vid Dalkarlsberget (21K 1c).

Talrika förekomster av pegmatitoid granit eller grovkristallin pegmatit uppträder också i form av gångar eller obetydliga kroppar tillsammans med de ådergnejsomvandlade eller migmatitiserade sedimentgnejserna. Mäktigheten varierar från några decimeter till något tiotal meter.

Den största påträffade pegmatitförekomsten inom kartområdet finns vid Lövsele (21L 9c). Här kan en kilometerlång, grovkristallin pegmatitgång följas i nord-sydlig riktning.

## METAMORFOS OCH DEFORMATION

Det generellt ökande inslaget av granodioritiskt mobilisat i riktning mot kusten återspeglar en ökande grad av metamorfos och uppsmältning. Granat, sillimanit och cordierit är metamorfa indexmineral som också återspeglar metamorfosgraden. Förekomsten av dessa mineral har markerats på kartan. Granat är frekvent förekommande i berggrunden inom de norra kartbladsområdena, men finns spridd över nästan hela kartbladsområdet. Sillimanit är vanligen knuten till argillitiska skikt i sedimentgnejserna. Cordierit är liksom granat vanligast inom de nordliga kartbladsområdena, med en tendens till ökande frekvens österut mot kusten.

Berggrunden inom kartområdet är vanligtvis kraftigt veckad. I enskilda hällar visar särskilt sedimentgnejsen i många fall en intensiv tät eller isoklinal veckning, ställvis med avslitna veckomböjningar och en väl utbildad axialplansförskiffring. Ett fåtal veckaxelplan kan med rimlig säkerhet följas en sträcka av någon eller några kilometer. Avsaknaden av karterbara ledhorisonter i sedimentgnej-

---

Fig. 2. Magnetiskt totalfält från flygmätningar över kartområde 21KL med läget för markprofiler inlagda.



serna förvårar naturligtvis identifieringen av regionala veck. Strukturer i det flygmagnetiska mönstret (fig. 2) kan dock användas som referens och utnyttjas för att tolka det regionala veckmönstret, trots att orsakerna till dessa anomalier mycket sällan är blottade (se nedan, ”magnetiska och elektriskt ledande zoner”). De i håll observerade vecken inom kartbladen 21K NV, 21K NO och 21L NV visar en äldre ONO-lig och en yngre NNV-lig veckaxelriktning. Den senare veckfasen är särskilt vanlig i kartområdets östra del och tenderar att ha givit mer öppna veck än den äldre veckfasen. Veckdeformationen inom de refererade kartområdena har studerats av Ehrenborg (1984).

De geofysiska mätningarna visar en markerad skillnad hos anomalimönstret inom den norra delen av kartområdet 21K NV jämfört med det i resten av kartområdet. Norr om en zon med ungefärlig sträckning Kamsjö – Lillsävarträsket – Bygdeträsket (21K 8a, 9b, 9e) är anomalierna utdragna i ONO-lig riktning. Detta är i skarp kontrast till mönstret söder om zonen, där ett ofta komplext veckat mönster uppträder. Det utdragna anomalimönstret återfinns även på de angränsande kartområdena 21J Vindeln NO respektive 22K Skellefteå SV och ligger till grund för antagandet att en zon med plastisk deformation av regional betydelse drar fram här.

I Vitberget och Varmvattsberget (21K 2–3b) visar kraftigt elongerade kristaller i en pegmatitliknande granit på närvaron av en plastisk deformationszon som kan följas åtminstone några kilometer i NNV-lig riktning. Bredden torde uppgå till något hundratal meter.

Några av de topografiska lineament som markerats på kartan representerar sannolikt spröd deformation i form av förkastningar, medan andra förklaras av att det granodioritiska mobilisatet motstått erosion bättre än sedimentgnejserna.

Den neotektoniska förkastningen utmed Bygdträsket är påvisad genom kvartärgeologiska observationer. Förkastningsbelopp om ca 10 m har konstaterats i moränen (Lagerbäck 1979, Svedlund 1985).

## MINERALISERINGAR OCH NYTTOSTEN

Malm eller industrimineral utvinns f.n. inte inom kartområdet. I samband med prospektering efter nickel undersöktes ultrabasiska intrusioner vid Backviken (21K 9e, Filén 1981) och Grubbmyrheden (21K 8a, Åkerman 1981, 1987a) genom kärnborrning. Munkviken (21L 9d) är ytterligare ett nickeluppslag i en ultrabasisisk kropp (Åkerman 1987b). Gravmarks gruva (21K 4e) är en skärpning (ca 20x20 m) efter asbest i en talk-, serpentin- och tremolit-aktinolitomvandlad ultrabasit (Hedström 1923).

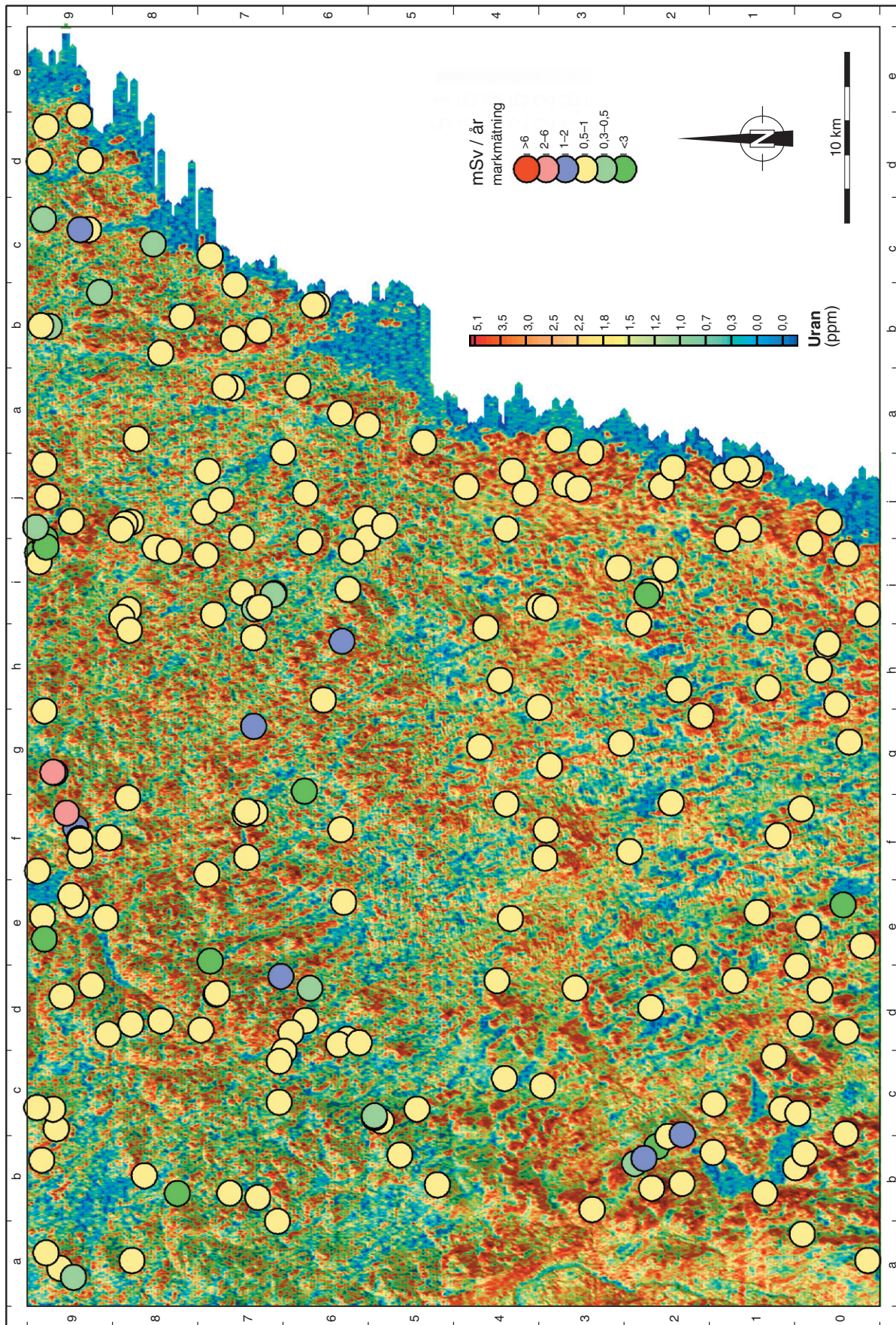
Mindre gruvhål efter järnmalmsbrytning förekommer vid Bygdsiljum (21K 9f) och Liljabäck (21K 6g). En obetydlig skärpning efter sulfidmineral finns upptagen på Malmberget (21K 0h).

Prospektering efter grafit har förekommit inom kartbladsområdet, men inga fynd av ekonomiskt intressanta förekomster har gjorts (Lagergren & Säker 1986).

Krossberg av sedimentgnejs, migmatit eller granodioritiskt mobilisat utvinns för närvarande (2000) vid Bygdsiljum (21K 9f), Torrtallberget (21K 1d) och Sikeå (21L 5a). Brytning har även förekommit vid Djäkneboda (21K 1j) samt Ratu (21K 0i), liksom i ytterligare några mindre, nu nedlagda brott. Vid Lillberget (21K 1b) har provbrytning ägt rum i en porfyritisk metabasalt.

Nya rekommendationer från EU får långtgående konsekvenser för hur svenskt krossberg får användas i fortsättningen. I EUs artikel 31 rekommenderas att en så kallad undantagsnivå sätts till 0,3 mSv/år och att gammastrålningsvärdet inte får överskrida 1 mSv/år för material som skall användas inom byggsektorn, i t.ex. betong. För material, vars värden ligger över undantagsnivån måste strålningsnivåerna kunna redovisas, för att materialen skall få exporteras inom EU. Undantagsnivån är mycket låg med tanke på de strålningsnivåer som föreligger i normal svensk berggrund, inklusive berggrunden inom kartområdet 21K (fig. 3). Om EUs rekommendationer accepteras får det konsekvenser för såväl producerande som projekterade krossbergförekomster inom kartbladsområdet. Nordiska rekommendationer föreslår 1 mSv/år som värde för undantagsnivån och 2,0 mSv/år som övre gränsvärde (Åkerblom m.fl. 2000).

Fig. 3. Gammastrålningen från uran uppmätt vid flygmätningar över kartområde 21KL. Höjddata från LMV. Markmätta spektrometerpunkter omräknade till mSv/år.



## MAGNETISKA OCH ELEKTRISKT LEDANDE ZONER

De magnetiska anomalierna inom kartbladsområdet orsakas av en extremt kraftig remanent magnetisering som redovisats i kartor och interna publikationer till nu nerlagda NSG (Nämnden för statens gruvegendom). Den remanenta magnetiseringen både i de basiska grönstenarna och de metasedimentära bergarterna är fastlagd genom en mängd parameterprov som tagits under det senaste kvartsseklet. Magnetkis är det helt dominerande magnetiska mineralet i proverna. I de flesta fall är magnetkis och grafit närvarande samtidigt. Vid Brännmyrberget (21L 9d) finns även kolloidala utfällningar av goethit, som har bildats på bergytan efter den senaste istiden. Den detaljerade magnetiska markmätning som Kübler (1999) utförde går i nord-sydlig riktning över Brännmyrberget (21L 9d), där de flygmagnetiska mätningarna visar en, med flygriktningen parallell, öst-västlig magnetisk anomali. Kübler redovisar även en ingående analys av de magnetiska mineralen i utborrade, orienterade prover samt en genomgång av de remanensriktningar som föreligger inom detta väl blottade område med anomaliorsakande metasedimentära bergarter.

Under projekttiden har ett flertal geofysiska profiler, med såväl magnetiska totalfältmätningar som VLF, markmätts i syfte att dokumentera och eventuellt tillföra mer detaljerad information än vad flygmätningen kunnat ge. Uppbyggnad av en profildatabas har påbörjats, men denna kan inte redovisas inom projektet. I projektets slutfas har nya metoder för att bearbeta och tolka profilmätningarna objektivt tillkommit. Hit hör inversionsmetoderna för både magnetiska (Werner-dekonvolution) och VLF-linjedata (Rebocc-inversion). Metodutvecklingen fortgår, bl.a. i samarbete med Uppsala Univer-

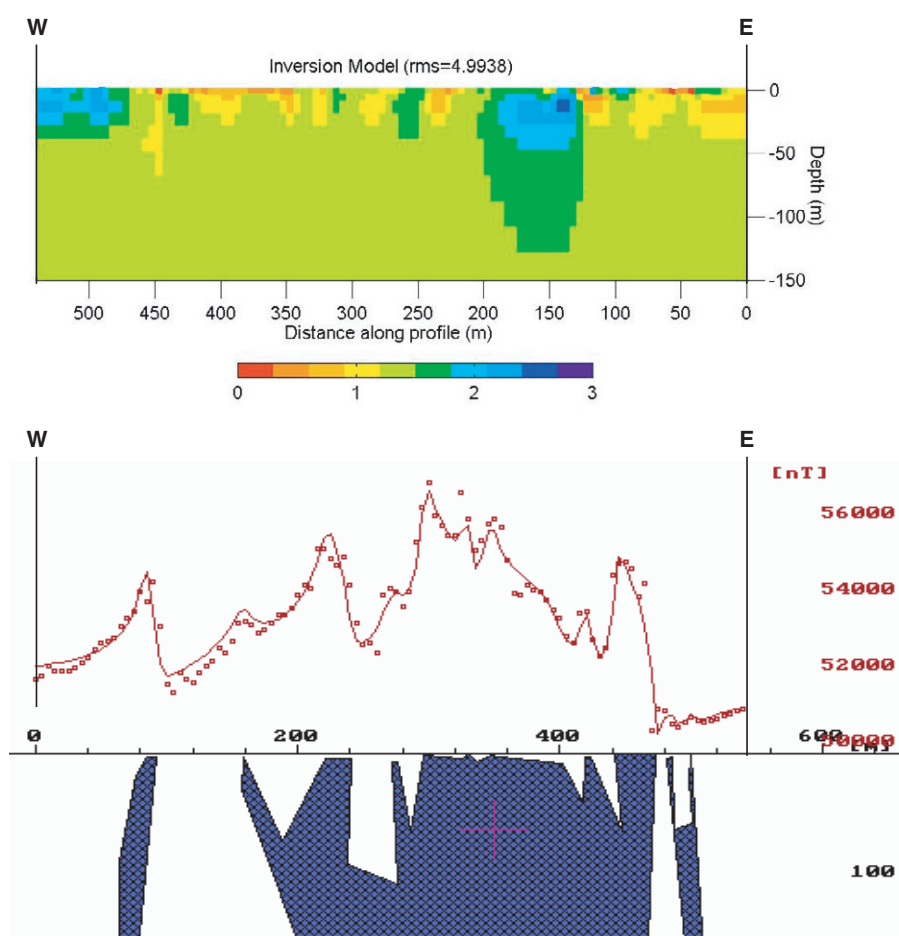


Fig. 4. Geofysiska markprofiler över Brännmyrberget (21L 9d). Inversion av VLF-profil (överst). Magnetisk profil med tillhörande modellberäkning (underst).

sitet, Institutionen för fasta jordens fysik, men kan på grund av tidsbrist ej tillämpas fullt ut inom projekt Robertsfors. Ett exempel på detta, som berör just den zon som Lutz Kübler tidigare har utrett magnetiskt, har dock tagits fram av Johan Daniels, SGU.

Profilen valdes ursprungligen för att i detalj kunna redovisa den verkliga anomalistorleken, med bredd, stupningsinformation och samtidigt erhålla de elektriska egenskaperna i profilform. De nya bearbetnings- och tolkningsmetoderna har sedan tillämpats med en metodik utvecklad av Becken (2000). Den översta profilen i figur 4 är en så kallad inversion av en markmätt VLF-profil över Brännmyrberget. Berggrunden är relativt väl blottad längs en sträcka av 200 m i profilens nordligaste del samt bitvis mot söder. Profilerna visar en god samstämmighet mellan stupningen hos de elektriska ledarna och den på traditionellt sätt modellberäknade magnetiska markprofilen. Orienterade prov visar att den remanenta magnetiseringen dominerar, vilket har använts vid modellberäkningen. VLF-profilen visar att det är fråga om mycket goda ledare. Därmed blir det så kallade skinndjupet, eller genomträngningsdjupet, ringa jämfört med det i den magnetiska informationen som här endast redovisas till samma djup som i VLF-profilen.

Den magnetiska markprofilen i figur 4 visar att det finns ansamlingar av magnetkis och/eller grafitförande partier som kan vara upp till 200 m breda. Berggrunden är här väl blottad och visar hur slumpmässigt de magnetiska kropparna som påträffas utmed profilen tycks stupa i ytan, medan de magnetiska kropparna på djupet uppträder mer homogent och regelbundet i denna, mer i detalj undersökta anomali. Det föreligger som synes en relativt god överensstämmelse med den elektromagnetiska modellen.

## LITTERATUR

- Becken, M., 2000. *Interpretation of Magnetic Transfer Functions from Airborne Tensor-VLF Measurements*. Diploma Thesis. Technical University of Berlin.
- Ehrenborg, J.-E., 1983: Geologiska kartor 21K NV, 21K NO och 21L NV. *Sveriges Geologiska AB*.
- Ehrenborg, J.-E., 1984: Geologiskt tolkningsförsök av geofysiska anomalier i östra Västerbotten. *Sveriges Geologiska AB PRAP 84517*.
- Filén, B., 1981: Nickelmineraliseringar vid Backviken. *Sveriges Geologiska AB PRAP 81046*.
- Hedström, H., 1923: Om en ny fyndort för mineralet nickelin i Sverige. *Sveriges geologiska undersökning C 317*, 6 s.
- Lagergren, L., & Säker, S., 1986: Grafit i Västerbotten. Fältuppföljning. *Sveriges Geologiska AB PRAP 86555*.
- Kübler, L., 1999: Magnetic anisotropy properties: their structural relations and their influence on magnetic anomalies. Final report. *Project No 03-855/93:60. Sveriges geologiska undersökning*.
- Lagerbäck, R., 1979: Neotectonic structures in northern Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 100*, 263–269.
- Lundqvist, T., 1991: Dagboksanteckningar 21K Robertsfors. *Sveriges geologiska undersökning*. Opublicerad fältdagbok.
- Siripunvaraporn, W. & Egbert, G., 1999: REBOCC: An efficient Data-Subspace Inversion for Two-Dimensional Magnetotelluric Data. (submitted to *Geophysics*).
- Stölen, L.K. & Kero, L., 1996: Kartbladen 21K Robertsfors och 21L Ånäset. I C.-H. Wahlgren (red.): *Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1995. Sveriges geologiska undersökning Rapport och meddelanden 84*, 67–71.
- Stölen, L.K. & Kero, L., 1997: Kartbladen 21K Robertsfors och 21L Ånäset. I C.-H. Wahlgren (red.): *Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1996. Sveriges geologiska undersökning Rapport och meddelanden 89*, 34–41.
- Svedlund, J.-O., 1985: Kvartärgeologiska kartan 21K Robertsfors/21L Ånäset. *Sveriges geologiska undersökning Ak 1*.
- Thelander, T., Kero, L. & Stölen, L.K., 1999: Kartbladen 21K Robertsfors och 21L Ånäset. I C.-H. Wahlgren (red.): *Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1998. Sveriges geologiska undersökning Rapport och meddelanden 98*, 42–47.
- Thelander, T. & Kero, L.: 2000: Kartbladen 21K Robertsfors och 21L Ånäset. I H. Delin (red.): *Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1999. Sveriges geologiska undersökning Rapport och meddelanden 102*, 50–54.

- Åkerblom, G., Mjönes, L., Annanmäki, M., Magnusson, S., Strand, T. & Ulbak, K., 2000: Naturally Occurring Radioactivity in the Nordic Countries – Recommendations. ISBN 91-89230-00-0.
- Åkerman, Ch., 1981: Mineraliseringen i Grubbsmyrheden. *Sveriges Geologiska AB PRAP 81055*.
- Åkerman, Ch., 1987a: Summary of results from nickel prospecting. *Sveriges Geologiska AB PRAP 87007*.
- Åkerman, Ch., 1987b: Nickel-fältarbete 1987. *Sveriges Geologiska AB PRAP 87046*.

E-post: torbjorn.thelander@sgu.se

leif.kero@sgu.se

## Kartbladen 23J Norsjö

**Ildikó Antal, Ulf Bergström, Benno Kathol, Ingmar Lundström och Pär Weihed**

### INLEDNING

Inom ramen för programmet regional berggrundsgeologisk undersökning har fältarbeten bedrivits i kartområdet 23J Norsjö under juni och juli 2000. Undersökningarna inleddes i slutskedet av fältsäsongen 1992 och har bedrivits i full skala 1993–1995. På grund av interna omprioriteringar företogs inget fältarbete säsongerna 1996 och 1997. Under fältsäsongerna 1992 och 1993 bedrevs kartering i huvudsak inom de södra delarna av kartområdet. Detta område skiljer sig från övriga delar genom att berggrundens metamorfa grad är högre, i allmänhet från mellersta till övre amfibolitfacies. Under 1994 och 1995 undersöktes de nordostligaste delarna av kartområdet där berggrundens metamorfa grad ligger i grönskifferfacies (Weihed 1995). 1998 leddes fältundersökningarna av Fredrik Strandman och 1999 av Kajsa Winnes under överinseende av Pär Weihed (jfr Antal 1995, Weihed 1995, Weihed & Antal 1999).

Fältsäsongen 2000 har undersökningarna bedrivits av Ulf Bergström, Benno Kathol, Ingmar Lundström och Pär Weihed som en kombinerad revidering och nykartering av kartbladsområdets centrala delar, där endast ett äldre karteringsmaterial från 1980-talet fanns tidigare (fig. 1).

De geofysiska fältarbetena i kartområdet Norsjö påbörjades sommaren 1993 (jfr Antal 1994) och fortsatte fram till 1996. Arbetet återupptogs 1998 med en liten insats (4 fältdagar) i augusti då profilmätningar gjordes i området 23J Norsjö SO. Under sommaren 2000 har geofysisk information samlats in under 10 dagar, huvudsakligen från de centrala delarna av kartområdet.

### ALLMÄN GEOLOGI

Kartbladen 23J Norsjö omfattar de centrala delarna av Skelleftefältet och den huvudsakliga utbredningen av de karakteristiska Skellefte- och Vargforsgrupperna. Inom kartbladsområdet finns de flesta av de ”historiska” typlokalerna för definitioner angående den geologiska nomenklaturen i Skelleftefältet. Kartbladsområdet Norsjö omfattar också ett antal av de viktigaste malmerna och prospekteringsintressanta områden som finns inom Skelleftefältet.

De äldsta bergarterna är Skelleftegruppens vulkaniter. De är främst felsiska, porfyriska lavar eller subvulkaniska intrusioner och vulkanoklastiter, som bildats i en marin öbåge för ca 1880–1900 miljoner år sedan. De vulkanogena massiva sulfidmalmer som är Skelleftefältets signum är associerade med Skelleftegruppen. De anses vara jämnåldriga med granitoider av Jörn GI-typ, som uppträder i ett antal plutoner inom Skelleftefältet.

Skelleftegruppen överlagras av den så kallade Vargforsgruppen som domineras av olika sedimentära bergarter. Inom kartområdet 23J Norsjö består Vargforsgruppen främst av olika konglomerat,

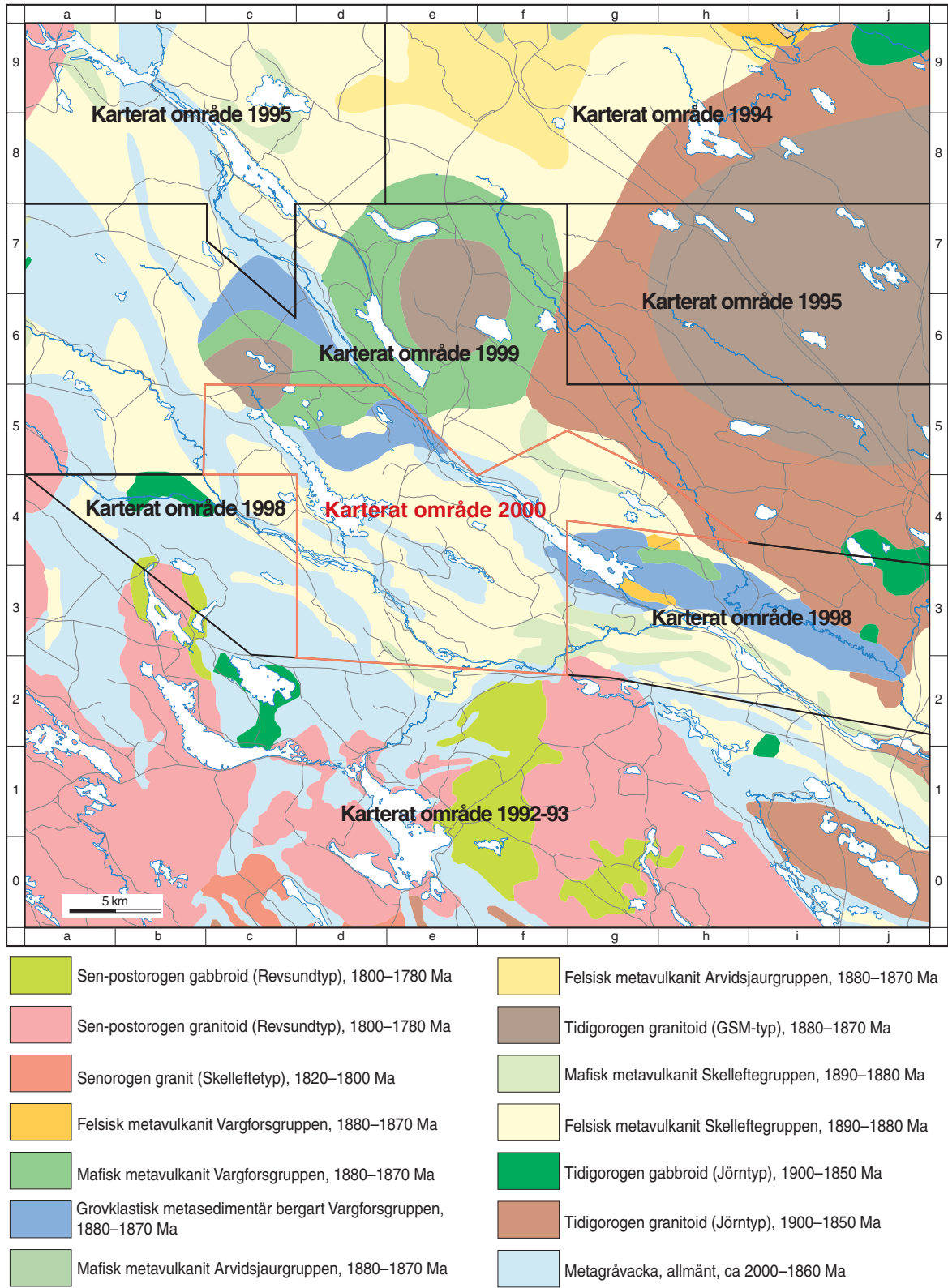


Fig. 1. Förenklad berggrundskarta över 23J Norsjö

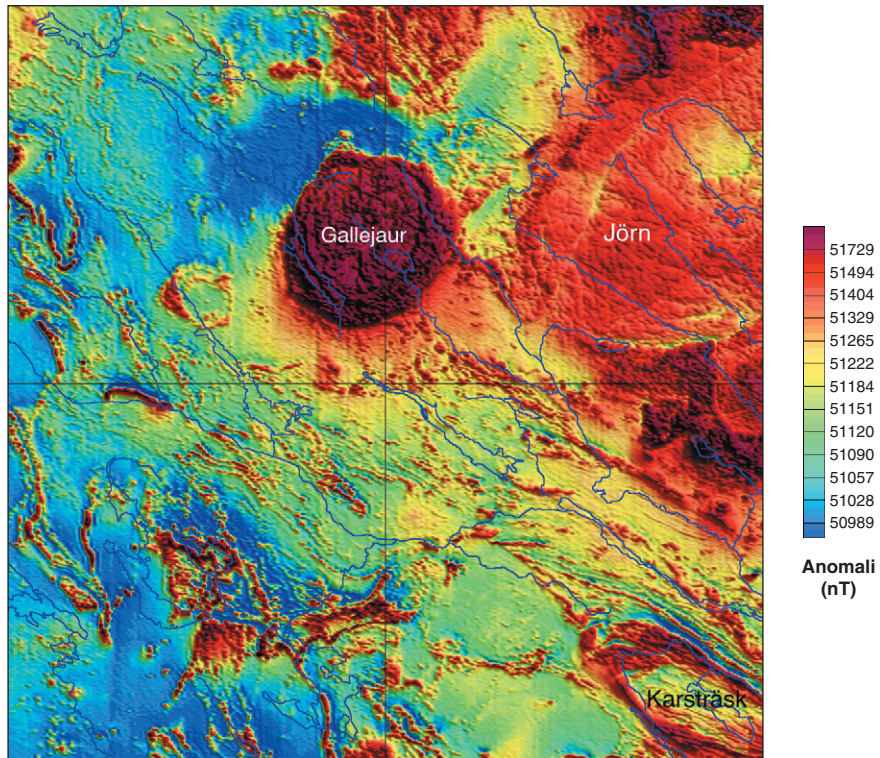


Fig. 2. Magnetisk anomalikarta över 23J Norsjö.

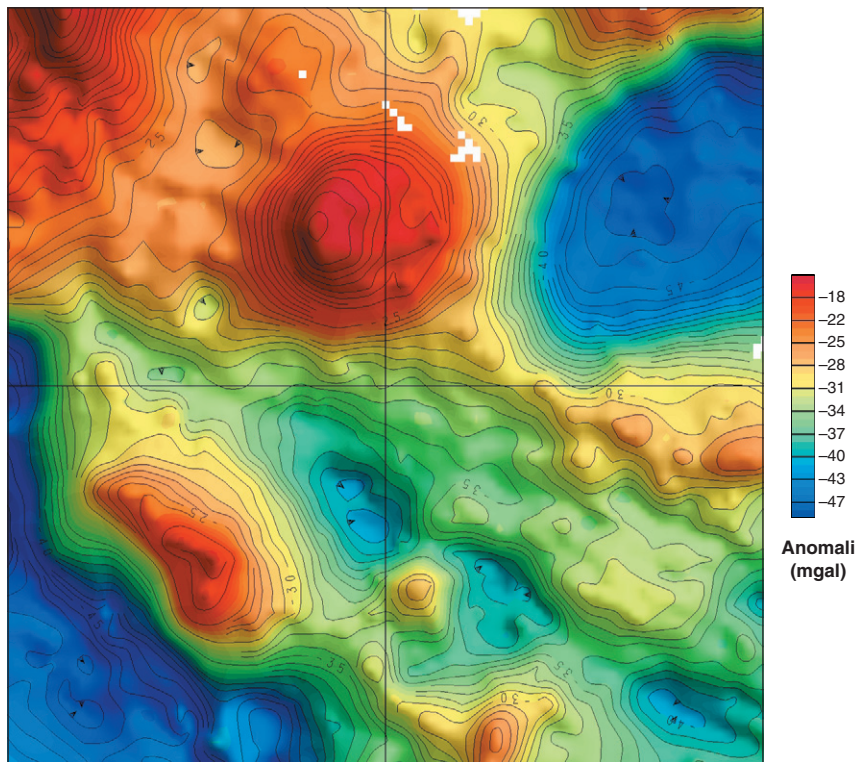


Fig. 3. Bougueranoamlikarta över 23J Norsjö.

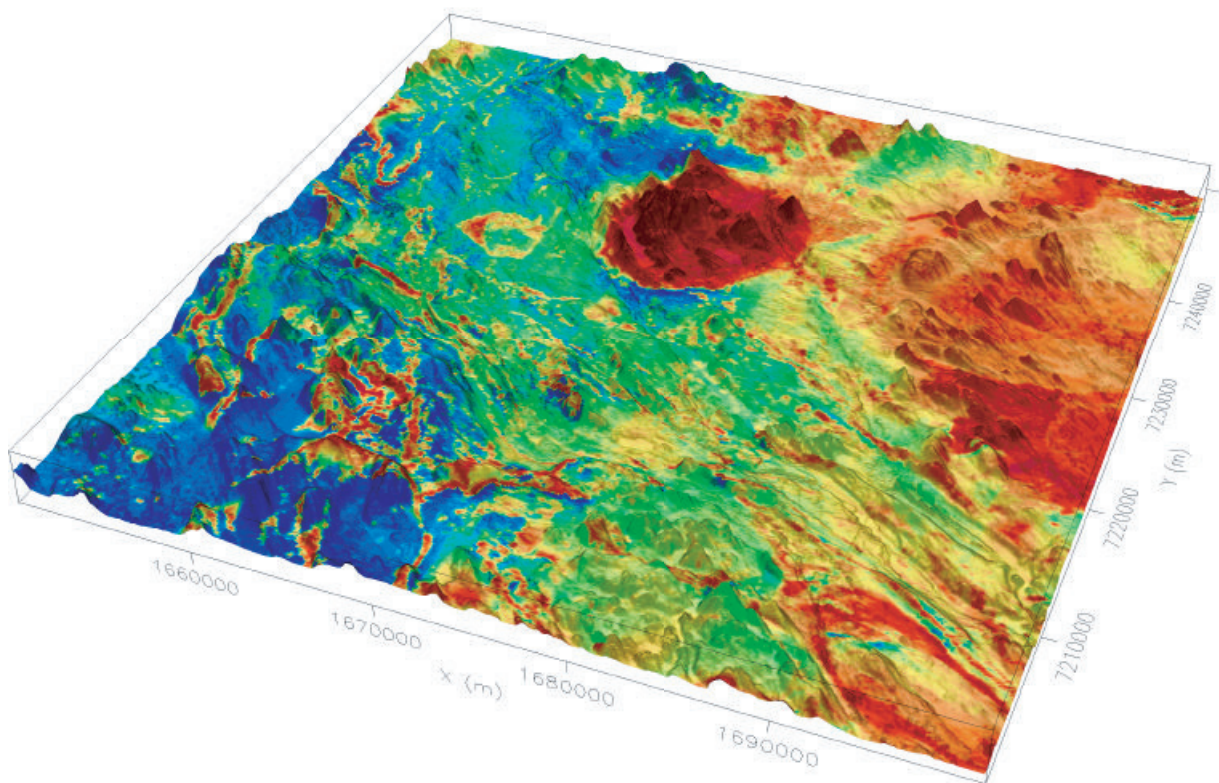


Fig. 4. Magnetisk anomalikarta över 23J Norsjö draperad på LMVs höjdreliëfkarta.

breccior, sandstenar samt siltstenar med underordnade vulkaniter, främst andesit/basalt i Gallejaurområdet. Gallejaurvulkaniterna har en ålder av ca 1875 miljoner år och är därmed jämnåldriga med Arvidsjaurgruppens vulkaniter längre norrut.

Åt söder representeras Vargforsgruppen av finkornig argillit, siltsten och gråvacka som successivt är mer högmetamorfa mot söder. Metamorfofsggraden i Skellefte- och Vargforsgrupperna i det centrala Skelleftefältet är grönskifferfacies, och alla texturer är välbevarade.

Postorogena intrusioner, som har en ålder på ca 1800 miljoner och som intruderar de tidigsvekokarelskt deformerade och metamofoserade bergarterna, uppträder främst i kartområdets södra del.

## ALLMÄN GEOFYSIK

Norsjöområdet har sedan länge varit föremål för malmprospektering och därmed också för omfattande geofysiska undersökningar. SGU inledde systematisk malmletning med geofysiska metoder år 1920. Omfattande markgeofysiska mätningar gjordes i samband med prospektering under 1970- och 1980-talen. Det var främst magnetiska och elektromagnetiska, men även gravimetriska mätningar som utfördes. Vissa av mätningarna föreligger idag i digital form.

Boliden Mineral AB bedriver prospektering inom kartområdet sedan 1920-talet. Sedan år 1997 har NAN bedrivit ett intensivt prospekteringsarbete inom Norsjöblodområdet bl.a. i form av nya flyg- (TEM, magnetiska) och markmätningar över stora områden av det centrala Skelleftefältet.

Den magnetiska anomalikartan (fig. 2) domineras av den runda, högmagnetiska Gallejaurintrusionen i norra delen av kartområdet samt av områdets största intrusion, Jörngranitoiden i den nordöstra delen av kartområdet. Båda strukturerna syns tydligt även på tyngdkraftskartan (fig. 3); Gallejaurintrusionen som ett kraftigt tyngdkraftsoverskott och Jörngraniten (GIII) som ett stort underskott. En rad olika geofysiska studier har gjorts på Jörngraniter och på Gallejaurstrukturen, bl.a. av Enmark & Nisca (1984) samt Wilson m.fl.(1987).

Karsträskdomen i sydost ger upphov till ett underskott som syns på tyngdkraftskartan (densitet 2650–2687 kg/m<sup>3</sup>) och den framträder tydligt även på den magnetiska anomalikartan, i form av en oval struktur.

De intrusioner av Revsundsgranitoider som förekommer i södra delen av kartområdet är lågmagnetiska. Densiteten är låg, 2650–2680 kg/m<sup>3</sup>, och ger upphov till ett tyngdkraftsunderskott i sydväst. I södra delen av Norsjö SO ger gabbroiderna (densitet 2850–2928 kg/m<sup>3</sup>) som tillhör Revsundssviten upphov till ett tyngdkraftsöverskott.

I mitten av den magnetiska anomalikartan (fig. 2) framträder bandade, i huvudsak nordvästligt strykande, högmagnetiska strukturer som är kopplade till Skelleftefältets ytbergarter. Fältundersökningar visar att det huvudsakligen är magnetisförande metasedimentära bergarter som ger upphov till anomalierna. Vidare påträffades i SO-området en rad förekomster med högmagnetisk, mestadels basisk vulkanit som kan kopplas till de lokala anomalierna. Högmagnetiska led har också påträffats i Abborrtjärnkonglomeratet. I Gissträskområdet finns högmagnetiska bandade zoner som är kopplade till ultramafiter. Ultramafiterna ger tillsammans med gabbroiderna inom området upphov till ett tyngdkraftsöverskott. En beräkning enligt Jacobsen (1987) visar att strukturen har ett djup på mellan 5 och 10 km. Området har varit föremål för nickelprospektering.

De felsiska Arvidsjaurvulkaniterna norr om Gallejaurintrusionen är högmagnetiska. De har generellt högre kalium- och toriumhalter än Skelleftevulkaniterna (se beskrivningen till berggrundskartan Boliden 23K NV, Antal & Lundström 2000). Såväl de felsiska Skellefte- som Arvidsjaurvulkaniterna orsakar tyngdkraftsunderskott. I området Norsjö NV framträder ett tyngdkraftsöverskott som antagligen orsakas av mafiska metavulkaniter. Tyngdkraftsanomalierna antyder att dessa vulkaniter har en betydande mäktighet. Figur 4 visar den magnetiska anomalibilden draperad på LMVs höjdreliëfkarta.

I figur 5 a–f har magnetfältet, genererat från olika djupsnitt i berggrunden, beräknats enligt en metod som föreslagits av Jacobsen (1987) och Pedersen (1991). Figur 5b visar kortvågiga anomalier som har sitt ursprung i berggrundens översta snitt (0–500 meter). Utifrån de långvågiga anomalier som troligen har sitt ursprung i berggrundens djupare snitt kan en uppskattning av olika strukturers djup göras. Så kan t.ex. Gallejaurstrukturen fortfarande urskiljas på mellan 5 och 7,5 km djup (fig. 5f).

Under karteringsarbetet har 200 hållar/hällområden mätts med gammaspektrometer. På varje lokal har 2 till 5 punkter mätts. Inom denna kartering har sammanlagt 436 petrofysikprov tagits för undersökning av anomaliorsaker. Utöver dessa prov finns det 621 parameterprov i SGUs petrofysikdatabas från området. Figur 6 visar provtagningslokaler samt en statistisk sammanställning över densitet och susceptibilitetsvärden som förekommer inom kartbladet.

Frekvensdiagrammen i figur 6 visar två tydliga toppar både i densitets- och susceptibilitetsfördelningarna. Dessa toppar motsvarar fördelningen av felsiska och basiska bergarter respektive bergarter innehållande paramagnetiska och ferromagnetiska mineral.

Bland de prov som har hög susceptibilitet (figur 6, diagram susceptibilitet mot densitet) kan bl.a. två tydliga kategorier urskiljas, en grupp med lägre och en med högre densitet. I figur 7b–d har det geografiska läget för gruppen med låg densitet och hög susceptibilitet (markerat med rött i fig. 7a) urskiljts på de geofysiska kartorna samt på berggrundskartan. Figur 8b–d visar det geografiska läget för gruppen med hög susceptibilitet och hög densitet (markerat med rött i fig. 8a). Kopplingen mellan de geofysiska anomalikartorna, petrofysikdata och de litologiska enheterna är tydlig.

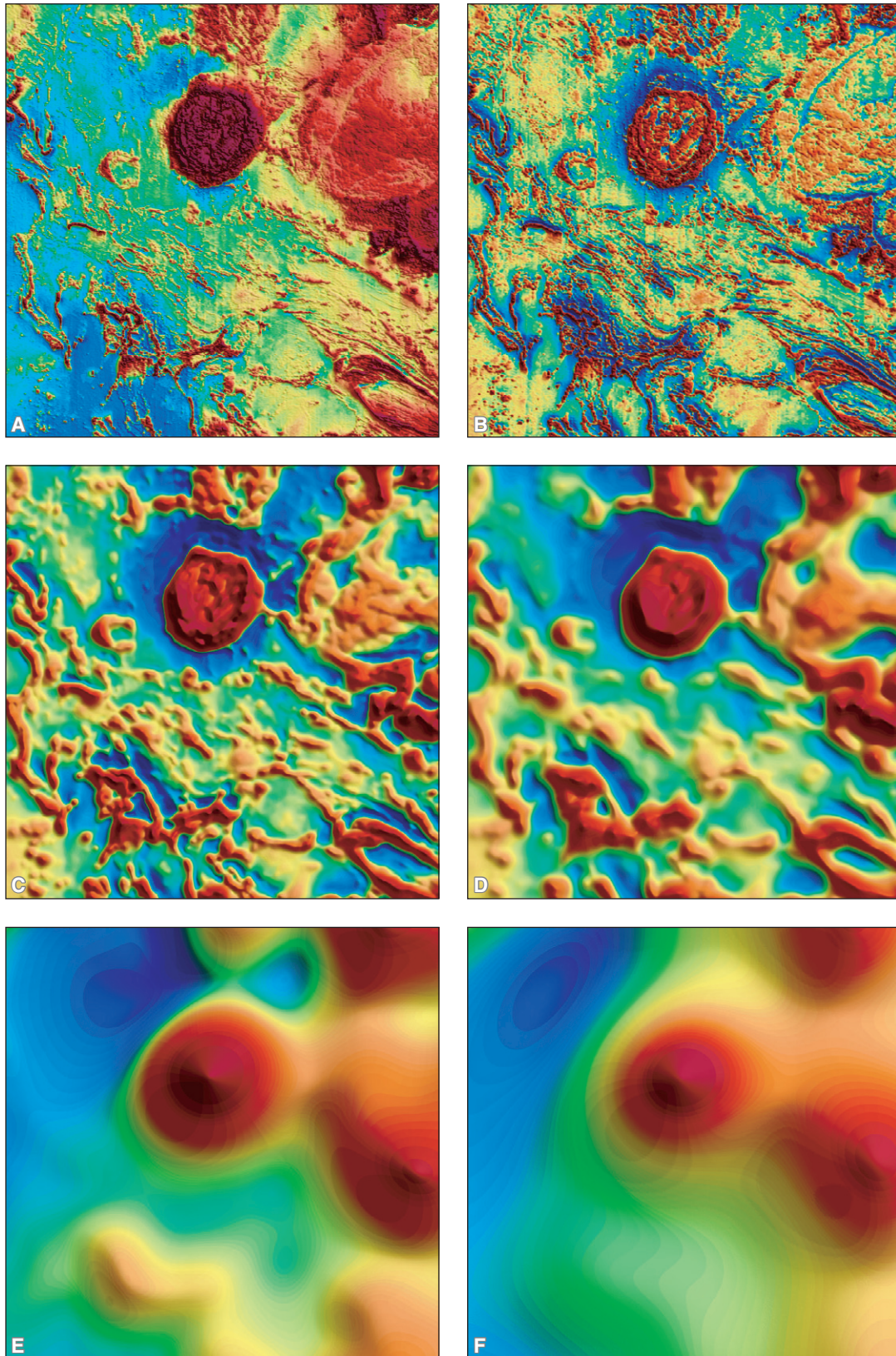


Fig. 5 a. Magnetiskt totalfält över 23J Norsjö.  
 b) Magnetisk anomalikarta, djup mellan 0 och 500 meter.  
 c) Magnetisk anomalikarta, djup mellan 500 och 1000 meter.  
 d) Magnetisk anomalikarta, djup mellan 1000 och 2500 meter.  
 e) Magnetisk anomalikarta, djup mellan 2500 och 5000 meter.  
 f) Magnetisk anomalikarta, djup mellan 5000 och 7500 meter.

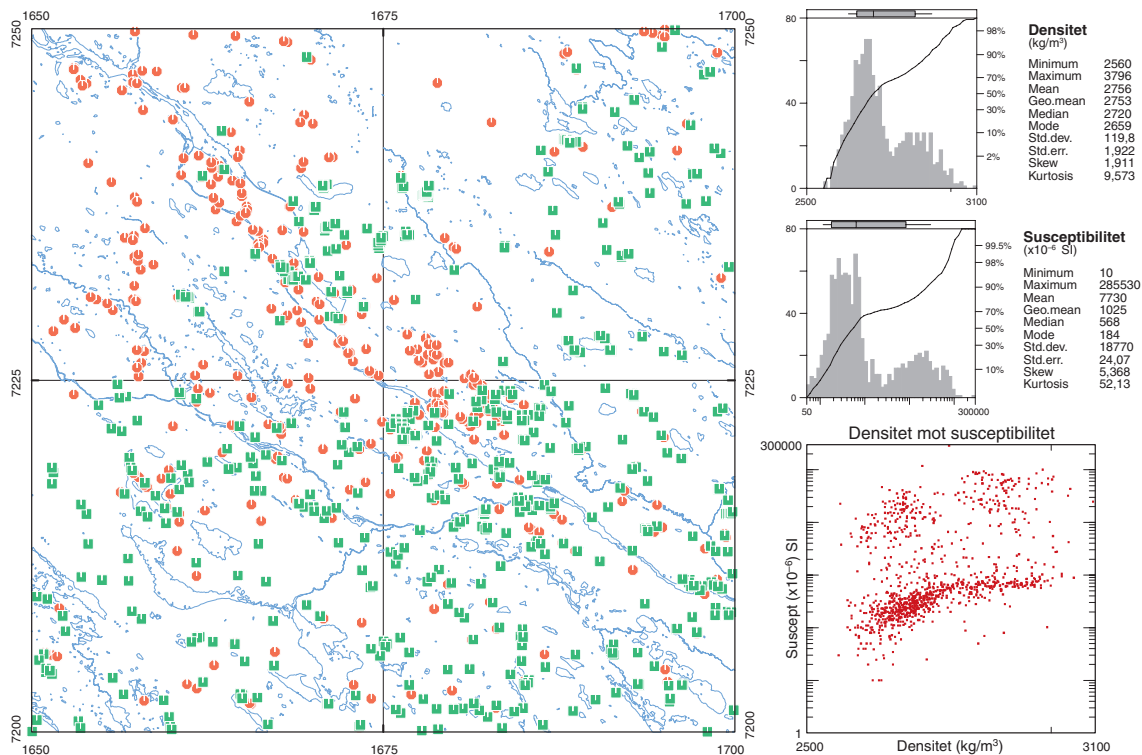


Fig. 6. Provtagningslokaler för mätning av petrofysiska egenskaper inom 23J Norsjö samt statistisk sammanställning över densitet och susceptibilitetsvärden. Röda punkter markerar prover tagna inom ramen för detta projekt.

## RESULTAT FRÅN FÄLTARBETET 2000

### Kartering av Petikträskfältet

Petikträskfältet norr om Skellefteälven mellan väg 45 i väster och byn Petikträsk i öster har karterats av Ulf Bergström med hjälp av extrageologerna Jessica Hult och Fredrik Johansson. Området karakteriseras av en komplext uppbyggd sekvens av andesitiska, dacitiska och ryolitiska vulkanoklastiter, intruderade av kvartsporfyriska ryolitiska till ryodacitiska, subvulkaniska intrusioner, t.ex. vid Holmtjärn. Basaltiska till andesitiska lavar finns vid Granbergliden. En ryodacitisk lavadom, som uppträder i de stratigrafiskt översta delarna av Skelleftegruppen, återfinns söder om Petikträsket.

### Revidering av Mensträskområdet

Mensträskområdets bergarter, dvs. de vulkaniska och sedimentära bergarterna söder och norr om sjön Mensträsket, har reviderats av Ulf Bergström utgående från en tidigare gjord kartering. Vid Finnberget sydväst om Mensträsket uppträder bergarterna i en antiform, där kärnan utgörs av en subvulkanisk intrusion bestående av plagioklasporfyrisk ryodacit till dacit. De subvulkaniska bergarterna omges av relaterade vulkanoklastiter med samma sammansättning, som överlagras av andesitisk vulkanoklastit och argillit tillhörande Vargforsgruppen. De massiva sulfidmalmen i Mensträskområdet är belägna i anslutning till en kvartsporfyrisk, ryolitisk lavadom. Norr om Mensträsket finns stora områden med vulkanogen, omlagrad breccia. Mot söder motsvaras denna stratigrafiskt av argillit och gråvacka i Vargforsgruppen.

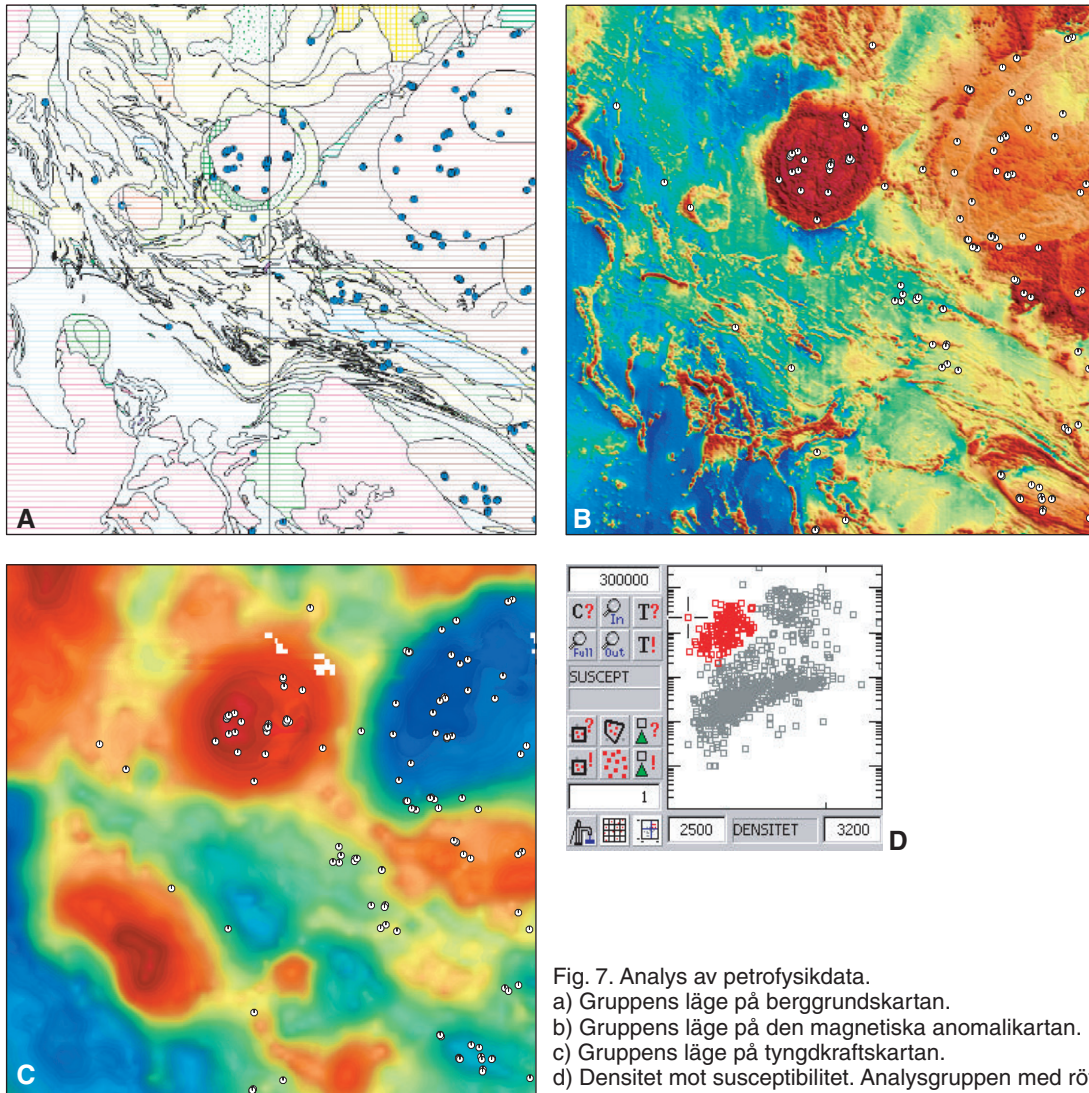


Fig. 7. Analys av petrofysikdata.  
 a) Gruppens läge på berggrundskartan.  
 b) Gruppens läge på den magnetiska anomalikartan.  
 c) Gruppens läge på tyngdkraftskartan.  
 d) Densitet mot susceptibilitet. Analysgruppen med rött.

## Skellefteälven

Benno Kathol har ägnat två veckor åt en översiktlig undersökning av berggrunden längs Skellefteälven mellan Vargforsdammen (3g) i sydost och Skidberget (6d) i nordväst. Detta område uppvisar ett bra tvärsnitt genom Vargforsgruppens bergarter, speciellt i den gamla älvfåran mellan Nicknoret (5e) och Skidberget (6d) finns ställvis excellenta blottningar.

I området längs Vargforsdammen mellan kraftstationen (3g) och Nedre Mauricele (5d) består Vargforsgruppen av större linser med såväl Abborrtjärn- som Dödmanbergskonglomerat. Den förra konglomerattypen består huvudsakligen av granitoidklaster, medan den senare innehåller både granit- och vulkanitmaterial. Konglomeratlinserna växellagrar med, eller övergår lateralt i grusaktiga, ställvis konglomeratiska sandstenar. Vid Gräsandtjärnen (4f) uppträder ett polymikt, karbonatcementerat konglomerat med klaster av huvudsakligen vulkaniter av Skellefletyp.

Mellan Nedre Mauricele (5d) och Skidberget (6d) domineras den sedimentära lagerföljden av tjockt lagrade till laminerade, turbiditiska gråvackor med enstaka lager av konglomerat eller mycket grovkornig, konglomeratisk sandsten. I denna sekvens förekommer mafiska till intermediära gångar, lagergångar och lavar som relateras till Gallejaurmagmatism inom Vargforsgruppen. Dessa bergarter liknar magnesiumbasalterna från kartbladsområdet 23I Malå.

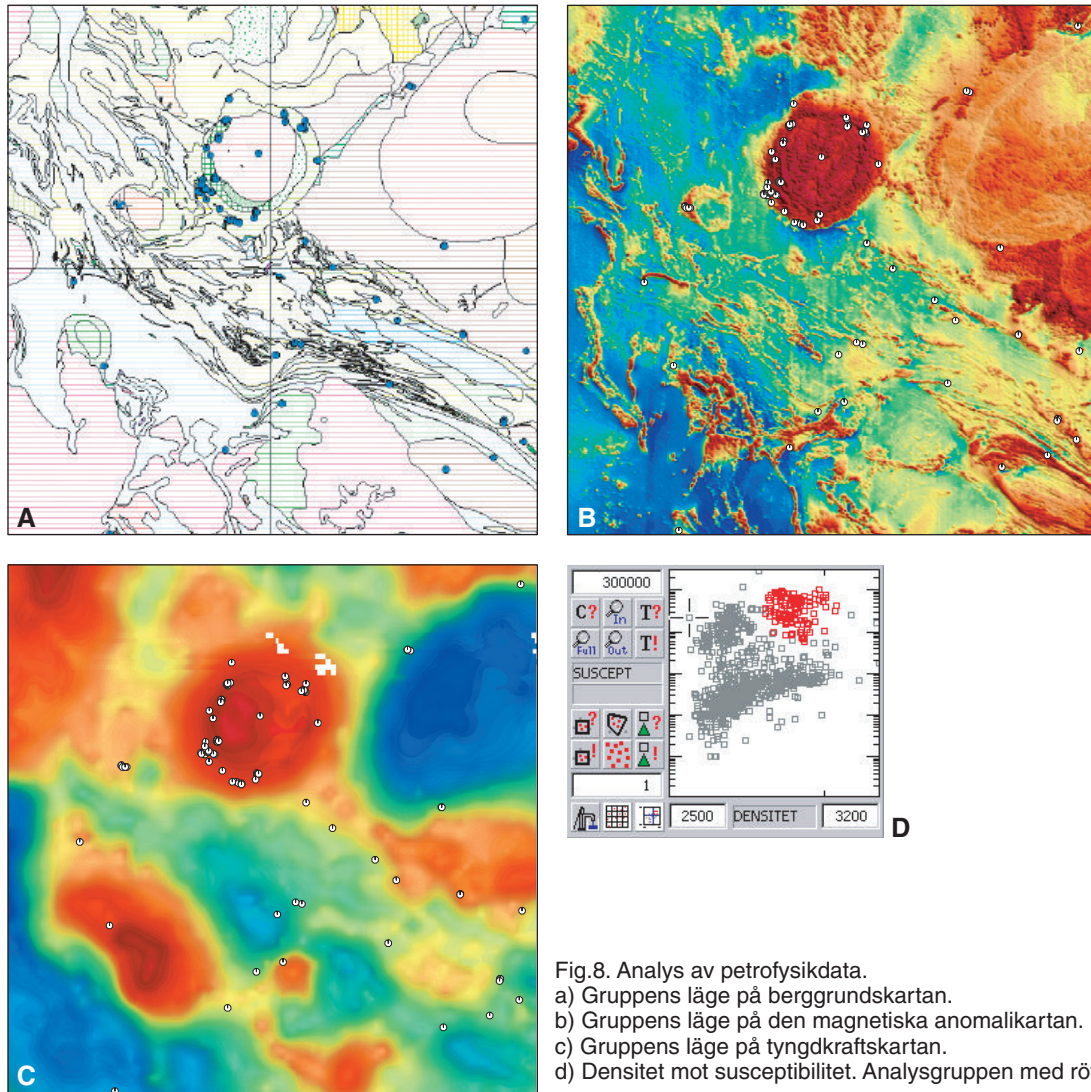


Fig.8. Analys av petrofysikdata.  
a) Gruppens läge på berggrundskartan.  
b) Gruppens läge på den magnetiska anomalikartan.  
c) Gruppens läge på tyngdkraftskartan.  
d) Densitet mot susceptibilitet. Analysgruppen med rött.

I ett hållområde i Skellefteälvens gamla älvfåra (5e), ca 2 km öster om Nedre Maurice är förhållandena mellan de turbiditiska gråvackorna, inlagrade konglomerat och sandstenar samt en massformig andesit (Vargforsandesit) blottade. Gråvackorna visar primär lagring och är ställvis korsstrukturerade. Kornstorleken varierar mellan silt och grovsand. Sekvensen stupar brant mot västnordväst och bedöms ligga rättvint. Konglomeraten är polymikta och uppträder som lager i gråvackesekvensen. De är klaststödda med rundade till ”subrundade” bollar av granitoid samt felsiska och mafiska vulkaniter. Sandstenslagren är mycket grovkorniga, delvis grusiga med enstaka större klaster. Förekomsten av detritiska fältspatströkorn tyder på ett proximalt vulkaniskt ursprung. (I området längs Skellefteälven finns övergångar från vulkanit över en grusaktig, konglomeratisk bergart till lagrad sandsten.)

Lagringsytorna i gråvackorna klipps diskordant av en massformig andesit (Gallejaurandesit), vilket tyder på att den senare är intrusiv i sedimentsekvensen som därför anses tillhöra Vargforsgruppen. Andesiten är amfibol- och fältspatporfyrisk och delvis epidotomvandlad. Fältspatströkornen är mindre än 0,5 mm, vilket verkar vara karakteristiskt för denna vulkanit.

Vid Skavberget (4f) söder om Vargforsdammen kan gråvackor som tillhör Skelleftegruppen studeras. De uppvisar graderad skiktning som varierar i kornstorlek mellan fin- och grovsand. Syngenetiska deformationsstrukturer såsom belastningsstrukturer (”load casts”) och ”rip up clasts” är vanliga. Ställvis uppträdande breccior av ”rip up clasts” tyder på en tektonisk aktiv miljö under sedimentations-tiden.



Fig. 9. Fotografier av bergarter från 23J Norsjö. Koordinater i rikets nät.

- a) Veckade lager av turbiditisk gråvacka. Skellefteälvens gamla älvfåra (7234656/1666028), ca 1 km nordost om Skidberget (6d). Bilden är tagen mot nordväst.
- b) Graderade siltiga till grovsandiga lager med lerbollar i gråvackesekvensen. Skellefteälvens gamla älvfåra (7234000/1666700), ca 1,3 km öster om Skidberget (6d).
- c) Konglomerat med klaster av granitoid och vulkaniter. Skellefteälvens gamla älvfåra (7229140/1670537), ca 2 km öster om byn Nedre Mauricele (5d).
- d) Intrusiv kontakt mellan massformig Gallejaurandesit (t.v.) och lagrad gråvacka från Vargforsgruppen. (t.h.). Skellefteälvens gamla älvfåra (7229021/1670754), ca 2,2 km öster om byn Nedre Mauricele (5d).
- e) Syngenetiska deformationsstrukturer, "rip up clasts", i turbiditisk gråvacka från Skelleftegruppen. Häll vid vägen till Skavberget (7223237/1677157), ca 1 km öster om Skavberget (4f).

## LITTERATUR

Antal, I., 1995: Geofysiska undersökningar på kartbladen 23J Norsjö. I C.-H. Wahlgren (red.): *Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1994. Sveriges geologiska undersökning Rapport och meddelanden 79*, 98–102.

Enmark, T. & Nisca, D. H. : 1984: The Gallejaur intrusion in northern Sweden – a geophysical study. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 105*, 287–300.

- Jacobsen, B. H., 1987: A case for upward continuation as a standard separation filter for potential – field maps. *Geophysics* 52, 1138–1146.
- Lundström, I. & Antal, I. 2000: Berggrundskartan 23K Boliden NV. *Sveriges geologiska undersökning Ai 110*.
- Pedersen, L. B., 1991: Relations between potential fields and some equivalent sources. *Geophysics* 56, 961–971.
- Weihed, P., 1995: Berggrunden på kartbladen 23J Norsjö. I C.-H. Wahlgren (red.): *Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1994. Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 79*, 93–98.
- Weihed, P. & Antal, I., 1996: Kartbladen 23J Norsjö. I C.-H. Wahlgren (red.): *Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1998. Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 84*, 92–98.
- Weihed, P. & Antal, I., 1999: Kartbladen 23J Norsjö. I C.-H. Wahlgren (red.): *Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1998. Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 98*, 54–62.
- Wilson, M. R., Claesson, L.-Å., Sehlstedt, S., Smellie, J. A. T., Aftalion, M., Hamilton, P. J. and Fallick, A. E., 1987: Jörn: an early Proterozoic intrusive complex in a volcanic-arc environment, north Sweden. *Precambrian Research* 36, 201–225.

E-post: ildiko.antal@sgu.se  
ingmar.lundström@sgu.se

ulf.bergstrom@sgu.se  
per.weihed@sgu.se

benno.kathol@sgu.se

## Kartbladen 24I Storavan

**Ulf Bergström och Carl-Axel Triumf**

### ALLMÄN INLEDNING

Den berggrundsgeologiska undersökningen inom ramen för SGUs baskartering genomfördes 1994–1999. Under arbetets gång har resultaten rapporterats i Bergström & Triumf (1996, 1997, 1998 och 1999). Sommaren 1999 slutfördes fältarbetet med kartering av Storavan NV och kompletterande spektrometermätningar och provtagningar, där speciella geologiska problemställningar krävde ytterligare dokumentation. Under 1999 och 2000 har den geologiska kartan sammanställts genom tolkning av olika typer av geologiska och geofysiska data till en digital produkt, och det insamlade materialet är levererat till olika databaser. Denna redogörelse kan ses som en slutrapport om arbetena.

Kartområdet 24I Storavan har i olika omgångar varit intressant från prospekteringsynpunkt och det finns ett omfattande äldre material i form av kartor, rapporter, geofysiska detaljmätningar och borrhål. Flygburna geofysiska mätningar utfördes över kartområdet Storavan 1971 och visade en förhållandevis hög magnetiseringsnivå i främst de bergarter som tillhör Arvidsjaurfältet. Tyngdkraftsmätningar har utförts över området i omgångar, med en punkttäthet som tillhör de högsta i landet. Flygburna elektromagnetiska mätningar med RAMA-systemet har tyvärr endast utförts över en begränsad del av de södra bladen. Geofysiska data har varit av stor betydelse för tolkningsarbetet inom Storavanområdet, eftersom blottningsgraden generellt är mycket låg. De observerade hållområdena kan karakteriseras som mindre hållar omgivna av ett tunt jordtäckte.

## GEOLOGI OCH GEOFYSIK

### Skelleftegruppen

De äldsta bergarterna inom kartbladsområdet 24I Storavan (fig. 1) är belägna i Adakområdet och består av felsiska och mafiska vulkaniter tillhörande den så kallade Skelleftegruppen. Dessa bildades sannolikt för ca 1900 miljoner år sedan. Skelleftegruppens bergarter i Adakområdet är kraftigt deformerade vilket försvårar vulkanologiska tolkningar, men från motsvarande bergarter i andra delar av Skelleftefältet vet man dock, att de flesta felsiska vulkaniterna dels kan vara lokalt utbildade som intrusioner under själva vulkanerna, dels kan vara avsatta på havsbotten i relativt djupt vatten, som mer eller mindre ask- och pimpstensrika massflöden. Prefixet "meta" har använts framför bergartsbeteckningar för att poängtera, att dessa har blivit så metamorfoserade och deformerade, att de i stor utsträckning förlorat sina primära texturer. I det centrala, domformade Adakområdet har metavulkaniterna blivit kraftigt omvandlade till grå, kvarts-muskovit-biotit-cordierit-förande bergarter med kraftig foliation. I anslutning till kopparrika sulfidmalmer är omvandlingsgraden ännu högre. Skelleftegruppens metavulkaniter i Adakområdet har låg magnetisering, men enligt beskrivningar av Adakmalmerna finns en magnetitassociation i anslutning till omvandlingszonerna, vilket yttrar sig som svaga magnetiska anomalier i semicirkulär form. Något yngre än de omvandlade felsiska metavulkaniterna är de mafiska metavulkaniter som omger Adakdomen. De mafiska metavulkaniterna bildades som askhaltiga massflöden, lavar eller ytnära intrusiva lagergångar. De är ofta bandade, med en kombination av primär laminering och kraftig deformation och uppvisar en plagioklas-hornblände-biotit-paragenes med enstaka bevarade plagioklasströkorn.

I Skelleftegruppens metavulkaniter finns inlagringar av sedimentära bergarter, främst metagråvacka men även ställvis grafitförande lersten (metaargillit). Den magnetiska susceptibiliteten i sedimentbergarterna varierar.

### Vargforsgruppen

I Adakområdet kan man se den stratigrafiska övergången mellan Skelleftegruppen och yngre sedimentära bergarter (fig. 1). Sedimentbergarterna samlas i en stratigrafisk nivå, som kallas Vargforsgruppen. Dessa sedimentära bergarter utgörs främst av gråvacka, med ett ursprung som lerhaltig sandsten. Den förekommer ofta med graderad skiktning och är utbildad som en turbidit, dvs. avsattes i havet i form av stora slamströmmar som rasade ner från en kontinentkant. På många ställen i gråvackeförekomsterna finns basaltiska lagergångar och vid Vinliden även inlagrade ryolitiska lavar och askflöden tillhörande Arvidsjaurgruppen.

Inom Vargforsgruppen, i området väster om Adak och i ett stort område i kartområdet 24I Storavan SV, finns förutom sedimentära bergarter också vulkaniter, med en ultramafisk-mafisk sammansättning. De mafiska vulkaniterna har bildats ur primitiva magmor med höga Mg-Cr-Ni-halter. Bland de mafiska vulkaniterna kan en utveckling spåras, där äldre lavar, som sammansättningsmässigt motsvarar basaltiska komatiiter, överlagras av basaltiska till andesitiska massflöden, bestående av syn- och epivulkanisk aska och lavafragment samt kristallrika rasmassor. Vulkaniterna karakteriseras textuellt av uralitpseudomorfer efter primära pyroxenströkorn i ett finkornigt matrix av aktinolit, klorit, biotit och plagioklas. De basaltiska till andesitiska vulkanoklastiterna har en högre andel modal plagioklas och högre magnetithalt, vilket gör att fördelningen av den magnetiska susceptibiliteten i hela denna mafiska grupp är bimodal. De plagioklasförande basaltiska till andesitiska vulkanoklastiterna har höga susceptibiliteter (omkring  $10\ 000 \cdot 10^{-5}$  SI) och densiteter under  $2900\text{ kg/m}^3$ , medan de basaltiska komatiiterna har betydligt lägre susceptibiliteter ( $50\text{--}500 \cdot 10^{-5}$  SI) och en densitet omkring  $2950\text{ kg/m}^3$ .

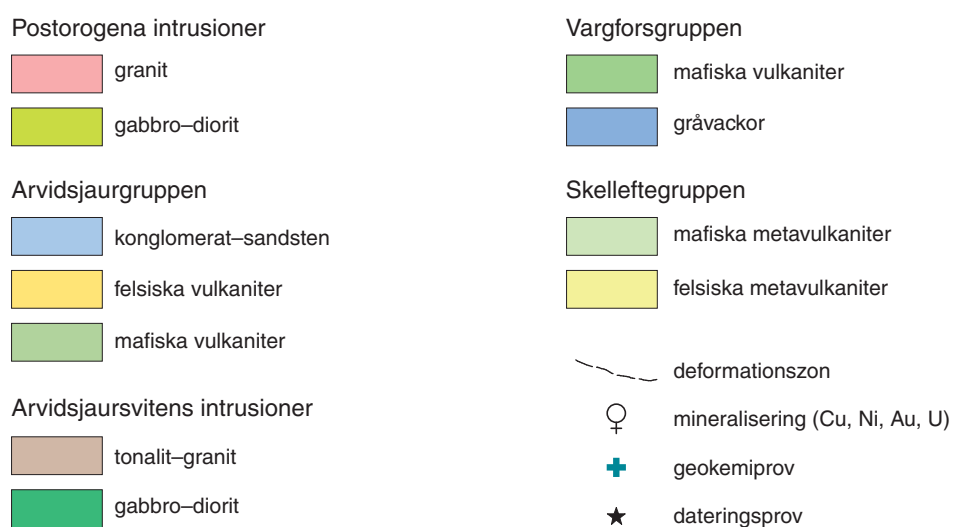
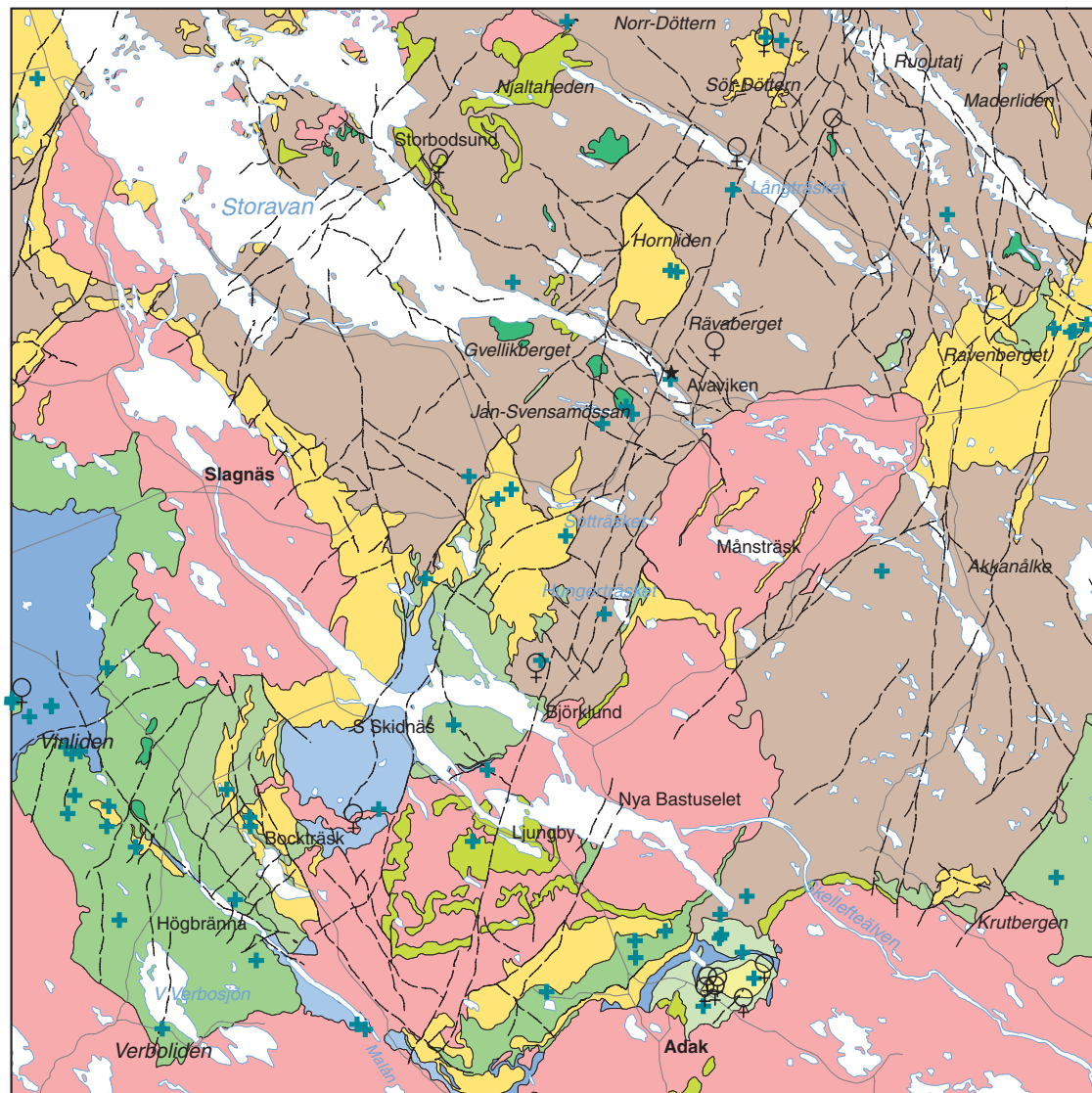


Fig. 1. Geologisk karta över 241 Storavan med provtagningspunkter för geokemi och åldersdatering.

## Arvidsjaurgruppen

Vargforsgruppens sedimentära och vulkaniska bergarter överlagras av vulkaniter som tillhör Arvidsjaurgruppen. Arvidsjaurgruppens bergarter finns framför allt i de två norra kartområdena (fig. 1). Arvidsjaurgruppen har ett intimt samspel med Arvidsjaursvitens granitbergarter (se nedan), som sannolikt utgjorde djupt liggande magmakammare till vulkanismen. Arvidsjaurgruppen och Arvidsjaursviten har en ålder av ca 1875–1880 miljoner år (Skiöld m.fl. 1993). De felsiska delarna av Arvidsjaurgruppen domineras av rödaktig ryolit med en varierande mängd strökorn av mikroklin, kvarts och plagioklas. De bildades ur stora, askbemängda pyroklastiska flöden från stratovulkaner. I några fall har ryolitförekomsterna ett intrusivt uppträdande, till exempel norr om Bockträsk, på andra ställen bildar de gångar. Lokalt finns också kraternära lavadomer av dacitisk eller kvartslatitisk sammansättning. Ett stort område med dacitisk vulkanoklastit förekommer vid Ravenberget. Daciten kan normalt skiljas från ryoliten genom sin grå färg och en strökornspopulation som domineras av plagioklas. Kvartslatiten är mörkt grå, har lågt kvartsinnehåll och har mikroklin som dominerande strökornsmaterial. De mafiska komponenterna i Arvidsjaurgruppen består av basaltiska till andesitiska lavar med associerade vulkanoklastiter med skiftande strökornshalt av pyroxen och plagioklas. Dessutom förekommer grovt plagioklasporfyrisk, andesitiska till dacitiska lavar och subvulkaniska intrusioner. De sistnämnda finns framför allt i ett större komplex vid Krutbergen. Arvidsjaurgruppens vulkaniter kännetecknas i allmänhet av en hög magnetisk susceptibilitet.

Söder om Skellefteälven och i ett smalt stråk längs Malån finns en serie med sedimentära bergarter som stratigrafiskt överlagrar vulkaniterna i Arvidsjaurgruppen (fig. 1). De har traditionellt kallats Ledsfatsgruppen och räknas idag in som den översta stratigrafiska nivån i Arvidsjaurgruppen. Ledsfatssekvensen kan delas in i en sandstensdominerad enhet och en yngre, konglomeratisk enhet. Den äldre sandstensenheten består främst av röd sandsten till arkos med inlagrade röda konglomeratbäddar och grå sandstenslager. Siltsten och vulkanogen sand- och siltsten har iakttagits i några fall (Offerberg 1959). Den yngre konglomeratenheten dominerar ytmässigt och består främst av mörkt grå, polymikta konglomeratlager. Bland Ledsfatssekvensens bergarter varierar den magnetiska susceptibiliteten från låg till måttlig ( $10\text{--}2000 \cdot 10^{-5}$  SI), där de högsta susceptibiliteterna är korrelerade till de högsta densiteterna (ca  $2800 \text{ kg/m}^3$ ). De högre densiteterna och magnetiska susceptibiliteterna samt de lägre kalihalterna återfinns i de basala delarna, vilket antyder en högre andel av basiskt, vulkaniskt material i provenansområdet jämfört med andra delar av sedimentationssekvensen.

## Arvidsjaursviten

Arvidsjaursvitens intrusivbergarter dominerar i de norra delarna av Storavanområdet (fig. 1) och har ett nära samband i tid och rum med Arvidsjaurgruppen. De förekommer i ett antal olika typer med starkt varierande sammansättning, från gabbro till alkalifältspatgranit. En datering av en granit vid Avaviken visade en ålder av  $1878 \pm 4$  miljoner år, och Arvidsjaurplutonen vid Akkanälke är daterad till  $1877 \pm 8$ ,  $- 7$  miljoner år (Skiöld m.fl. 1993).

Den vanligaste bergarten i Arvidsjaursviten har en sammansättning motsvarande alkalifältspatgranit till granit. Den är normalt en röd, medelkornig mikroklingranit med låga halter av mafiska mineral. Det finns också en finkornig till fint medelkornig, kvarts-mikroklinporfyrisk typ med liknande sammansättning, t.ex. vid Jan-Svensa-Mössan. Den förekommer vanligen längs kontakten mot Arvidsjaurgruppens vulkaniter och kan tolkas som en subvulkanisk bildning eller som gångar. Vid Sör-Döttern uppträder magnetitansamlingar i en kvartssyenitisk randfacies av denna granittyp. Berggrunden i kartområdets östligaste del utgörs av den västra delen av den så kallade Arvidsjaurplutonen, som är ett homogent massiv av alkalifältspatgranit. Modelleringar gjorda i samband med det nu utförda karteringsarbetet bekräftar tidigare tolkningar (Muller 1980), som indikerar att plutonen har ett djupgående av omkring 3–5 km, med kontakter som stupar ca  $60^\circ$  in mot domen. Vid Avaviken finns ett större massiv av grovt plagioklasporfyrisk granit till granodiorit. En mikroklinporfyrisk granittyp som finns vid Maderliden och vid Hungerträsket, uppvisar betydande makroskopiska likheter med de

yngre, postorogena graniterna. Vid Hungerträsket uppträder denna granittyp som en blandningsprodukt mellan jämnt medelkornig granodiorit och alkalifältspatgranit. Den har dessutom petrofysiska egenskaper, bl.a. hög magnetisering, som tyder på samhörighet med Arvidsjaursviten. Större intrusioner av medelkornig, grå granodiorit till tonalit finns i kartområdet 24I Storavan NO och i de norra delarna av Storavan SO.

Gabbro till diorit förekommer underordnat och utgörs normalt av små isolerade kroppar omgivna av granitoider. De är normalt mörkt grå, medelkorniga, och dominerade av hornblände och plagioklas. Vid Gvelikberget finns ett större gabbromassiv, där magnetit är en betydande beståndsdel. Denna gabbro har den högsta densiteten i Arvidsjaursviten, även om det höga magnetitinnehållets inverkan elimineras. Gabbbron omges av granodiorit, vilket gör att gabbbron bedöms tillhöra Arvidsjaursviten. Många gabbro- och dioritförekomster uppvisar blandningsfenomen med omgivande graniter, t.ex. vid Jan-Svensa-Mössan, och uppträder då som en intermediär bergart, t.ex. granodiorit eller kvartsmonzodiorit. Gabbro till diorit förekommer också som enklaver i granit. Det bör dock nämnas att gabbbron vid Gvelikberget uppvisar klara petrofysiska likheter med den yngre postorogena gabbro, som påträffas på Njaltaheden och ligger i samma komplex av tyngdkraftsanomalier som denna.

## Postorogena intrusioner

Under slutskedet av orogenesisen, för ca 1780–1800 miljoner år sedan (Bergström & Sträng 1999, Eliasson & Sträng 1997), intruderades de äldre bergarterna av av magmor som bildade den postorogena intrusionssviten (fig. 1). Denna består av en heterogen samling magmatiska bergarter, som domineras av granit. Generellt är de postorogena graniterna massformiga och saknar metamorf påverkan, men uppvisar deformation i vissa zoner. De förekommer i ett antal distinkta plutoner, varav några har ett så begränsat djupgående att de snarare kan betecknas som skivor. För den större sammanhängande pluton som gränsar mot kartbladet 23I Malå NO, har Isaksson m.fl. (1994) modellerat ett djup av 1,0–1,8 km. I myrområdena söder om Slagnäs finns en stor, njurformad lågmagnetisk enhet vilken tolkats som bestående av Adakgranit. Granitens djupgående torde ej överstiga 1,5 km, och ytbergarterna i Vargforsgruppen SSV om denna granit bedöms stupa flackt (15–30°) in under den.

Den vanligaste bergartstypen inom den postorogena intrusionssviten är en grovt medelkornig, gråröd granit med mer eller mindre tydlig mikroklinporfyrisk textur. I de sydvästra delarna av kartbladsområdet 24I Storavan finns ”Revsundstypen”, som är grå med tydliga mikroklinmegakrister, vilka dock avtar i frekvens och storlek in mot de mafiska vulkaniterna vid Verbojsjön. Här uppträder också talrika xenoliter med ådergnejsomvandlad gråvacka i graniten. Vid Månsträsk finns ett större massiv med ojämnkornig till småporfyrisk, ljus röd granit av ”Adaktyp”. I detta massiv påträffas magnetiska anomalier som orsakas av megaxenoliter av Arvidsjaurgruppens vulkaniter. Inom Månsträskmassivets södra delar finns Bastuselplutonen som består av glest porfyrisk granit med en mer jämnkornig kärna. I anslutning till gabbromassivet vid Ljungby förekommer en finkornig, jämnkornig granit som också förekommer som gångar i konglomerat vid Gråberget öster om Bockträsk och vid Malån. Denna intrusion har daterats av Skiöld (1988) till  $1772 \pm 14$  miljoner år. I den postorogena granitsvitens bergarter finns också yngre gångar av aplit och pegmatit. Adakgraniten har generellt låg magnetiseringsgrad.

De viktigaste förekomsterna av postorogen gabbro finns vid Ljungby vid Skellefteälven, vid Adak och vid Storbodsund. Generellt har de en pyroxen-plagioklasparagenes med varierande, men ställvis höga halter av biotit och magnetit. Gabbroiderna är i regel lätta att identifiera geofysiskt då de besitter hög totalmagnetisering och hög densitet i förhållande till omgivningen. De gabbroidkomplex som går i dagen i Storbodsundsområdet och på Njaltaheden, ligger i två subparallella stråk med förhöjd tyngdkraft och förhöjt magnetiskt totalfält. I de södra delarna av det östliga av dessa två stråk förekommer en markerad tyngdkraftsanomali, vars källa utgörs av en gabbrokropp som enligt modelleringar ligger på ett djup av 1–4 km. Gabbbron vid Ljungby uppträder i ett semicirkulärt mönster med omgivande

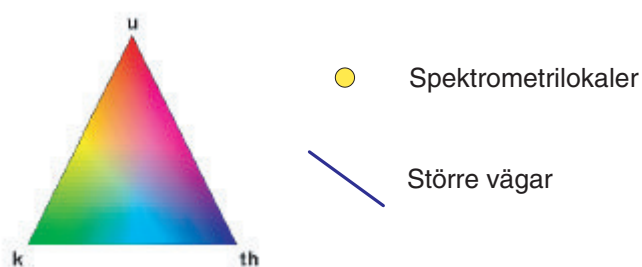
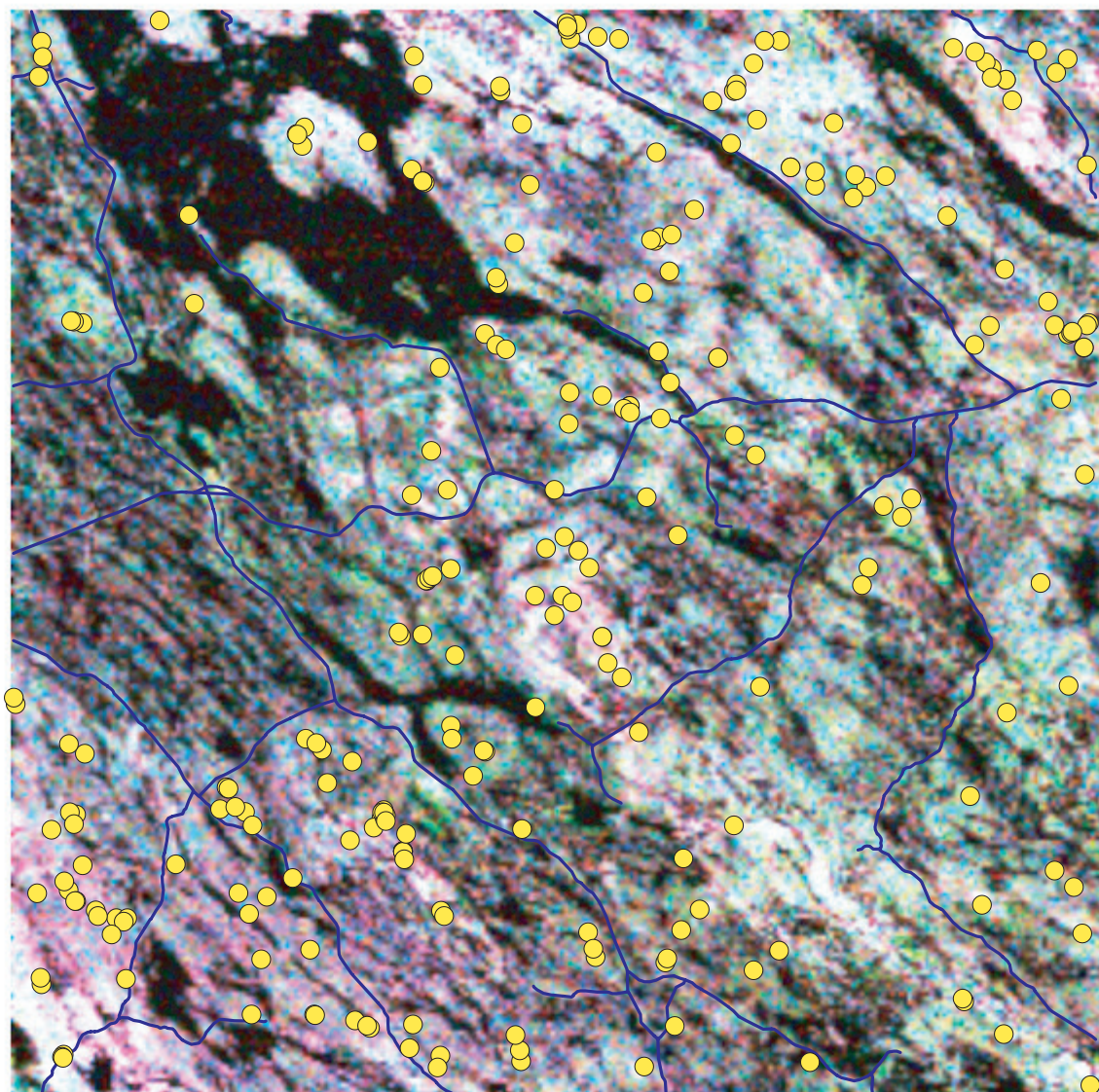


Fig. 2. Ternär (K-U-Th) strålningskarta över kartbladsområdet 241 Storavan med mätpunkter för spektrometri. Mörka områden motsvarar sjöar och områden med stora jorddjup. Ljusa områden motsvarar bergarter med högre strålning.

cirkulära gabbrogångar. Enklaver av mafiska bergarter tillhörande den postorogena sviten ligger lokalt som inneslutningar i granit, t.ex. vid Ljungby, Njaltaheden och Storbodsund.

Olika mafiska gångbergarter kan också associeras till den postorogena intrusionssviten. Flackt liggande gabbrogångar förekommer i alkalifältpatgranit tillhörande Arvidsjaursviten vid Bastusel-dammen, i Adakdomen samt vid Vinliden. I Ledfatssekvensen, väster om gabbron vid Ljungby, kan ett svagt mönster av smala magnetiska anomalier skönjas på kartan. Mönstret orsakas av basiska

gångar med hög susceptibilitet, vilka tolkas som associerade med gabbrointrusionen. Gångbergarterna är relativt finkorniga, mörkt grå och plagioklasporfyriska.

## Metamorfos

De vulkaniska och sedimentära bergarterna i Skellefte-, Vargfors- och Arvidsjaurgrupperna deformerades under den svekokarelska orogenesisen för ca 1850–1800 miljoner år sedan. Metamorfa förändringar kan framför allt iakttas i Adakområdet, där de omvandlade metavulkaniterna uppvisar en cordierit-muskovit-biotit-andalusitparagenes, vilket betyder en metamorf överprägling av bergarterna i amfibolitfacies. På 900 meters djup i Adakdomen finns migmatitiska bergarter dokumenterade från ett borrhål. De ligger i kontakt med en granit, som bedöms vara anatektisk. Radiellt ut från Adakdomen avtar sedan den höga deformationsgraden. I den sydvästligaste delen av kartområdet 24I Storavan SV finns megaxenoliter av ådergnejsomvandlad gråvacka i Revsundsgranit. Xenoliternas höga metamorfosgrad har inte någon motsvarighet i de mafiska vulkaniterna, som finns längre mot nordost vid Verbosjön. Även de mafiska vulkaniterna, både i kartbladsområdet Storavan SV och väster om Adak i kartbladsområdet Storavan SO, har generellt bevarade texturer och en aktinolithaltig mineralparagenes vilket innebär en metamorfosgrad av övre grönskifferfacies till lägre amfibolitfacies. I de norra delarna av kartbladsområdet, där Arvidsjaurgruppens och Arvidsjaursvitens bergarter förekommer, är deformations- och metamorfosgraden generellt lägre och bevarandegraden av primära texturer högre. Man kan dock iaktta en viss sprickighet och rekristallisation i vulkaniterna parallellt med en tolkad strykningens riktning.

## Deformationszoner

Den yngsta geologiska aktiviteten i kartområdet Storavan var rörelser längs de stora förkastningssystem som främst löper i NNO-lig och NV-lig riktning. Dessa är i de allra flesta fall inte synliga i häll, utan har tolkats från geofysiska data. Deformationszonerna uppträder på den flygmagnetiska kartan som tydliga, lågmagnetiska NNO-ligt strykande strukturer som ibland övertvåras hela storruktan 24I. Något mindre framträdande anomalier orsakas av zoner med NV-lig riktning och dessa tycks vara något yngre. Många av de större NNO-ligt strykande deformationszoner, som finns inom kartbladsområdet 24I Storavan, har troligen en lång och komplicerad historia som domineras av spröd deformation (uppkrossning). I häll visar sig dessa zoner främst genom att bergarterna blivit rika på sprickor, ofta med epidot som sprickfyllnad. Bergarterna i zonerna har låg magnetisering (Bergman Weihed 1997). Flera deformationszoner har en betydande bredd, t.ex. den zon som löper längs Malåns dalgång och består av förskiffrade bergarter i ett kilometerbrett bälte. Vid Sotträsket har Persson (1998) undersökt en av de längsta NNO-ligt strykande deformationszonerna med elektromagnetiska mätningar. Resultaten indikerar en bredd av ca 300 m hos zonen, och en stupning mot öster.

## NATURRESURSER

I kartområdet 24I Storavan finns ett flertal mineraliseringar, varav några i Adakområdet blev föremål för gruvdrift fram till 1976 (fig. 1). Under olika prospekteringskampanjer under 1900-talet har man med varierande metoder identifierat olika malmtyper, som alla har sina geologiska särdrag.

Adakområdet ses som den nordvästligaste delen av det malmförande Skelleftefältet, som karakteriseras av pyritdominerade koppar-zinkmalmer (Weihed m.fl. 1992). Malmerna i Adak, som prospekterades fram under 1930-talet, skiljer sig en del från malmerna i det övriga Skelleftefältet genom att vara kopparkis-magnetiskdominerade impregnationsmalmer i stora omvandlingszoner (Gavelin 1948, Lindberg 1970, Ljung 1974). Den tonnagemässigt stora Rudtjebäckenmalmen som finns på

Adakdomens östra sida var dock pyritdominerad och zinkhaltig och liknar det övriga Skelleftefältets malmer. Rudtjebäckenmalmen, Lindskiölds- och Brännmyranmalmen, som utgjordes av massiva sulfidlinser och impregnationszoner, låg i gränssonen mellan omvandlade felsiska metavulkaniter i Adakdomens kärna och de mafiska metavulkaniter som omger domen. Själva Adakmalmen samt de mindre Karlsson- och Långrevenmineraliseringarna utgjordes av ett antal kopparkisrika malmkroppar med stark strukturell styrning i omvandlade metavulkaniter. De till malmkropparna associerade omvandlingszonerna kännetecknas av antofyllit-cummingtonit-cordierit-biotit-klorit-granat-magnetitparageneser (Ljung 1974). Lokalt uppträder muskovitförande zoner och kalksilikatmineral som andradit och wollastonit. Kalksilikatomvandlingarna saknar i princip motsvarighet i det centrala Skelleftefältet, och är ett särdrag för Adakområdet.

Storbodsunds nickelmineralisering (Grip 1973) är belägen vid sjön Storavan och uppträcktes under 1940-talet. Den utgörs av en liten massiv magnetkislinns med relativt höga halter av Ni och Cu. Malmen ligger i botten av en mindre, flackt liggande lagergång av gabbro i anslutning till det större gabbrokomplexet vid Storbodsund. Gabbro innehåller delvis assimilerade brottstycken av vulkanit tillhörande Arvidsjaurgruppen och graniter tillhörande Arvidsjaursviten. En sulfidimpregnation kan också iaktas i andra gabbrokroppar i kartbladsområdet Storavan NV.

I höjdområdet Vinliden och dess omgivning finns flera små förekomster av kvartsgångar med arsenikkis, magnetkis, aktinolit och guld (Bergström 1996). Gångarna uppträder i sandstensdominerad gråvacka eller i gångar och små intrusioner av porfyr med tonalitisk sammansättning. Dessa värdbergarter är mer kompetenta och sprickbenägna än omgivande, finkorniga sedimentära bergarter. I området finns också mindre skjuvzoner och krosszoner med NNO-lig riktning. Omkring kvartsådrade partier i gråvackan, finns en albitisering som ger dem ett blekt, mer texturlöst utseende. En flack gabbrogång tillhörande den postorogena intrusionssviten intruderar den mineraliserade zonen.

Kopparmineraliseringen Gråberget undersöktes under 1970-talet och man kunde konstatera, att en utbredd men låghaltig kopparimpregnation fanns vid kontakten mellan ett konglomerat tillhörande Ledefatgruppen och en postorogen granitintrusion (Claesson 1979). Graniten uppträder som en större öst-västligt strykande gång med utskjutande mindre apofyser av finkornig granit. Mineraliseringen uppträder främst i två mer samlade impregnationszoner i granit, men kopparmineral förekommer också som sprickfyllnad i närliggande konglomerat. I den västra av de två nämnda, mineraliserade zonerna förekommer en turmalinbreccia med kopparkis och svavelkis samt något molybdenglans i en sericit- och epidotomvandlad granitporfyr. Den östra malmzonen innehåller kopparoxider och kopparsulfider i en epidot- och hämatitomvandlad kontakt mellan granit och konglomerat. Spektrometri som gjorts på hällar i anslutning till mineraliseringen visar ställvis på en kraftig kaliumanrikning.

Vid en omfattande uranprospektering under 1970-talet lokaliserades ett stort antal radioaktiva block och ett antal uranmineraliseringar i fast klyft. De senare finns lokaliserade i ett NNO-ligt stråk längs en av de stora deformationszonerna. Större mineraliseringar uppträder vid Björklund, Rävaberget, Långträsk samt Östra Järntjärnbäcken öster om Sör-Döttern, och ett antal mindre mineraliseringar finns vid Nörr-Döttern. Mineraliseringarna utgörs av en finkornig sprickfyllnad och impregnation av uraninit i omvandlade Arvidsjaurvulkaniter och granitoider. Den dominerande omvandlingen kallas episyenitisering och kännetecknas av en albitisering av fältspat, samtidigt som kvarts försvinner. Ca-rika mineral som titanit, grossular och Ca-rika amfiboler bildades tillsammans med sulfider (Hålenius & Smellie 1983). Genom U-Pb-datering av uraninit erhöles åldrar runt 1750 miljoner år för några av dessa mineraliseringar (Hålenius m.fl. 1983).

Inom kartbladsområdet 24I Storavan finns också ett antal stenbrott för krossbergsutvinning. Exempel på detta är Skidnäs, där Ledefatkonglomerat bryts och Råbäckskälen, där tåkten har anlagts i ryolit tillhörande Arvidsjaurgruppen.

## ARBETEN 1999 OCH 2000

Det geologiska fältarbetet slutfördes under 1999 med kartering av Storavan NV, revidering och komplettering av den petrofysiska och geokemiska provtagningen. Under 1999 och 2000 sammanställdes och tolkades materialet och en digital kartprodukt har framställts. Förutom kartan har rådata levererats in till ett antal databaser.

De geologiska förhållandena är studerade i ca 2300 hällar. Ett 50-tal prover för geokemisk analys har tagits för dokumentation och för att lösa viktiga detaljproblem. Ca 480 bergartsprover har tagits för att dokumentera petrofysiska parametrar, och kompletterat med ett äldre material omfattar det sammanlagda petrofysikmaterialet ca 640 prover. Hållspektrometri har utförts på ca 250 lokaler (fig. 2). Vidare har tre åldersdateringar av bergarter utförts vid Laboratoriet för Isotopgeologi, Naturhistoriska Riksmuseet, Stockholm.

### Geokemi

Den geokemiska provtagningen omfattar främst vulkaniter i Arvidsjaurgruppen och granitoider från Arvidsjaursviten samt en del prover från de mafiska vulkaniterna i Vargforsgruppen.

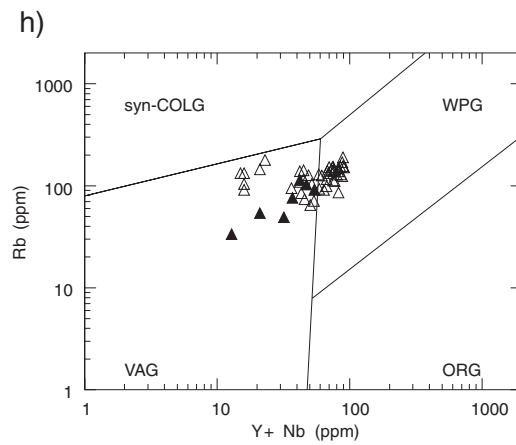
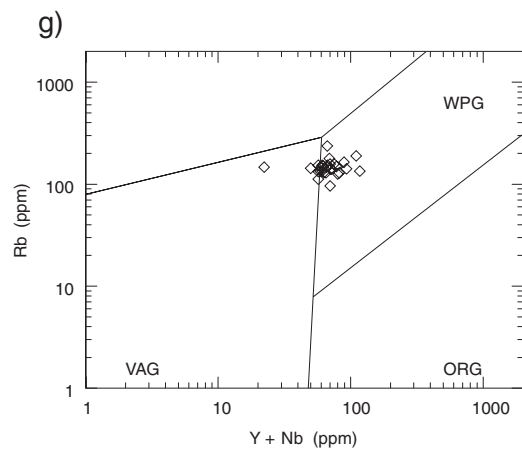
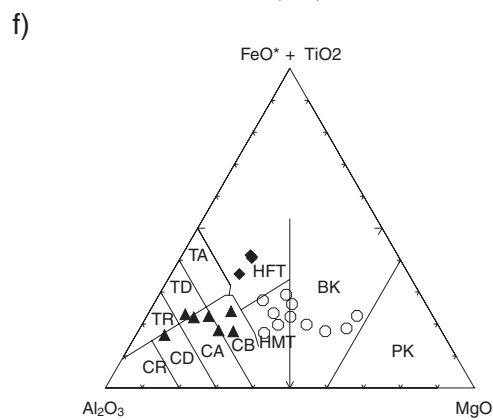
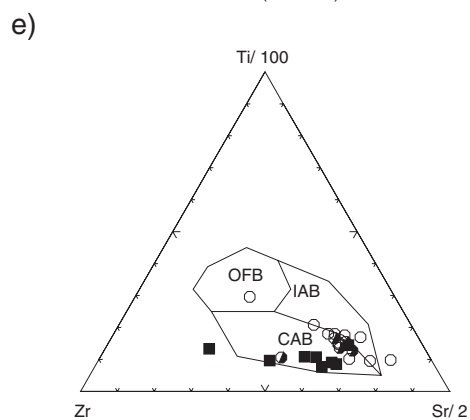
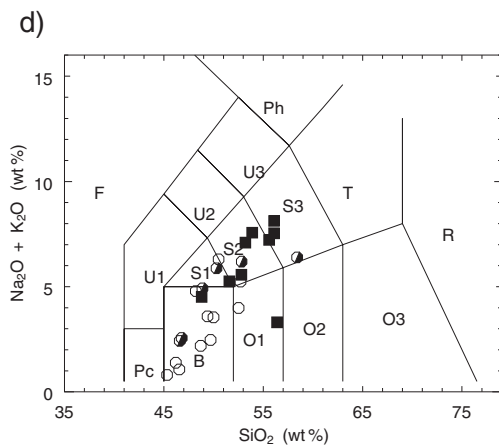
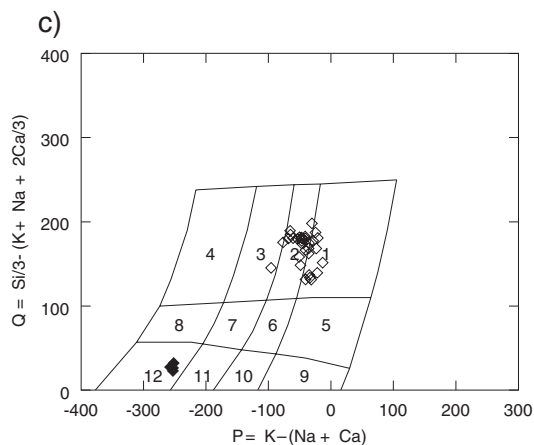
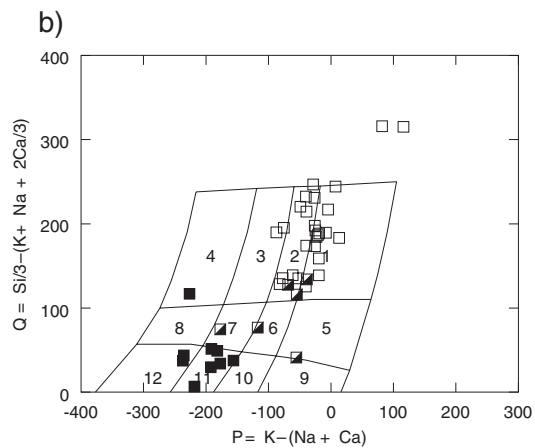
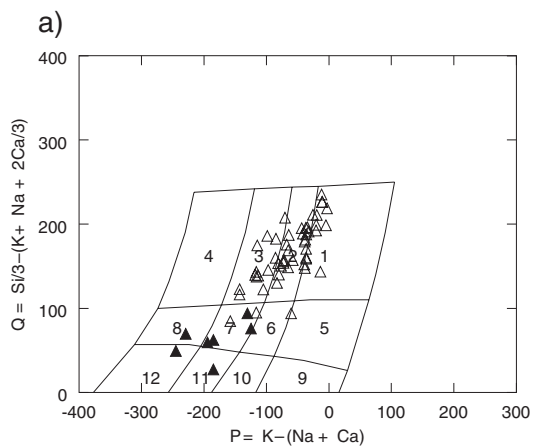
I det geokemiska materialet (fig. 3) kan man tydligt se släktskapet mellan Arvidsjaurgruppen och Arvidsjaursviten. De sammanfaller på en hög-K (shoshonitisk) trend (fig. 3a, 3b, 3d), där de mafiska delarna i olika tektoniska diskrimineringsdiagram plottar i fält för kalk-alkalin basalt eller kontinentkantsbasalt (fig. 3e och 3f). De felsiska komponenterna har erhållit en betydande andel uppsmält material från en juvenil krusta, som ger proven en anorogen dragning (fig. 3h), t.ex. genom högre halter av Zr, Y, Nb, U och Th. Tolkningen är att Arvidsjaurmagmatismen skett vid en destruktiv kontinentkant med befintlig (och tjock?) krusta. Miljön påminner sannolikt om Anderna idag, där stora stratovulkaner sänder ut ignimbritflöden, och förses med magma från stora batoliter. Magmabildningen är sannolikt en komplicerad process av tillförsel av primitiv mantelmagma, som förändrats genom assimilering av krustalt material, fraktionering i flera nivåer av magmakammare och inte minst genom magmablandning av olika magmatyper.

Vargforsgruppens mafiska vulkaniter visar en primitiv geokemi med höga Mg-Cr-Ni-halter (fig. 3f), men är ändå tydligt subduktionsrelaterade (fig. 3e). En tolkning är att de utgör de primitiva mantelmagmor som så småningom utvecklades till Arvidsjaurmagmatismen (fig. 3d).

Den postorogena intrusionssviten visar på många sätt upp karaktärsdrag som liknar Arvidsjaursvitens (fig. 3g). Den stora skillnaden är att de gabbro- till dioritbergarter i den postorogena intrusionssviten som analyserats generellt är thooleitiska med höga Fe-Ti-halter (fig. 3f), och att de i flera diskrimineringsdiagram plottar i fält för intrakontinentala basalter.

---

Fig. 3. Geokemiska diagram. Öppna trianglar Arvidsjaursviten; alkalifältspatgranit till tonalit, fyllda trianglar Arvidsjaursviten; gabbro till diorit. Öppna romber Postorogena intrusionssviten; granit, fyllda romber Postorogena intrusionssviten; gabbro-diorit. Öppna fyrkanter Arvidsjaurgruppen; ryolit, fyllda fyrkanter, Arvidsjaurgruppen; basalt-andesit, halvfyllda fyrkanter, Arvidsjaurgruppen; dacit, traktyandesit och kvartslatit. Ringar Mg-basalter, Vargforsgruppen. a)-c) Q-P-plot (Debon & Lefort, 1983), fälten motsvarar 1 granit, 2 monzogranit, 3 granodiorit, 4 tonalit, 5 kvartssyenit, 6 kvartsmonzonit, 7 kvartsmonzodiorit, 8 kvartsdiorit, 9 syenit, 10 monzonit, 11 monzogabbro, 12 gabbro. d) TAS-plot enligt Le Maitre (1989), fälten motsvarar: F foidit, Pc picrobasalt, B basalt, O1 basaltisk andesit, O2 andesit, O3 dacit, R ryolit, S1 traktybasalt, S2 basaltisk traktyandesit, S3 traktyandesit, T traktyt and traktydacit, U1 tefrit and basanit, U2 phonotefrit, U3 tefrifonolit, Ph fonolit. e) Zr-Ti/100-Sr/2-plot enligt Pearce & Cann (1973), fälten motsvarar: CAB kalkalkalina basalter, OFB havsbottenbasalter, IAB öbågebasalter. f) Jensen plot (Jensen 1976), fälten motsvarar: TR thooleitisk ryolit, TD thooleitisk dacit, TA thooleitisk andesit, CR kalkalkalin ryolit, CD kalkalkalin dacit, CA kalkalkalin andesit, CB kalkalin basalt, HMT hög-Mg basalt, HFT hög-Fe basalt, BK basaltisk komatiit och PK peridotitisk komatiit. g)-h) Rb-Y+Nb-plot enligt Pearce m.fl (1984), fälten motsvarar: VAG subduktionsrelaterade granitoider, syn-COLG kollisionsrelaterade graniter, WPG inomkontinentala granitoider, ORG granitoider från spridningsryggar.



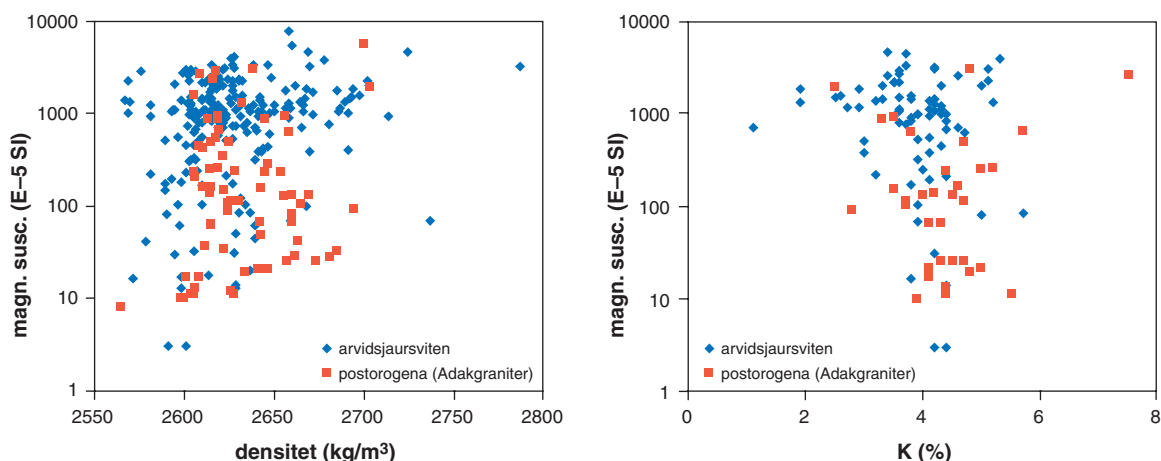


Fig. 4. Petrofysikdata för granitoider tillhörande Arvidsjaursviten och den postorogena intrusionssviten. a) magnetisk susceptibilitet mot densitet, b) magnetisk susceptibilitet mot spektrometrimätt kaliumhalt.

## Petrofysik

En jämförelse av några petrofysiska egenskaper mellan tidigorogena granitoider i Arvidsjaurgruppen och de postorogena granitoiderna visas i figur 4. Arvidsjaursvitens granitoider har i allmänhet högre magnetisk susceptibilitet. En jämförelse av densiteten för prov med lägre magnetisk susceptibilitet, visar att de postorogena granitoiderna innehåller generellt högre halter av mörka mineral vilket orsakar högre densiteter. Ett diagram över den magnetiska susceptibiliteten som funktion av kaliumhalten visar en svag kaliumförhöjning bland de postorogena granitoiderna.

## LITTERATUR

- Bergman Weihed, J., 1997: Regional deformation zones in the Skellefte and Arvidsjaur areas. *FoU-rapport Sveriges geologiska undersökning 03-852/93*.
- Bergström, U., 1996: Gold mineralization in the Vinliden area, Skellefte District, northern Sweden. Abstract 125th anniversary meeting, Stockholm. *Geologiska Föreningens i Stockholms Förhandlingar 118, A43-44*.
- Bergström, U. & Sträng, T., 1999: Kartbladen 231 Malå. I C.-H. Wahlgren (red.): *Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1998. Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 98, 48–54*.
- Bergström, U. & Triumf, C.-A., 1996: Kartbladen 24I Storavan. I C.-H. Wahlgren (red.): *Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1995. Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 84, 104–110*.
- Bergström, U. & Triumf, C.-A., 1997: Kartbladen 24I Storavan. I C.-H. Wahlgren (red.): *Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1996. Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 89, 62–71*.
- Bergström, U. & Triumf, C.-A., 1998: Kartbladen 24I Storavan. I C.-H. Wahlgren (red.): *Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1997. Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 97, 69–72*.
- Bergström, U. & Triumf, C.-A., 1999: Kartbladen 24I Storavan. I C.-H. Wahlgren (red.): *Regional berggrundsgeologisk undersökning - sammanfattning av pågående undersökningar 1998. Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 99, 69–74*.
- Claesson, L.-Å., 1979: Gråberget kopparmineralisering. Rapport över prospekteringsarbetena utförda för NSG åren 1974–1977. *Sveriges Geologiska Undersökning BRAP 79001*.

- Eliasson, T. & Sträng, T., 1997: Kartbladen 23H Stensele. I C.-H Wahlgren (red.): *Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1996. Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 89*, 41–46.
- Gavelin, S., 1948: Adakområdet, en översikt av berggrund och malmer. *Sveriges geologiska undersökning C 490*, 1–54.
- Grip, E., 1973: Skelleftefältets sulfidmalmer. I Grip, E. & Frietsch, R.: *Malm i Sverige 2*. Almqvist & Wiksell, 194–273.
- Hålenius, U. & Smellie, J.A.T., 1983: Mineralizations of the Arjeplog-Arvidsjaur-Sorsele uranium province: Mineralogical studies of selected uranium occurrences. *Neues Jahrbuch Miner. Abh. 147*, 229–252.
- Hålenius, U., Smellie, J.A.T. & Wilson, M.R., 1983: Uranium genesis within the Arjeplog–Arvidsjaur–Sorsele uranium province, northern Sweden. In *Vein type Uranium deposits, IAEA conference*. Vienna.
- Isaksson, H., Johansson, R., Triumf, C.-A., 1994: Förstudie Malå. Geofysisk dokumentation och tolkning. *SKB Djupförvar Projekt Rapport PR 44-94-029*.
- Le Maitre, R.W. (red.), 1989: *A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms*. Blackwell, Oxford.
- Lindberg, R., 1970: *Beskrivning av Adakområdet med huvudvikt lagd på tuffit- och grönstensen*. Opublicerad Fil.lic.-avhandling Stockholm universitet.
- Ljung, S., 1974: Adak-, Lindskiöld- och Brännmyrangravnorna inom Adakfältet. Petrografi och Malmer. *Sveriges geologiska undersökning C 701*, 1–94.
- Muller, J.P. E., 1980: *Geochemical and petrophysical study of the Arvidsjaur granitic intrusion, Swedish Lapland*. These No 1965, Université de Genève.
- Offerberg, J., 1959: Rocks and stratigraphy of the Ledfat area, Västerbotten county, northern Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C564*, 1–45.
- Persson, L., 1998: Radiomagnetotelluriska mätningar för spricktekonisk analys. *Avdelningen för Tillämpad Geofysik, Luleå Tekniska Universitet*.
- Skiöld, T., 1988: Implication of new U-Pb zircon chronology to early Proterozoic crustal accretion in northern Sweden. *Precambrian Research 38*, 147–164.
- Skiöld, T., Öhlander, B., Markkula, H., Widenfalk, L. & Claesson, L.-Å., 1993: Chronology of Proterozoic orogenic processes at the Archaean continental margin in northern Sweden. *Precambrian Research 64*, 225–238.
- Weihed, P., Bergman, J. & Bergström, U., 1992: Metallogeny and tectonic evolution of the Early Proterozoic Skellefte District, northern Sweden. *Precambrian Research 58*, 143–167.

E-post: ulf.bergström@sgu.se

carlaxel.triumf@geovista.se

# TÄTORTSPROJEKT. KOMMUNKARTOR 1:50 000

## Projekt Västra Mälardalen

Lars Persson och Malin Sträng

### INLEDNING

Tätortsprojektet Västra Mälardalen pågår under åren 2000–2003. För att täcka hela Mälardalsregionen inklusive Stockholm kommer ett nytt projekt som täcker de östra delarna av Mälardalen att starta år 2004. Den maringeologiska delen av projektet omfattar redan nu hela Mälardalen. Följande geovetenskapliga discipliner är involverade: berggrundsgeologi, bergkvalitet, maringeologi, geofysik (inkl. markmätning av radon), geokemi, hydrogeologi, jordartsgeologi samt tredimensionella sammanställningar av data från t.ex. två grusåsar belägna under vatten i Mälaren.

Projektet omfattar kommunerna Västerås, Eskilstuna, Kungsör, Hallsthammar och Köping. Arbetet inleddes 2000 med berggrundskartläggning och grundvattenundersökningar. Under 2001 kommer aktiviteter inom samtliga discipliner att vara igång.

Information kan fortlöpande erhållas under [www.sgu.se/verksamhet/geound\\_index.htm](http://www.sgu.se/verksamhet/geound_index.htm)

### BERGGRUNDSGEOLOGI

Under 2000 igångsattes fältarbete inom Västerås och Eskilstuna kommuner (fig. 1). I de fall där moderna berggrundskartor föreligger nyttjas dessa för en ny sammanställning av berggrunden. Inom Västerås kommun, där berggrundsdelen ska vara leveransklar i slutet av 2001, återstår i stort sett revision av karterade områden. Nykartering inleddes i området 10H Eskilstuna NO som omfattar delar av Västerås och Eskilstuna kommuner. Insatserna koncentrerades till de västra och norra delarna av kartområdet.

### VÄSTERÅS KOMMUN




En stor del av kommunens yta var redan karterad innan projektet startade. Nykartering gjordes främst i den södra delen, inklusive öarna i Mälaren (10H Eskilstuna NO) samt i den nordostliga delen av kommunen (11H Enköping NV). Kartläggningen av öarna visade sig vara tidsödande.

Inom det nykarterade området dominerar gnejsig granit, granodiorit och tonalit med inslag av diorit och gabbrobergarter. Mera underordnat förekommer sedimentådergnejs, yngre granit, pegmatiter och diabas. En fint medelkornig, grå, förhållandevis massformig granitoid med relativt stor utbredning ställde till med tolkningsmässiga problem. Vi anser för närvarande att denna bergart tillhör sviten med gnejsiga granitoider, eftersom den tydligt genomsätts av yngre granit och har påverkats av migmatitiseringsprocesser. Inom stora delar av det karterade området är neosomen så dominerande att bergarten kommer att markeras som yngre granit (migmatitgranit) på kartan.

### ESKILSTUNA KOMMUN

I Mälaren går en markant geologisk gränsszon. Söder om denna gräns är bergarterna generellt sett mycket kraftigt migmatitiserade (fig. 2). Neosomen utgörs normalt av en finkornig till medelkornig, röd, salisk granit, i vilken det förekommer rester av främst tydligt gnejsig granit samt ställvis av en mer finkornig, vanligen högmagnetisk, grå eller rödaktig gnejsig granitoid. I några fall har vulkaniter observerats. Gränsdragningen mellan de olika bergartstyperna är mycket svår att göra, eftersom neo-

## Västra Mälardalen

-  Utfört fältarbete under 2000
-  Tidigare utgivna moderna berggrundskartor
-  Pågående projekt Västerås NO

Skala 1:750 000

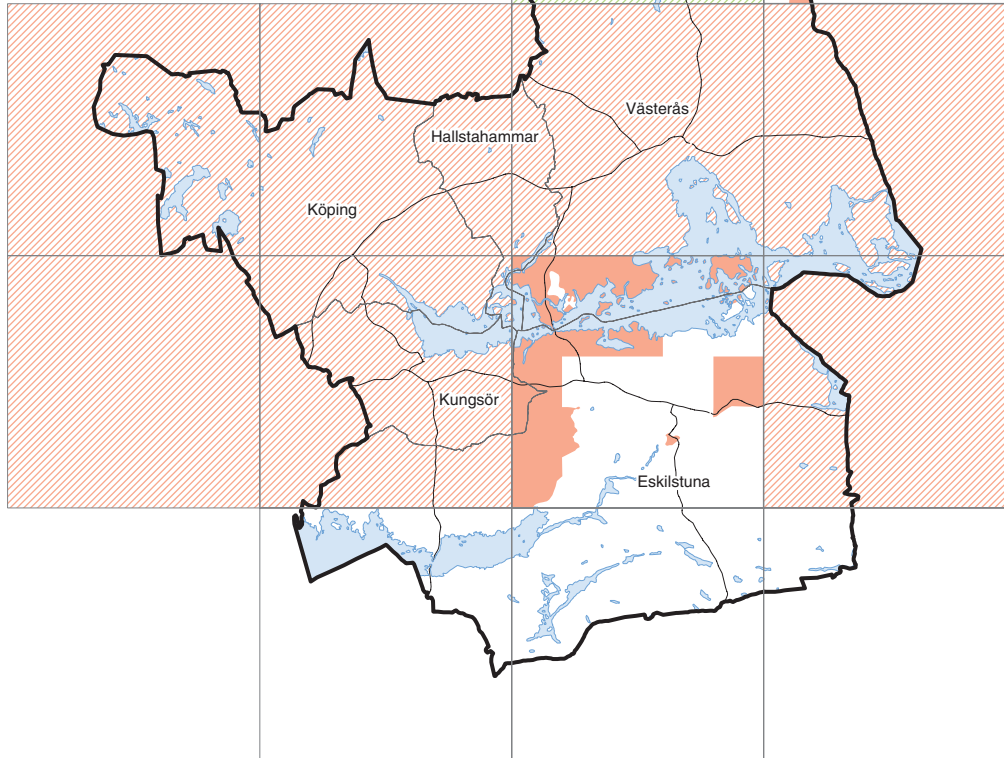


Fig. 1. Markerat område utgör tätortsprojektet Västra Mälardalen omfattande kommunerna Västerås, Eskilstuna, Hallstahammar, Köping och Kungsör. Under år 2000 inledande fältarbete inom främst kartområdet 10H Eskilstuna NO är markerat med röd färg.

sominslaget kan vara allt från 10 till 100%. En vacker kvartsbreccia är observerad på Bjurholmen i Mälaren (fig. 3). Mot sydost på fastlandet är en liknande breccia tidigare beskriven (Lundegårdh & Lundqvist 1954).

Öarna Granholmen och Vargholmen i Mälaren består av en diabas som bitvis har mandeltextur (Lundegårdh & Lundqvist 1954). På främst norra och östra delen av Granholmen finns det rikligt med block bestående av jotnisk sandsten och konglomerat. Dessa bergarter har dock ej påträffats i fast klyft.

## BERGKVALITET

Mer omfattande insatser som berör bergkvalitet har inte gjorts i området under året. Bergkvalitetskartan över Västerås kommun ska vara leveransfärdig i slutet av 2001. Inom Västerås kommun har viss provtagning skett samtidigt med berggrundskartläggningen. Förberedelser för provtagning inom Eskilstuna kommun har genomförts. En översiktlig bergkvalitetsundersökning som gjorts på uppdrag täcker omfattande delar av Eskilstuna kommun och levererades i början av år 2000 (Göransson 2000). Den ger värdefulla indikationer om bergkvaliteterna inom området. De kraftiga omvandlingar av berggrunden som nämnts ovan bidrar ställvis till förhöjd bergkvalitet.



Fig. 2. Ådergnejsomvandlad gnejsig granit. Torshälla, Eskilstuna kommun.



Fig. 3. Kvartsbreccia. Bjurholmen i Mälaren, Eskilstuna kommun.

## SLUTSATSER OCH FRAMTID

Sammanställningar av tidigare gjorda moderna berggrundskartor kommer att vara svåra att genomföra på grund av den starka omvandlingsgraden i berggrunden. T.ex. inom närliggande kartbladsområde Eskilstuna NV förekommer ett flertal långsmala områden med kraftigt migmatitiserad vulkanit. Det hålls för troligt att flera av dessa kommer att omtolkas till att bestå av kraftigt migmatitiserad gnejsig granit, eftersom inga tydliga vulkaniter kan identifieras, däremot tydliga gnejsiga graniter. I området nära Kungsör förekommer dock vulkaniter.

## LITTERATUR

- Göransson, M., 2000: Krossbergsinventering i Eskilstuna kommun. Opubl. uppdragsrapport. *Sveriges geologiska undersökning 2000-04-06*.
- Lundegårdh, P.H. & Lundqvist, G., 1954: Beskrivning till kartbladet Västerås. *Sveriges geologiska undersökning Aa 196*, 123 s.

E-post: lars.persson@sgu.se

malin.strang@sgu.se

## REFERENSKARTOR 1:250 000

### Syntes av berggrundsgeologisk och geofysisk information, Bergslagen och omgivande områden

*Michael B. Stephens, Martin Ahl, Torbjörn Bergman, Ingmar Lundström,  
Lena Persson, Magnus Ripa och Carl-Henric Wahlgren*

#### INLEDNING

Med de då pågående regionala sammanställningarna Norra Norrbotten och Skelleftefältet som förebild, påbörjades arbetet med en regional sammanställning över centrala Bergslagen i skala 1:250 000 år 1995. Det geologiska underlagsmaterialets detaljeringsgrad är inte jämförbar i de tre regionerna. Beträffande Bergslagsområdet ansågs befintliga undersökningar i skala 1:50 000 vara så moderna att arbetet inleddes med ett försök att digitalisera fältdagboksanteckningar för att göra även primärinformationen lättare tillgänglig för vidare bearbetning. Digitaliseringen av fältdagböcker avbröts dock redan efter några månader. Försöket blev både mer tidsödande och dyrare än beräknat, och utfallet stod inte alls i proportion till arbetsinsatsen. Under 1996 låg verksamheten nere men återupptogs 1997, då som ett fyraårigt SGU-projekt, det så kallade Bergslagsprojektet, som omfattar Bergslagen och dess närmast omgivande områden i den södra, centrala delen av Sverige.

Bergslagsprojektet syftar främst till att sammanställa och uppdatera befintlig geologisk och geofysisk information inom ett område som sträcker sig från Linköping i söder till Falun och Hofors i norr och från Kristinehamn i väster till Ålands hav i öster (koord. 6475000-6750000 och 1400000-1700000 i rikets nät, dvs. motsvarande topografiska kartrutorna 8–13 och E–J). Vidare syftar projektet till att skapa en ny syntes av geologin i detta ur malmgeologisk synvinkel viktiga område. Nära samarbete pågår med både Uppsala universitet och Luleå tekniska universitet i samband med olika forskningsprojekt som startade under 1998 respektive 2000, med ekonomiskt stöd helt eller delvis inom ramarna för SGUs externa FoU-program. En sammanfattning av: 1) de databaser som planeras att färdigställas, 2) de olika synteskartor som kommer att framställas i digitalt format i skala 1:250 000 och 3) nyckelteman för särskilda undersökningar (inklusive fältarbeten) finns i Stephens m.fl. (1998). En sammanfattning av verksamhet som utförts under 1997, 1998 och 1999 presenterades i Stephens m.fl. (1998, 1999, 2000). Projektet planeras att avslutas år 2001.

I projektområdet förekommer betydande inslag av metasedimentära och felsiska metavulkaniska bergarter. De sistnämnda är delvis ca 1,91–1,89 Ga gamla och är värdbergarter för större delen av mineraliseringarna inom området (se t.ex. Allen m.fl. 1996). Dessa suprakrustala bergarter är intruderade av granitoider och mafiska till ultramafiska bergarter (ca 1,89–1,87 Ga gamla), som på de flesta ställen är starkt deformerade och metamorfoserade, samt av olika generationer av yngre granitoider, syenitoider och mafiska till ultramafiska bergarter (ca 1,85–1,75, 1,71–1,67 och 1,50 Ga gamla). Vulkaniska bergarter, ca 1,80 och 1,70 Ga gamla, uppträder ställvis tillsammans med de yngre intrusiva bergarterna. Mesoproterozoiska sandstenar och konglomerat, mesoproterozoiska och meso- till neoproterozoiska mafiska gångar samt neoproterozoiska sandstenar utgör de yngsta prekambriiska bergarterna. Underpaleozoiska sedimentära bergarter förekommer i två förkastningsbevarade utliggare.

## VERKSAMHET UNDER 2000

### Allmän översikt

Arbetet under 2000 har omfattat:

1. Sammanställning av befintlig berggrundsgeologisk information över projektområdet.
2. Tolkning av regionala strukturer samt gångar utifrån geofysiska och geologiska data.
3. U-Pb-zirkondatering av fem felsiska, metavulkaniska bergarter (prov 1 och 3–6 som är refererade till i Stephens m.fl. 2000). Dateringsarbetet har utförts vid Naturhistoriska Riksmuseet i Stockholm.
4. Modifiering av den befintliga berggrundskartan, i enlighet med resultat från bl.a. arbeten utförda under projektets gång.
5. Sammanställning av information rörande småskaliga strukturer och metamorfosen inom projektområdet.
6. Sammanställning av regional hydrotermal omvandling inom projektområdet.
7. Justeringsarbete i samband med uppbyggnad av en databas över mineral- och bergartsresurser. Denna databas innehåller kortfattad information om ca 6550 fyndigheter inom projektområdet.
8. Petrofysisk provtagning och gammastrålningsmätning på totalt 105 lokaler inom kartområdet 12I Östhammar. För närvarande finns omkring 5000 mätningar av densitet och magnetisk susceptibilitet samt 1400 gammastrålningsmätningar i den petrofysiska databasen inom projektområdet.
9. Provtagning och geokemisk analys av 39 bergartsprov, huvudsakligen från den östra delen av projektområdet. För närvarande finns 970 bergartsgeokemiska analyser med huvudelement, spårelement och sällsynta jordartsmetaller i den berggrundsgeokemiska databasen inom projektområdet.
10. Fältundersökning av de stratigrafiska och fysiskt vulkanologiska förhållandena i de ca 1,91–1,89 Ga gamla metavulkaniska bergarterna. Fältarbetet bedrevs under 2 manveckor under augusti–september (fig. 1).
11. Fältundersökning av regionala strukturella och stratigrafiska förhållanden samt klassificering av bergarter norr om Falun. Fältarbetet bedrevs under 7 manveckor under augusti–september (fig. 1).
12. Provtagning av fem bergarter för geokronologiska studier (U-Pb-zirkon och -monazit). Ryolitisk metaignimbrit (prov 1; koord. 6636190/1428740, 11E Filipstad NO), metatonalit (prov 2) intruderad av en felsisk-mafisk blandad gång (prov 3) som också är metamorfoserad (6672168/1666390, 12J Grisslehamn SV), granatförande, folierad och omkristalliserad, granitisk leukosom (prov 4) i paragnejs (6562426/1633334, 10I Stockholm SO), porfyrisk och folierad granit (prov 5; 6701181/1595909, 13H Gävle SO).
13. Förberedelse och genomförande av slutexkursionen för Bergslagsprojektet (september 2000). Tre manveckor användes för förberedelse av slutexkursionen som skall genomföras igen i september 2001.

En mer utförlig beskrivning av aktiviteterna 10 och 11 följer nedan.

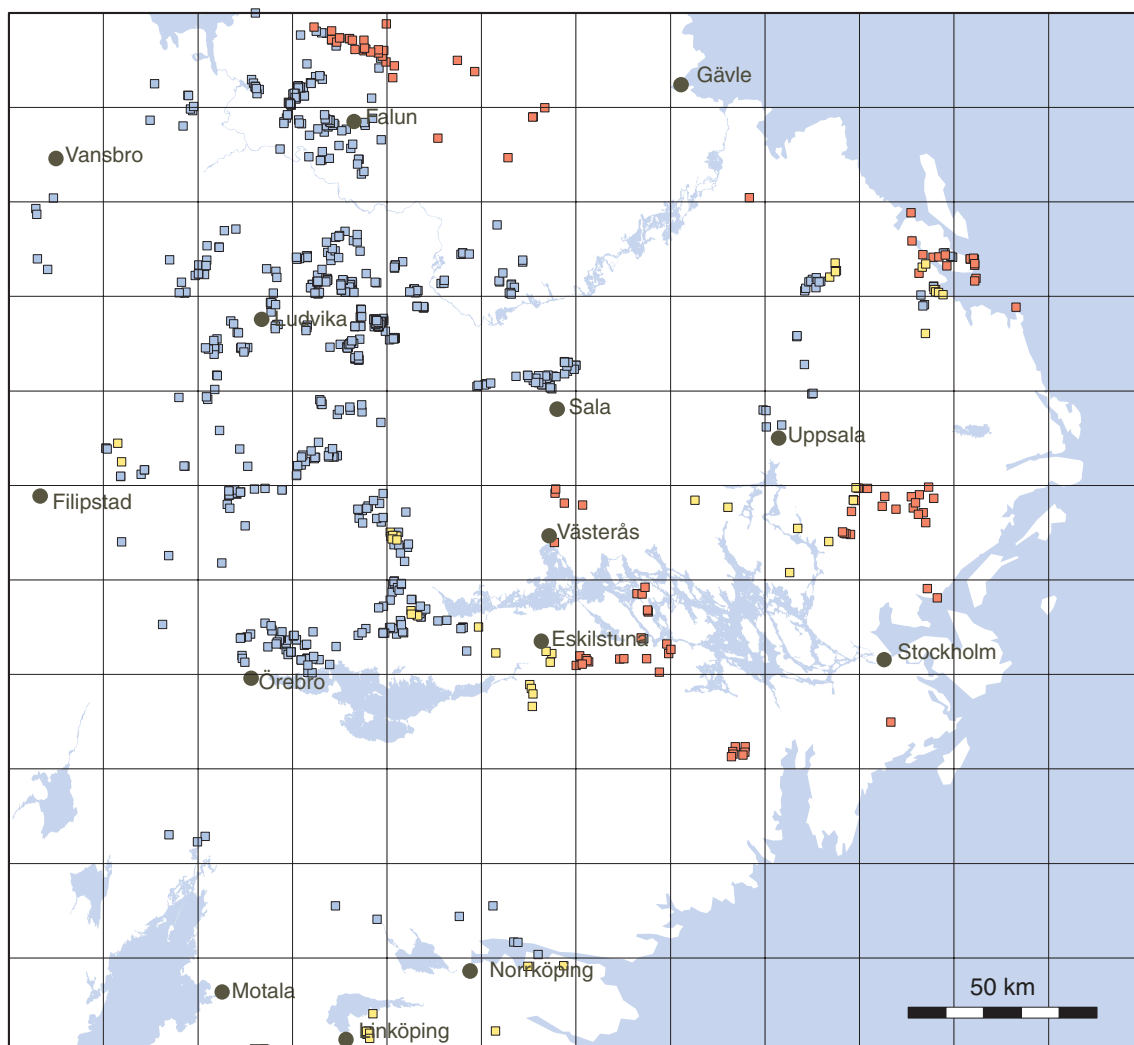


Fig. 1. Observationspunkter (n=164) under fältsäsongen 2000. Röda kvadrater avser strukturella studier och gula vulkanologiska-sedimentologiska. Blåa punkter representerar observationer under fältsäsongerna 1998 och 1999. På grund av bildens skala motsvarar återgivningen inte helt det antal observationer som matats in i håll-databasen.

## Fältundersökning av de stratigrafiska och fysiskt vulkanologiska förhållandena i de ca 1,91–1,89 Ga gamla metavulkaniska bergarterna

Fältundersökningarna under år 2000 inriktades främst mot kompletteringar rörande två frågeställningar som berörts under tidigare fältstudier. Sålunda studerades:

1. De intermediära och mafiska metavulkaniternas geologi i Dannemora- och Hargshamnssområdena (12I Östhammar), Hjalsta–Arlandaområdet (11H Enköping och 11I Uppsala) och i norra Östergötland (8F Linköping och 8G Norrköping).
2. Möjligheten att de från västra Bergslagen kända lagerföljderna skulle kunna återfinnas längre österut undersöktes i Köpings- och Eskilstunaområdena (10G Eskilstuna och 11G Västerås).

### *Intermediära och mafiska metavulkaniska bergarter*

Bergslagsområdets metavulkaniska bergarter uppfattas vanligen som övervägande ryolitiska-alkali-ryolitiska. Det bedömdes därför angeläget att dokumentera geologin och geokemin i de intermediära och mafiska metavulkaniter som förekommer, främst i projektområdets östra och södra utkanter.



Fig. 2. Metavulkaniska bergarter. Koordinater i rikets nät.

a) Hyaloklastisk metasandsten. Häll 300 m ONO om Broskogen (6681833/1618866). 12I Östhammar NV.

b) Begynnande glimmerkvartsitomvandling av vulkanisk bergart. Häll söder om vägen, 1500 m sydost om Gisslarbo (6611734/1502098). 11G Västerås SV.

**Dannemoraområdet (12I Östhammar):** De studier som påbörjades i området 1999 (Stephens m.fl. 2000) fortsatte under år 2000 med någon dags exkursion tillsammans med Ingemar Lager, som genom sin mångåriga verksamhet som gruvgeolog i Dannemoragruvan fått en omfattande kunskap om området. Exempel på den så kallade ”undre formationens” välbevarade pyroklastiska massflödesavlagringar och med dessa växellagrade metasedimentära turbiditer studerades. Fältarbetet koncentrerades emellertid på de mafiska metavulkaniternas fältförhållanden. Det visade sig att såväl klastiska metavulkaniter som lavar med sannolikt omlagrade hyaloklastiska metasandstenar förekommer i området (fig. 2a).

**Hargshamnsområdet (12I Östhammar):** 1999 påbörjades en studie av de intermediära och mafiska metavulkaniska bergarterna kring Hargshamn och väster därom (Stephens m.fl. 2000), vilken kompletterades något under år 2000. Liksom i Dannemora förekommer här såväl fragmentförande som skiktade mafiska metavulkaniter. Dessutom förekommer i Hargshamnsområdet sannolikt lavar med peperitiska kontakter mot felsisk, vulkanisk metasiltsten. Dannemora- och Hargshamnsområdena skiljer sig sålunda från det mesta av övriga Bergslagen genom att mafiska, och troligen även intermediära, entydigt ytavsatta metavulkaniter är påfallande vanliga.

**Biskopskulla–Sigtuna–Arlandaområdet (11H Enköping och 11I Uppsala):** Från trakten av Biskopskulla–Hjälsta löper ett stråk med spridda förekomster av intermediära metavulkaniter över Sigtuna till och förbi Arlanda (Stålhös 1972, 1974). I de västligare delarna är metamorfosgraden för hög för att bergarternas vulkanologiska karaktär skall framträda, men från Sigtuna och österut visar de på många håll överskärande relationer gentemot såväl metasedimentära bergarter som felsiska, lagrade metavulkaniter. Områdets intermediära magmatiska bergarter är sålunda övervägande intrusiva.

**Normlösaområdet (8F Linköping):** Amfibolitiska, delvis breccieartade till konglomeratiska metabasiter som växellagrar med felsiska metavulkaniter förekommer i Normlösaområdet, nordost om Mjölby. Brecciorna innehåller kluster av felsiska metavulkaniter och ger därigenom intrycket av att ha avlagrats som vulkaniska fallavlagringar (Wikman m.fl. 1980). Vid N. Karleby har emellertid den ursprungliga basiska magman in-situ-breccierat ett större parti av en sammanhängande, felsisk vulkanisk bergart, så att liknande felsiska kluster bildats, dvs. att bildningen är av intrusivt ursprung.

**Rystadsområdet (8F Linköping):** Gorbatshev m.fl. (1976) beskrev ett område med relativt välbevarade, basaltiska metavulkaniter från trakten av Rystad, nordost om Linköping. Dessa metavulkaniter är delvis kraftigt förskiffrade, varför den skiktning som berggrundskartan indikerar är svår att belägga. Talrika, så kallade mandelstensstrukturer liksom strukturer som indikerar kuddlava förekommer emellertid och visar att även dessa mafiska, magmatiska bergarter är effusiva.

**Vikbolandet (8G Norrköping):** Från Vikbolandet beskriver Wikström (1975) kraftigt migmatitiserade bergarter vilka tolkats som metavulkaniter med intermediära och felsiska sammansättningar. Öster om Svenssundsviken förekommer delvis skiktade, sannolikt omsedimenterade, Na-rika, entydiga metavulkaniska bergarter. Öster om Ö. Husby anger berggrundskartan att bergarter som tolkats som intermediära metavulkanier förekommer. Trots att de enligt berggrundskartan skall innehålla både skarn- och kvartsitskikt, liksom en del malmförekomster, förefaller deras ursprung dock osäkert. De förefaller snarare att åtminstone lokalt utgöras av mycket kraftigt migmatitiserade ortognejser.

### *Jämförelser av de från västra Bergslagen kända lagerföljderna med förhållandena längre österut*

Stratigrafiska typprofiler har beskrivits från ett antal platser, främst i de västra delarna av Bergslagen (se t.ex. Allen m.fl. 1996). Gorbatshev (1969) och Wikman (1972, 1973) diskuterade möjligheterna att parallellisera sådana typprofiler med förhållandena nordost om Örebro. Denna frågeställning studerades inom Bergslagsprojektet under fältsäsongen 1999 (Stephens m.fl. 2000). En del fältarbeten under år 2000 inriktades därför på en uppföljning ännu längre österut, bl.a. enligt tankegångar som framfördes av Gorbatshev (1969).

**Eskilstunaområdet (10G Eskilstuna):** Gorbatshev (1969) föreslog att de från Rinkaby–Glanshammarområdet kända ytbergartslitologierna skulle fortsätta i ett stråk söder om Eskilstuna. Litologier som mycket väl skulle kunna utgöra högmetamorfa, delvis migmatitiserade motsvarigheter till Wikmans (1972, 1973) ”K-leptitetage”, ”bandade leptitetage” och ”glimmerskifferetage” (jfr Stephens m.fl. 2000) förekommer sydost om Eskilstuna. Sydväst om Eskilstuna avbryts emellertid detta stråk av stora områden med migmatitiska ortognejser, varför ett samband med Rinkaby–Glanshammarområdet är sannolikt men svårt att belägga i detalj. Sammanfattningsvis förefaller stråket söder om Eskilstuna sålunda stratigrafiskt motsvara de översta delarna av Rinkaby–Glanshammarsområdets lagerföljd.

**Valskogsområdet (10G Eskilstuna):** I Valskogsområdet förekommer relativt välbevarade, intermediära, plagioklasporfyriska metavulkaniter, kvartsiter och kraftigt glimmerkvartsitomvandlade metavulkaniter (Lundegårdh 1974), dvs. sådana litologier som kännetecknar Wikmans (1972, 1973) ”Na-leptitetage” i Rinkabyområdet (Stephens m.fl. 2000). I analogi med Rinkabyområdets ”Na-leptitetage”, skulle således Valskogsområdets bergarter tillhöra lagerföljdens lägsta delar.

**Gisslarbo (11G Västerås):** Lundegårdh & Nisca (1978) beskriver en komplicerad växellagring mellan felsiska och mafiska, delvis agglomeratiska och spilitiska metavulkaniter och metasedimentära bergarter i området öster om Gisslarbo och Kolsva. Planskiktade, jämnkorniga, finkorniga metavulkaniter av den typ som är vanlig i de övre delarna av Bergslagens metavulkaniska lagerföljd förekommer otvetydigt. De är emellertid delvis skarnbreccierade och hydrotermalt omvandlade, vilket kan ha skapat falskt klastiska, agglomeratliknande strukturer. Dessa metavulkaniter är följaktligen föga grovklastiska och ger intryck av att ha avlagrats under sådana lugna avsättningsförhållanden som kännetecknade den vulkaniska avslutningsfasen i Bergslagen. Sammanfattningsvis förefaller sålunda Gisslarboområdets metavulkaniter att tillhöra de översta delarna av lagerföljden.

De bergarter som betecknats som glimmerskifferomvandlade gråvackor och som växellagrar med de ovan beskrivna metavulkaniterna i kartområdet 11G Västerås SV (Lundegårdh & Nisca 1978), utgörs förmodligen i många fall av glimmerkvartsitomvandlade vulkaniska bergarter (fig. 2b). Endast enstaka rester av någorlunda igenkännbara metasedimentära bergarter förekommer.

## Fältundersökning av regionala strukturella och stratigrafiska förhållanden samt klassificering av bergarter norr om Falun

Fältstudier under år 2000 bedrevs inom de östra och norra delarna av projektområdet, dvs. inom kartområdena 10H Strängnäs NV, NO och SO, 11G Västerås SO, 11H Enköping SV, 11I Uppsala SV och SO, 12I Östhammar NO, 12J Grisslehamn NV och SV, 13F Falun NO och 13G Hofors NV, SV och SO. Syftet med fältarbetet var:

1. Att fortsätta med de studier av relationen mellan olika generationer av foliation, inklusive primär lagring, och den storskaliga veckning som avrapporterats tidigare (Stephens m.fl. 1999, 2000). Dessa strukturella studier koncentrerades, till skillnad från tidigare fältarbetsinsatser, i första hand till områden som genomgått regional ådergnejs- till migmatitomvandling.
2. Att utreda relationen mellan den strukturella utvecklingen och så kallade intraorogena metadiabaser ("Herrängsgångar").
3. Att studera kraftigt omvandlade, ådergnejsiga till migmatitiska bergarter inom kartområdet 13F Falun NO, med syfte att försöka utröna om de utgör ortognejser (intrusivt eller extrusivt ursprung) eller paragnejser.
4. Slutligen gjordes en mindre insats inom kartområdet 11G Västerås SO och 11H Enköping SV för strukturellt och litostratigrafiskt inriktade studier av metagråvackeartade till kvartsitiska bergarter, för att försöka utreda dessas eventuella korrelation med den så kallade Larsboformationen med överlagrande kvartsitiska bergarter (Stephens m.fl. 1999, 2000).

Beroende på undersökningsområdets storlek har enbart områden som bedömts vara kritiska för förståelsen av de olika problemställningarna valts ut för studier. I nedanstående text ges en kortfattad sammanfattning av de viktigaste resultaten från fältarbetet.

### *D<sub>2</sub>-veckning och stratigrafi i sydöstra delen av Bergslagsområdet*

Den södra och sydöstra delen av Bergslagsområdet domineras av högmetamorfa, vanligen ådergnejs- till migmatitomvandlade, metasedimentära bergarter och metagranitoider. Av formlinjekartan (fig. 4 i Stephens m.fl. 1999) framgår det att dessa berggrundsterrängar är karakteriserade av en storskalig veckteknik. Syftet med fältarbetet i dessa områden var att försöka bedöma vilken generation denna veckning tillhör, dvs. om veckningen är relaterad till den D<sub>2</sub>-veckning som dokumenterats inom icke ådergnejs- och migmatitomvandlade områden inom projektområdet (Stephens m.fl. 1999, 2000).

**Strängnäs–Nykvarnområdet (10H Strängnäs NV, NO och SO):** Berggrunden inom området domineras av metasedimentära bergarter och metagranitoider (Stålhös 1982, 1984). Vidare förekommer yngre, anatektisk granit som större eller mindre kroppar och underordnat felsiska, metavulkaniska bergarter. De metasedimentära bergarterna och metagranitoiderna är kraftigt omvandlade, vanligen ådergnejsiga till migmatitiska. Granater förekommer frekvent, framförallt i de metasedimentära bergarterna. Trots den kraftiga omvandlingen av de metasedimentära bergarterna, uppvisar dessa i många fall en sammansättningsvariation med glimmerrikare och glimmerfattigare led, vilken förmodas återspegla en primär lagring med bergartsled av omväxlande argillitisk respektive arenitisk karaktär. Likheten med den metagråvackeartade Larsboformationen är slående, och följaktligen föreligger möjligheten att dessa metasedimentära bergarter utgör den lägsta stratigrafiska nivån och därmed huvudsakligen underlagrar de metavulkaniska bergarterna.

Strukturellt karakteriseras berggrunden i området av storskaliga veck (Stålhös 1982, 1984 och fig. 4 i Stephens m.fl. 1999). En rekognoscering i området kring sjön Ogan, ca 7 km söder om Nykvarn i kartområdet 10H Strängnäs SO, bekräftade förekomsten av den storskaliga, i det närmaste isoklinala veck som är indikerat på berggrundskartan (Stålhös 1982). Strukturen definieras av en veckad gnejsighet och ådring och utgör en synform som stupar mot ONO. Denna förmodas tillhöra samma generation som de tidigare dokumenterade storskaliga vecken i centrala Bergslagsområdet

(Stephens m.fl. 1999, 2000), och skulle sålunda utgöra en  $D_2$ -synform. Gnejsigheten stupar medelbrant mot SSO runt hela strukturen, vilket innebär att synformen är överstjälp mot norr (axialplanet stupar mot SSO). I själva veckomböjningen, t.ex. norr om St. Horssjön, är gnejsigheten ställvis kraftigt och relativt oregelbundet veckad i dm- till m-skala. I den södra flanken av strukturen har både s- och z-asymmetriska veck observerats. Då en z-asymmetri är att förvänta, utgör förmodligen de s-asymmetriska vecken parasitveck till mer storskaliga z-asymmetriska parasitveck. Ställvis förekommer en tendens till en krenulationsförskifning ( $S_2$ ) samt även en mobilisering av pegmatitiskt material i axialplansriktningen (fig. 3a). Detta mobiliserat är sålunda bildat syn- $D_2$ , medan de veckade ådrorna är bildade pre- $D_2$ .

Resultatet av det översiktliga fältarbetet inom övriga delar av Strängnäs–Nykvvarnområdet indikerar, att den dominerande foliationen inom området är en första generationens foliation vilken sedan är veckad under  $D_2$ . Observerade stängligheter och veckaxlar uppvisar vanligen en ONO- till OSO-lig stupning på 30–60°.

I den södra delen av kartområdena 10H Strängnäs NV och NO, söder om Mälaren, uppvisar formlinjerna en relativt konstant öst–västlig orientering (se fig. 4 i Stephens m.fl. 1999), vilken har tolkats vara orsakad av en koncentration av öst–västliga, plastiska skjuvzoner i den norra flanken av en storskalig  $D_2$ -antiform (Antal m.fl. 1998a, Stephens m.fl. 1999). I hållar utmed E 20 genom Strängnäs observerades stråkvisa, upp till ca 100 m breda, plastiska skjuvzoner, inom vilka de ådergnejsiga till migmatitiska strukturerna är kraftigt sönder slitna, transponerade och retrograderade (fig. 3b) samt stråkvist kraftigt bandade. Den mylonitiska foliationen och bandningen har en VNV-lig strykning och vertikal till brant nordlig stupning. En observerad, medelbrant till brant stupande lineation representerar förmodligen, åtminstone lokalt, den relativa transportriktningen inom de plastiska skjuvzonerna. Den mylonitiska foliationen och bandningen är ställvis veckad. Både z- och s-asymmetriska veck förekommer och veckaxeln stupar flackt mot väster. Då även den mylonitiska foliationen och bandningen är veckad innebär detta att veckningen utgör en tredje generationens struktur. I ett större perspektiv kan dock veckningen vara produkten av en progressiv strukturell utveckling, där  $F_2$ -veckning, plastiska skjuvzoner och  $F_3$ -veckning inom skjuvzonerna är relaterade till varandra.

I en håll ca 6 km öster om Strängnäs observerades, förutom låggradiga plastiska skjuvzoner, även en kraftig, sprödtektonisk påverkan i form av talrika kvartsfyllda sprickor, ställvis även epidotläkta. Vissa partier av hållen är helt ”genomsaftad” av hydrotermalt bildad kvarts. Detta indikerar att området med en förhöjd koncentration av plastiska skjuvzoner har reaktiverats under spröda förhållanden i ett senare skede av den geologiska utvecklingen.

Vid översiktliga fältobservationer norr om Strängnäs, på Tosterön och Aspön inom kartområdet 10H Strängnäs NV (Stålhös 1984), observerades också kraftigt bandade stråk i de metasedimentära bergarterna, men med en mer nordvästlig orientering. I en håll observerades dessutom en  $F_3$ -krenulering av  $S_0/S_1/S_2$  (fig. 3c), dvs. samma typ av krenulering som dokumenterats på ett flertal ställen i Kungsör–Köping–Kolsvaområdet (Stephens m.fl. 2000).

**Arlanda–Kårstaområdet (11I Uppsala SV och SO):** Berggrunden inom kartområdena 11I Uppsala SV och SO (Stålhös 1972) domineras liksom i Strängnäsområdet av vanligtvis kraftigt omvandlade, ådergnejsiga till migmatitiska metasedimentära bergarter och metagranitoider. Vidare förekommer större och mindre intrusioner av yngre granit. De metasedimentära bergarterna är av samma gråvacke-karaktär som i Västerås- (se nedan) och Strängnäsområdena.

Resultatet från översiktliga fältarbeten indikerar att den storskaliga strukturella geometrin, liksom inom tidigare områden där fältarbete utförts, är relaterad till  $D_2$ -deformation. Mesoskopisk, i regel asymmetrisk veckning av den ådergnejsiga foliationen ( $S_1$ ) förekommer. Ställvis förekommer en tydligt utbildad  $S_2$ -foliation, vilken är diskordant i veckomböjningen och parallell med  $S_1$  i veckbenen. Beroende på den kraftiga omkristallisationen är dock relationerna mellan  $S_0/S_1/S_2$  oftast inte urskiljbara i de ådergnejsomvandlade till migmatitiserade bergarterna. I det kraftigt deformerade nordostligt orienterade stråket genom Arlanda (Antal m.fl. 1998b) har även en  $F_3$ -krenulering av den mylonitiska till fylloitiska foliationen observerats.



Fig. 3. Strukturella förhållanden. Koordinater i rikets nät.

a) Kraftigt ådergnejsomvandlad, metasedimentär bergart bestående av argillitiska och arenitiska led. Notera den svagare ådergnejsomvandlingen i de arenitiska leden samt det nybildade mobilisatet i axialplanet till den mesoskopiska  $F_2$ -veckningen. Horizontalsnitt med nordväst uppåt i bilden. Häll ca 500 m söder om sjön Ogan, ca 8 km söder om Nykvarn (6553702/1594188). 10H Strängnäs SO.

b) Kraftigt sönder slitna, transponerade och retrograderade ådergnejsiga-migmatitiska strukturer i VNV-lig, plastisk skjvzon. Horizontalsnitt. Häll intill E 20 genom Strängnäs (6584422/1567905). 10H Strängnäs NV.

c)  $F_3$ -krenulation i skiktad metagråvacka med omväxlande argillitiska och arenitiska led. Krenulationsaxeln stupar medelbrant mot öster. Vertikalsnitt mot nordost. Häll intill väg 55 på Aspön, ca 12,5 km norr om Strängnäs (6598092/1568225). 10H Strängnäs NV.

d) Folierad metagranitoid med enklavliknande fragment av metadiabas (generation 1) med ONO-lig riktning, vilken genomslås av en VNV-ligt orienterad metadiabas med strökorn av hornblände (generation 4). Dessa bergarter genomskärs sedan av en ännu yngre, jämnkornig metadiabas med NV-lig riktning (generation 5). Av bilden framgår att de yngre metadiabaserna (generation 4 och 5) är diskordanta mot den kraftiga deformationen i metagranitoiden. Alla bergartsleden är deformerade och uppvisar en likartad stänglighet. Snitt mot väster. Häll vid norra stranden av ön Fogdösten (6672168/1666390). 12J Grisslehamn NV.

e) Posttektonisk blandad gång av diabas och yngre granit av "Stockholmstyp". Horizontalsnitt med öster uppåt i bilden. Häll 1 km NNV om Ribbingelund (6577407/1550071). 10H Strängnäs NV.

f) Skiktad metagråvacka av "Larsbotyp" (jfr. figur 8d i Stephens m.fl. 2000). Graderad skiktning indikerar stratigrafiskt uppåt mot norr. Horizontalsnitt med norr uppåt i bilden. Häll ca 2 km OSO om Romfartuna kyrka (6622926/1544493). 11G Västerås SO.

## *Gångar av metadiabas och diabas, deras ålder och relation till den strukturella utvecklingen*

Gångar av metadiabaser utgör ett karakteristiskt inslag i berggrunden i stora delar av Bergslagsområdet. De är framförallt frekvent förekommande i Herrängsområdet i norra Uppland, och har traditionellt kallats Herrängsgångar efter Magnussons (1940) klassiska arbete. En utförlig sammanfattning av gångbergarterna och deras relation till omgivande bergarter och dess strukturer har presenterats av Stålhös (1991). Inom Singöskjuvzonen (Bergman m.fl. 1996) har en ingående strukturgeologisk analys av metadiabaserna och dess sidoberg utförts av Talbot & Sokoutis (1995). Diabasgångar som är associerade med granit inom kartområdena 10H Strängnäs NV och NO (Stålhös 1984) har beskrivits av Stålhös & Björk (1983).

**Nordöstra Uppland:** I syfte att studera relationen mellan metadiabasernas bildning och den strukturella utvecklingen gjordes en viss fältarbetsinsats inom kartområdena 12I Östhammar NO och 12J Grisslehamn NV och SV. I första hand syftade arbetet till att undersöka om någon strukturell skillnad föreligger mellan metadiabasen och dess sidoberg, dvs. om de har genomgått en gemensam strukturell utveckling eller om sidoberget har deformerats innan intrusionen av diabasmagman ägde rum. Enligt Stålhös (1991) är huvuddelen av gångarna pretektoniska, och observerade strukturella diskordanser mellan gångarna och sidoberget bedömdes vara skenbara och bero på kompetenskillnaden mellan bergarterna.

Vid fältarbetet observerades både konkordans och diskordans mellan gångarnas orientering och foliationen i sidoberget, vilket vanligtvis utgörs av metagranitoid. Även foliationen i metadiabasen avviker ställvis kraftigt från foliationen i sidoberget men är ställvis konkordant med den senare. Lineation, som i stora områden är den dominerande strukturen, har dock i stort sett samma orientering i både metadiabasen och sidoberget.

Nedanstående redogörelse från den välblottade norra stranden av ön Fogdösten, söder om Singö i kartområdet 12G Grisslehamn SV, exemplifierar relationerna mellan olika generationer av metadiabaser och den strukturella utvecklingen inom norra Uppland. Huvudbergarten utgörs av en metagranitoid i vilken sex generationer av metadiabas kan urskiljas, då gångarna på ett entydigt sätt skär över varandra eller skiljer sig åt petrografiskt. Den äldsta generationen har ett enklavliknande utprägnande, är intimt blandad med metagranitoiden och bedöms följaktligen vara likåldrig med den senare. Därefter följer två generationer av metadiabas, en plagioklasporfyrisk och en jämnkornig, vilka är blandade med en diffust bandad, ljus grå till rödgrå metaaplit. Nu nämnda bergarter liksom strukturen i dem, klipps sedan av en fjärde generation metadiabas (fig. 3d) med strökorn av hornblände. De två yngsta generationerna, som är jämnkorniga och förmodas vara mer eller mindre likåldriga, är diskordanta mot de äldre metadiabaserna (fig. 3d), och den yngsta är tydligt diskordant mot den näst yngsta generationen.

Foliationen i metagranitoiden har en ONO-lig strykning och en brant till vertikal stupning. Lineationen är subvertikal till vertikal. Ingen strukturell skillnad kunde urskiljas mellan metagranitoiden och de tre äldsta generationerna av metadiabas, vilka är mer eller mindre konkordanta med den ONO-liga foliationen. De tre yngsta generationerna av metadiabas har en mer VNV- till NV-lig orientering, och är tydligt diskordanta både mot strukturen i metagranitoiden och i de tre äldsta metadiabasgenerationerna samt mot orienteringen av de senare (fig. 3d). Trots att de yngsta generationerna av metadiabas själva är tydligt omvandlade och deformerade, framförallt i kontaktzonerna, är de sålunda posttektoniska i förhållande till den relativt kraftiga deformationen i metagranitoiden och de äldre metadiabasgenerationerna.

På den lilla ön Riddarskäret mellan Fogdö och Singö, ca 1,5 km NNV om Fogdösten, har Lundqvist (1959) beskrivit olika generationer av amfibolitgångar av samma typ som på Fogdösten.

**Strängnäsområdet:** I Strängnäsområdet förekommer diabasgångar som är associerade med granit (Stålhös & Björk 1983, Stålhös 1984). Vid en fältkontroll visade sig dessa bergarter vara intimt blandade och likåldriga (fig. 3e; Wikström 1992). Graniten tillhör den ca 1800 Ma gamla granit-pegmatitassociationen (granit av "Stockholmstyp"). Gångarna är entydigt diskordanta mot den gnejsiga

foliationen i omgivande sidoberg (dvs. posttektoniska) och är sålunda distinkt yngre än de ovan beskrivna från nordöstra Uppland. Trots de relativt fåtaliga förekomsterna, indikerar denna diabas-granitassociation att mantelderiverade intrusioner spelade en viktig, om än underordnad roll i slutskedet av den svekokarelska orogenesen för ca 1800 Ma sedan, i ett snitt av den dåvarande jordskorpan inom vilket granitiska intrusioner annars helt dominerade.

### *Klassificering av bergarter i Enviken–Fjällgryckenområdet (13F Falun NO)*

Enligt berggrundskartan 13F Falun NO (Kresten & Aaro 1987) domineras berggrunden i den norra till nordöstra delen av kartområdet av den kraftigt ådergnejs- till migmatitomvandlade metagråvacke- och skifferdominerade, så kallade Marnäsformationen. Underordnat förekommer även den kvartsitiska, så kallade Ärtknubbsformationen. En översiktlig fältkontroll bekräftade, att den senare otvivelaktigt var en sandsten till oren sandsten ursprungligen. Bergarterna inom Marnäsformationen förefaller dock ha ett mer diversifierat ursprung, och inom kartområdet 13F Hofors NV har motsvarande bergarter tolkats som ortognejs av i första hand intrusivt ursprung (Sukotjo 2000). En översiktlig fältkontroll indikerade att även bergarterna inom angränsande delar av 13F Falun NO utgörs av ortognejs av förmodat intrusivt ursprung, dvs. kraftigt omvandlade metagranitoider. Under fältarbetet framkom dock, trots den kraftiga omvandlingen, att entydigt metasedimentära bergarter ingår i Marnäsformationen. Bland annat förekommer skiktade bergarter som ställvis domineras av kvartsitiska led, vilket indikerar ett släktskap med Ärtknubbsformationen. Eventuellt är de metasedimentära, gråvackeartade bergartsleden i Marnäsformationen korrelerbara med motsvarande bergartsled i Larsboformationen. Ärtknubbskvartsiten skulle då motsvara den ovanpå Larsboformationen förekommande kvartsiten (Stephens m.fl. 2000).

Att modifiera den nuvarande berggrundskartan över den norra delen av kartområdet 13F Falun NO, med syfte att klargöra bergarternas genes inom Marnäsformationen, har inte varit möjligt inom ramen för Bergslagsprojektet, då fältarbetet enbart varit av typen ”stickprovskontroll”. Bergarterna är kraftigt omvandlade och dessutom är området till stora delar mycket dåligt blottat. Det senare innebär att även en detaljerad omkartering förmodligen skulle resultera i osäkra gränsdragningar mellan bergarter av sedimentärt respektive magmatiskt ursprung.

### *Stratigrafiska förhållanden inom Västerås–Enköpingsområdet*

Inom kartområdet 11G Västerås SO (Arnbom 1999) är de metasedimentära bergarterna vanligtvis ådergnejsomvandlade. I den nordöstligaste delen av området är dock omvandlingsgraden lägre, och mer välbevarad metagråvacka och fältspatkvartsit förekommer. Graderad skiktning (fig. 3f) i dessa bergartsled visar entydigt att den kvartsitiska bergarten stratigrafiskt överlagrar den skiktade metagråvackan. Den litostratigrafiska uppbyggnaden är sålunda densamma som i Broddbo- och Norberg–Smedjebackenområdena inom kartområdena 12G Avesta SV och SO samt 12F Ludvika SO (Stephens m.fl. 2000). Den så kallade Östromformationen inom kartområdet 11G Västerås NO (Ripa & Kübler 1999), dvs. kartområdet mellan 11G Västerås SO och Broddboområdet i södra delen av 12G Avesta SO, utgörs av metagråvackeartade bergarter. Detta antyder att metagråvacka av ”Larsbotyp” har en stor areell utbredning. Även den ådergnejsomvandlade metagråvackan i resten av kartområdet består av omväxlande arenitiska och argillitiska led och påminner mycket om de ovan beskrivna ådergnejsomvandlade, metasedimentära bergarterna i Strängnäs–Nykvarnområdet.

I de ådergnejsiga, metasedimentära bergarterna observerades en småskalig  $F_3$ -krenulering av en  $S_1/S_2$ -foliation (jfr ovan och Stephens m.fl. 2000), vilket ytterligare indikerar den regionala utbredningen av denna småskaliga veckning (jfr ovan och Stephens m.fl. 2000).

## Sammanfattning

Resultatet från fältarbetet inom ovan nämnda ådergnejs- till migmatitomvandlade områden indikerar att den storskaliga vecktekoniken är relaterad till den  $D_2$ -veckning som redogjorts för tidigare, inom icke ådergnejs- till migmatitomvandlade berggrundsterrängar inom projektområdet (Stephens m.fl. 1999, 2000). Observationer av småskalig  $F_3$ -veckning i både ådergnejsomvandlade och mer välbevarade bergarter indikerar dess regionala utbredning och betydelse.

Relationerna på Fogdösten visar att minst sex generationer av metadiabas förekommer. En viktig iakttagelse är att de tre äldsta generationerna, inklusive metaapliten, är pretektoniska och de tre yngsta posttektoniska i förhållande till den penetrativa deformationen i omgivande metagranitoid. Tidpunkten för de yngre diabasmagornas intrusion skulle sålunda indikera en minimiålder för den äldsta(?) regionala deformationen i regionen. Som nämnts ovan har den, med de pretektoniska metadiabaserna associerade, felsiska bergarten och metagranitoiden provtagits för U-Pb-zirkondatering. Resultatet från dessa dateringar kommer sålunda att dels ge en maxiålder för deformationen, dels indikera ålderskillnaden mellan metagranitoiden och de äldsta metadiabasgångarna.

Förekomsten av posttektoniska diabaser i Strängnäsområdet, vilka förmodligen är tidsmässigt relaterade till den ca 1800 Ma gamla granit-pegmatitgenerationen, indikerar betydelsen av mantel-deriverad magmatism i slutskedet av den svekokarelska orogenesisen även öster om utbredningen av det transskandinaviska magmatiska bältet.

Den relativt välbevarade metagråvackan och den överlagrande kvartsitiska bergarten i norra delen av kartområdet 11G Västerås SO samt motsvarande bergartsassociation inom kartområdet 11G Västerås NO, intar förmodligen samma stratigrafiska läge som Larsboformationen och dess överlagrande kvartsiter, dvs. de underlagrar de metavulkaniska bergarterna. Den litologiska likheten med och de rumsliga relationerna till de vanligtvis ådergnejs- till migmatitomvandlade, metagråvackeartade, ställvis kvartsitiska metasedimentära bergarterna i de sydöstra, östra och även norra delerna av Bergslagsområdet, indikerar att även dessa kan utgöra det lägsta stratigrafiska ledet och underlagra de metavulkaniska bergarterna.

## LITTERATUR

- Allen, R.L., Lundström, I., Ripa, M., Simeonov, A. & Christofferson, H., 1996: Facies Analysis of a 1.9 Ga, Continental Margin, Back -Arc, Felsic Caldera Province with Diverse Zn-Pb-Ag-(Cu-Au) Sulfide and Fe Oxide Deposits, Bergslagen Region, Sweden. *Economic Geology* 91, 979–1008.
- Antal, I., Bergman, T., Persson, C., Stephens, M.B., Thunholm, B., Åsman, M. & Johansson, R., 1998a: Översiktsstudie av Södermanlands län. Geologiska förutsättningar. *Svensk Kärnbränslehantering AB R-98-28*, 49 s.
- Antal, I., Bergman, T., Persson, C., Stephens, M.B., Thunholm, B., Åsman, M. & Johansson, R., 1998b: Översiktsstudie av Stockholms län. Geologiska förutsättningar. *Svensk Kärnbränslehantering AB R-98-30*, 47 s.
- Arnbom, J.-O., 1999: Beskrivning till berggrundskartan 11G Västerås SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 204*, 46 s.
- Bergman, S., Isaksson, H., Johansson, R., Lindén, A., Persson, C. & Stephens, M., 1996: Förstudie Östhammar. Jordarter, bergarter och deformationszoner. *Svensk Kärnbränslehantering AB PR D-96-016*, 81 s.
- Gorbatshev, R., 1969: A study of Svecofennian supracrustal rocks in central Sweden: lithological association, stratigraphy, and petrology in the northwestern part of the Mälaren-Hjälmaren basin. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 91, 479–535.
- Gorbatshev, R., Fromm, E. & Kjellström, G., 1976: Beskrivning till berggrundskartan Linköping NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 107*, 110 s.
- Kresten, P. & Aaro, S., 1987: Berggrundskartan 13F Falun NO. *Sveriges geologiska undersökning Ai 16*.
- Lundegårdh, P.H., 1974: Beskrivning till berggrundskartan Eskilstuna NV. *Sveriges geologiska undersökning Af 111*, 75 s.
- Lundegårdh, P.H. & Nisca, D., 1978: Beskrivning till berggrundskartan och geofysiska kartorna Västerås SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 122*, 60 s.

- Lundqvist, Th., 1959: Berggrunden på Riddarskäret i nordöstra Uppland. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 81, 99–126.
- Magnusson, N.H., 1940: Herrängsfältet och dess järnmalmer. *Sveriges geologiska undersökning C* 431, 78 s.
- Ripa, M. & Kübler, L., 1999: Kartbladet 11G Västerås NO. I C.-H. Wahlgren (red.): *Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1998. Sveriges geologiska undersökning Rapporten och meddelanden nr 98*, 21–27.
- Stephens, M.B., Bergman, T., Korja, A., Lundqvist, S., Lundström, I., Mannström, B., Ripa, M. & Wahlgren, C.-H., 1998: Syntes av berggrundsgeologisk och geofysisk information, Bergslagen och omgivande områden. I C.-H. Wahlgren (red.): *Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1997. Sveriges geologiska undersökning Rapporten och meddelanden nr 97*, 83–87.
- Stephens, M.B., Ahl, M., Alm, E., Bergman, T., Finn, K., Lundqvist, S., Lundström, I., Persson, L., Ripa, M., Sjögren, P., Stejskal, V., Thelander, T., Wahlgren, C.-H., & Wikström T., 1999: Syntes av berggrundsgeologisk och geofysisk information, Bergslagen och omgivande områden. I C.-H. Wahlgren (red.): *Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1998. Sveriges geologiska undersökning Rapporten och meddelanden nr 98*, 105–122.
- Stephens, M. B., Ahl, M., Bergman, T., Lundström, I., Persson, L., Ripa, M. & Wahlgren, C.-H., 2000: Syntes av berggrundsgeologisk och geofysisk information, Bergslagen och omgivande områden. I H. Delin (red.): *Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1999. Sveriges geologiska undersökning Rapporten och meddelanden 102*, 78–97.
- Stålhös, G., 1972: Beskrivning till berggrundskartbladen Uppsala SV och SO. *Sveriges geologiska undersökning Af* 105, 106, 165 s.
- Stålhös, G., 1974: Beskrivning till berggrundskartan Enköping SO. *Sveriges geologiska undersökning Af* 110, 70 s.
- Stålhös, G., 1982: Beskrivning till berggrundskartan Strängnäs SO. *Sveriges geologiska undersökning Af* 142, 78 s.
- Stålhös, G., 1984: Beskrivning till berggrundskartorna Strängnäs NV och NO. *Sveriges geologiska undersökning Af* 144, 145, 96 s.
- Stålhös, G., 1991: Beskrivning till berggrundskartorna Östhammar NV, NO, SV, SO. *Sveriges geologiska undersökning Af* 161, 166, 169, 172, 249 s.
- Stålhös, G. & Björk, L., 1983: Interpretation of late Svecofennian metadiabases associated with eruptive breccias in south central Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 105, 321–333.
- Sukotjo, S., 2000: Kartbladen 13G Hofors. I H. Delin (red.): *Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1999. Sveriges geologiska undersökning Rapporten och meddelanden 102*, 26–39.
- Talbot, C.J. & Sokoutis, D., 1995: Strain ellipsoids from incompetent dykes: application to volume loss during mylonitization in the Singö gneiss zone, central Sweden. *Journal of Structural Geology* 17, 927–948.
- Wikman, H., 1972: Rinkaby–Väringensområdet. I Lundegårdh, P. H., Hübner, H., Wikman, H., Karis, L. & Magnusson, E., *Beskrivning till berggrundsgeologiska kartbladet Örebro NV. Sveriges geologiska undersökning Af* 102, 28–114.
- Wikman, H., 1973: *Ett svekofenniskt suprakrustalkomplex i Örebroområdet*. Opublicerad doktorsavhandling, Geologiska institutionen, Lunds universitet, 131 s.
- Wikman, H., Bruun, Å. & Dahlman, B., 1980: Beskrivning till berggrundskartan Linköping NV. *Sveriges geologiska undersökning Af* 119, 105 s.
- Wikström, A., 1975: Beskrivning till berggrundskartan Norrköping NO. *Sveriges geologiska undersökning Af* 112, 78 s.
- Wikström, A., 1992: Some composite dikes in Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 114, 385–394.

E-post: michael.stephens@sgu.se    martin.ahl@sgu.se    torbjorn.bergman@sgu.se  
 ingmar.lundstrom@sgu.se    lena.persson@sgu.se    magnus.ripa@sgu.se  
 carl-henric.wahlgren@sgu.se

## REGIONALA KARTOR 1:250 000

### Projekt Småland

**Nils-Gunnar Wik, Johan Daniels, Niklas Juhojuntti, Leif Kero,  
Lena Persson och Hugo Wikman (Leif Björk har bearbetat texten)**

### INLEDNING

#### **Nils-Gunnar Wik**

*Småland, regionalt berg* är ett berggrundsgeologiskt projekt vars syfte är att skapa en berggrundsgeologisk kartdatabas på regional nivå i skala 1:250 000. Den skall, tillsammans med en kortfattad geologisk beskrivning, kunna fungera som planerings- och resurshushållningsunderlag för länsstyrelser och kommuner. Projektet planeras bli avslutat år 2004 och omfattar huvudsakligen Kalmar, Kronobergs och Jönköpings län. Totalt omfattar projektområdet 56 topografiska kartblad (skala 1:50 000) vilket motsvarar ca 8 % av Sveriges yta. Fältarbetet, som omfattar berggrundsgeologiska och markgeofysiska uppföljningar i samtliga kartområden, innebär inte någon detaljerad kartering utan endast bilburna punktinsatser, i huvudsak längs det framkomliga vägnätet (fig. 1). Den insamlade informationen bearbetas, sammanställs och lagras i olika databaser, varefter resultaten finns tillgängliga för digital leverans.

Under år 2000 genomfördes karteringsinsatser i den prekambrika berggrunden inom kartområdena 7G Västervik SV och SO, 6G Vimmerby SV och SO (inklusive 6H Kråkelund SV) samt 5G Oskarshamn NV och NO inom Kalmar län (se figur 2). Fältarbete har dessutom bedrivits på Öland samt längs hela kustremsan på fastlandet där kambriska bergarter förekommer inom länet. Genomgång av brunnsuppgifter från detta område har också utförts under år 2000. Information från årets arbeten fanns vid årsskiftet 2000/2001 lagrad i databaser, och för 2001 planeras geologiska och geofysiska arbetsinsatser inom en yta motsvarande 12 topografiska kartblad. Geologisk information från hela Kalmar län skall finnas färdig för digital leverans vid årsskiftet 2001/2002.

Ett viktigt underlag vid dessa uppföljningar utgörs av geofysiska flygmättningsdata. SGUs flyggeofysiska undersökningsverksamhet samlar in data om berggrundens magnetiska egenskaper, elektriska ledningsförmåga och markytans naturliga radioaktiva gammastrålning, längs flyglinjer på 60 m höjd, med 200 m linjeavstånd och med ett mätpunktsavstånd på 17 m. Geofysiska flygmättningsdata används, förutom vid berggrundskartering och prospektering, bl.a. tillsammans med berggrundsinformation och geofysiska markmätningar vid radonriskbedömningar och vid lokalisering av sprickzoner/grundvattenförekomster.

Under året har 5G Oskarshamn SV och SO, 5H Bornholm SV, 5F Åseda SO och NO, 4F Lessebo NO och SO, och 7F Tranås SO och NO flygmätts; data finns tillgängliga via SGUs kundtjänst.

### BERGGRUNDSÖVERSIKT

#### **Hugo Wikman**

De hittills karterade kartbladsområdena visar att berggrunden till övervägande delen omfattar bergarter som hör till det så kallade transskandinaviska magmatiska bältet (TMB) som sträcker sig ända från Blekinge i söder till långt upp i norra Sverige. Bergarter tillhörande TMB finns även i Nordnorge väster om fjällkedjan. I geologisk litteratur finner man också ofta den engelska benämningen *Trans-scandinavian Igneous Belt (TIB)*. För detta omfattande stråk av bergarter har tidigare även använts benämningen transskandinaviska granit-porfyrbältet. Åldern på de flesta djupbergarterna inom TMB

Fig. 1. Geofysikerna Leif Kero och Mats Wedmark samt geologerna Kajsa Winnes och Dick Claeson på exkursion i Västerviksområdet. Foto Hugo Wikman 2000.

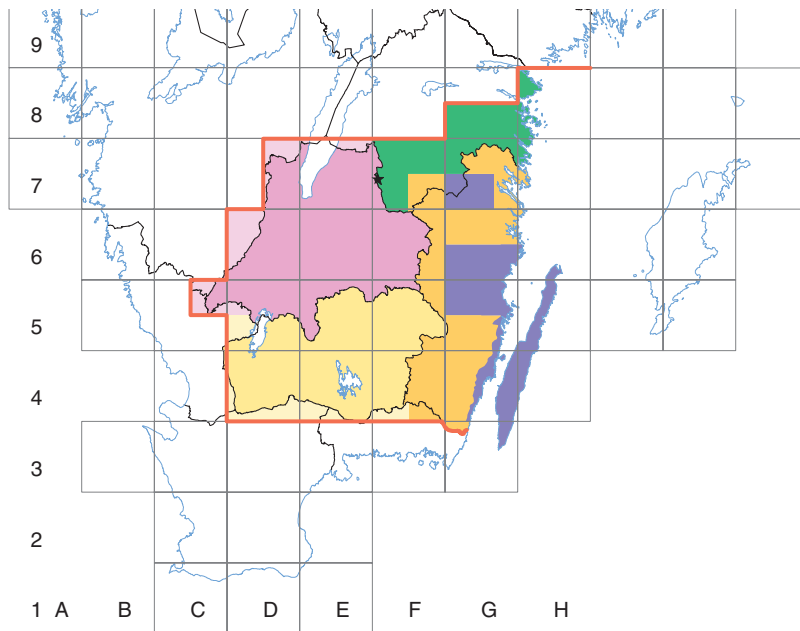


Fig. 2. Kartan visar omfattningen av projekt *Småland, regionalt berg* med inlagda länsgränser. De topografiska kartblad som karterades 2000 har markerats med blått och de som skall karteras 2001 med brunt. Skrafferad yta representerar av SGU tidigare genomförd Af-kartering.

ligger mellan 1850 och 1650 miljoner år. Inom de södra delarna av TMB påträffas de yngsta och äldsta bergarterna främst i väster. De flesta av granitbergarterna i TMB har en ålder kring 1800 miljoner år.

TMB i det karterade området domineras av granitbergarter med olika utseende och sammansättning (Smålandsgraniter). Vanligast är röda graniter som varierar från finkorniga till grovkorniga typer. Ögonförande varieteter är också vanliga, särskilt i de norra delarna. Övergångsbergarter till vulkaniska, i allmänhet porfyriska bergarter (Smålandsvulkaniter) förekommer främst i anslutning till vulkanitstråk med övervägande VNV-lig riktning. Sannolikt ungefär likåldriga med graniterna är en del, i allmänhet mindre gabbrokroppar. Inom det aktuella området förekommer också en hel del gångbergarter av trolig TMB-ålder, antingen som gångporfyr eller omvandlad diabas. I åtskilliga fall uppträder de båda bergarterna tillsammans i blandade gångar (Nilsson 1992, Nilsson & Wikman 1997).

I norra delen av det år 2000 karterade området i Västervikstrakten, förekommer sedimentära bergarter (fig. 3) som är äldre än TMB-berggrunden (Gavelin 1984). Också i söder, väster om Oskarshamn, finns några delvis migmatitomvandlade ytbergarter av sannolikt vulkaniskt ursprung som eventuellt också har en högre ålder. Yngre djupbergarter med en ålder av ca 1450 miljoner år förekommer främst inom 6G Vimmerby SO/6H Kråkelund SV, där den så kallade Göttemarggraniten (Kresten & Chyssler 1976) uppträder inom ett begränsat, nästan cirkulärt område (6G 4j / 6H 4a).



Fig. 3. Fläckstrukturer i sedimentgnejs. Kasimirsborg vid Gamlebyviken (Västervik SO). Foto Hugo Wikman 2000.

Likåldrig med denna granit är även den så kallade Uthammargraniten i trakten av Figeholm (6G 1–2 i–j). Däremot är Virbograniten, omedelbart söder därom, av TMB-ålder. Den betraktades tidigare som likåldrig med Götamargraniten.

På äldre kartor över det aktuella området har bl.a. delar av granitberggrunden i Oskarshamnsområdet betecknats som äldre än Smålandsgraniterna (Lundegårdh m.fl. 1985). De är visserligen kraftigt folierade i vissa stråk, men frågan är om deras ursprungsålder skiljer sig nämnvärt från den övriga TMB-berggrunden. Prover har tagits för åldersbestämning av några problematiska bergarter inom det aktuella området. Dessa prover har ännu inte analyserats och likaså är utvärderingen av förra årets geofysiska insatser inte helt klar. Någon kartbild kan därför inte presenteras ännu. Som framgick i inledningen beräknas en kartbild kunna vara klar vid årskiftet 2001–2002.

Yngre bergarter i form av kambrisk sandsten förekommer längs kusten och på öarna utanför, från trakten söder om Oskarshamn och vidare söderut. Hela Öland består dessutom av bergarter tillhörande kambrium och ordovicium. Kambrium representeras på fastlandet och öarna utanför av underkambrisk sandsten, och lagerföljden inleds av ett tunt konglomerat som uppåt övergår i en rödrandig sandsten. På Öland förekommer inte bara underkambrisk sandsten, utan här finns även övriga delar av den kambriska lagerföljden samt delar av ordovicium bevarade i form av olika skifferbergarter och kalksten. Alla lager är dock inte bevarade över hela ön utan graden av luckor i lagerföljden varierar (se Bruun i Lundegårdh m.fl. 1985).

De flygmagnetiska mätningarna som gjordes år 1999 och 2000, visar bl.a. några mycket speciella, runda strukturer inom kartområdena 5G Oskarshamn SO, 5H Borgholm SV samt 6H Kråkelund SV och NV. Den ena, i fortsättningen kallad Rocknebyringen, ligger norr om Kalmar medan de två andra finns utanför norra Öland.

Att runda strukturer med diametrar i storleksordningen flera kilometer påträffas i berggrunden är inte helt ovanligt. Dessa strukturer kan uppkomma t.ex. genom intrusion av magma med avvikande petrofysiska egenskaper i förhållande till omgivande berggrund, kollaps av en vulkankrater, *kalderastruktur*, eller genom meteoritnedslag, *impaktstruktur*.

Många runda strukturer har på senare tid visat sig vara impaktstrukturer och även Rocknebyringen kan mycket väl vara en sådan. Inom ramen för projektet Småland, regionalt berg är det dock för närvarande inte möjligt att utföra alla de undersökningar, som krävs för att förklara orsaken till den runda strukturen.

Rocknebyringen, som delvis eller helt är täckt av kambrisk sandsten och därmed äldre än kambrium, kommer att beskrivas i avsnittet om geofysik nedan.

Inom kartområdet Oskarshamn NO finns också en rund struktur som indikeras av flygmagnetiska data. Karteringen i fält har hittills inte givit något entydigt svar på hur denna struktur har bildats. Berggrunden inom denna ring utgörs av en röd, relativt grovkornig granit medan centrum består av en finkornigare granit.

I kartområdet 6G Vimmerby SO finns sjön Hummeln som i sin södra del anses vara en impaktstruktur (Wickman 1992). Här finns nämligen en djuphåla och dessutom förekommer omvandlade bergarter vid sjöns södra ände. Resultaten från de geofysiska flygmätningarna över Hummelområdet

det visar ett lokalt runt, magnetiskt minimum i anslutning till ett linjärt magnetiskt minimum med VNV-lig riktning.

## BEARBETNING AV MAGNETISKA DATA

### *Leif Kero*

Under sommarsäsongen 2000 flygmättes delar av Småland och resultaten av dessa mätningar visar bl.a. en tidigare helt okänd rund, lågmagnetisk struktur på kartblad 5G Oskarshamn SO, den s.k. Rocknebyringen. Denna omges av två koncentriska ringar med högre magnetisering. Diametern på den yttre ringen är ca 6 km. Området är delvis täckt av kambriska sedimentbergarter, vilket visar att strukturen är äldre än kambrium.

Utöver de flyggeofysiska mätresultaten har SGU i det aktuella området tillgång till LMVs tyngdkraftsmätningar med ca 5 km mellan mätpunkterna, LMVs 50 m höjddatabas, ett fåtal berggrundsgeologiska fältobservationer och en digital jordartskarta. Den glesa tyngdkraftsmätningen har tyvärr ingen mätpunkt inom strukturen, men två punkter finns i ringens yttre, magnetiska kant. Inga berggrundsgeologiska observationer har gjorts inom den inre strukturen. På grund av den intressanta formen planeras denna struktur att under år 2001 följas upp med tyngdkraftsmätningar med ca 1 km mellan mätpunkterna.

Resultaten av de magnetiska mätningarna har bearbetats med hjälp av några oberoende matematiska analysmetoder för magnetiska data, nämligen de som föreslagits av Jacobsen (1987), Pedersen (1991), Eulerdekonvolution, Wernerdekonvolution (Werner 1955) och Source Parameter Index SPI (Thurston & Smith 1997). All bearbetning av de flyggeofysiska mätningarna är utförd på OASIS Montaj som är ett PC-baserat programsystem från Geosoft Inc.

Resultaten av bearbetning med Jacobsens (1987) och Pedersens (1991) metod framgår av figur 4. Den runda, lågmagnetiska strukturen bör ha ett djupgående på 4–5 km.

Eulerdekonvolution (efter Leonhard Euler, schweizisk matematiker 1707–1783) är en metod som används bl.a. för att bearbeta magnetiska data för beräkning av avståndet till överytan av en magnetisk struktur. I detta fall har ett litet fönster på 150 x 150 m valts. På detta sätt kan man få fram djupet till de kortvågiga, ytliga anomaliersakerna inom och omkring strukturen. I figur 5 visas den markerade delen av den magnetiska kartan i figur 4. De avstånd från markytan till de magnetiska kontakterna (urbergsytan) som erhållits genom bearbetning av flygmagnetiska data, indikeras med små cirklar och cirklarnas färg anger djupet.

Delar av eller hela strukturen täcks av kambrisk sandsten, som förmodligen är lågmagnetisk. Avståndet från markytan till urbergsytan visar sandstensens mäktighet plus jorddjupet. De erhållna djupvärdena stämmer väl överens med de jorddjup från området som finns i SGUs brunnsdataarkiv, vilket antyder att den kambriska sandstenen är mycket tunn.

Andra metoder för analys av magnetiska fält som testats är Wernerdekonvolution som förutom djupet till en magnetisk struktur även anger kontaktens stupning. Resultaten överensstämmer relativt bra med de som erhålls med Eulerdekonvolution. Djupen till en magnetisk kontakt verkar bli något större med Wernerdekonvolution och med den andra nya metoden, SPI (Source Parameter Index, Thurston & Smith 1997). Geosoft Inc. har välvilligt ställt programvarorna Wernerdekonvolution och SPI till SGUs förfogande för en kort provperiod.

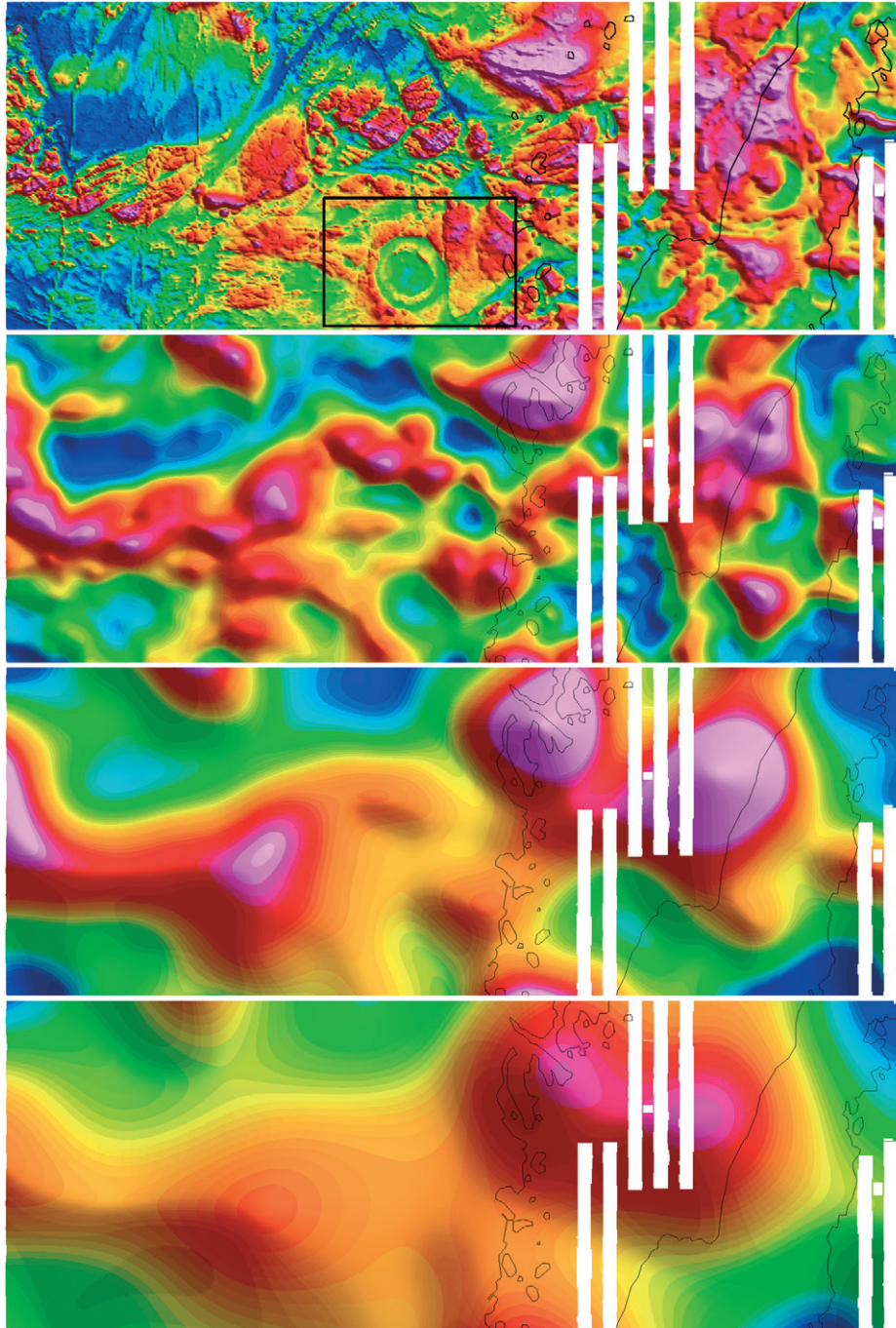


Fig. 4. Den översta bilden visar det magnetiska totalfältet över ett område som är 25 x 68 km. Kustlinjerna för Öland och fastlandet är markerade med en svart kontur. Därunder visas resultaten av bearbetning med Jacobsens (1987) och Pedersens (1991) metod över samma område, dvs. de magnetiska anomalibilder som orsakas av berggrunden i djupsnitten 250 m till 2 km, 2–4 km samt 4–8 km.

## MODELLERING AV MAGNETISKA DATA

Leif Kero

En profil från sydväst till nordost tvärs över strukturen (A–B i fig. 5) visar hur den magnetiska modellkroppen kan se ut i ett vertikalt snitt (fig. 6). Den stupning som beräknats för den röda kroppen är relativt säker och motsvaras av den inre ringens anomali. Ingångsvärden från prover tagna i samband med sommarens fältarbete har använts i modellen. Vid modelleringen har modellberäkningsprogrammet GMM (Geovista AB, Luleå) använts. Djupet i den lågmagnetiska centrala delen är ca 4 km och motsvarar de resultat som erhållits vid processering med Jacobsens (1987) och Pedersens (1991) metod (jfr fig. 4), och även djupet till de ytliga magnetiska anomalierna stämmer väl med de resultat som erhållits vid bearbetning med Eulerdekonvolution (jfr fig. 5).

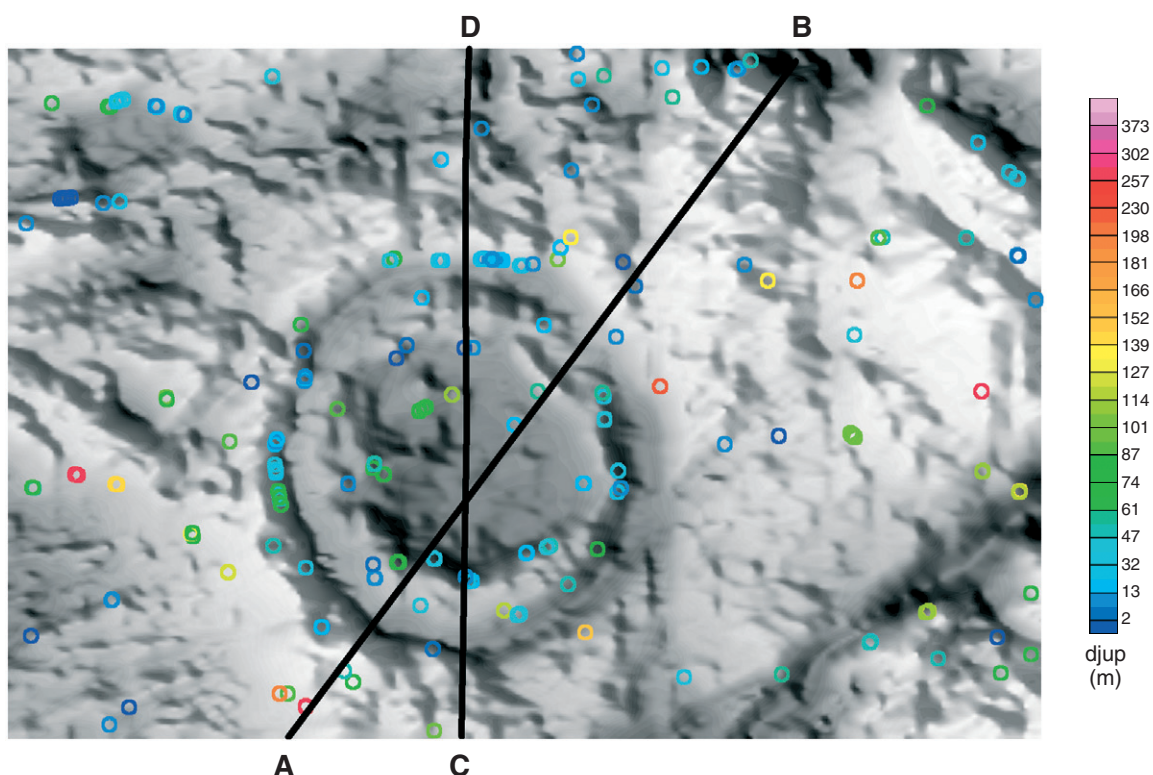


Fig. 5. Ett utsnitt på 15 x 10 km av den magnetiska kartan i gråskala. Cirklarnas färg anger djupet till den magnetiska överytan och linjen A–B visar läget för den magnetiska modelleringen samt C–D läget för den tolkade VLF-profilen.

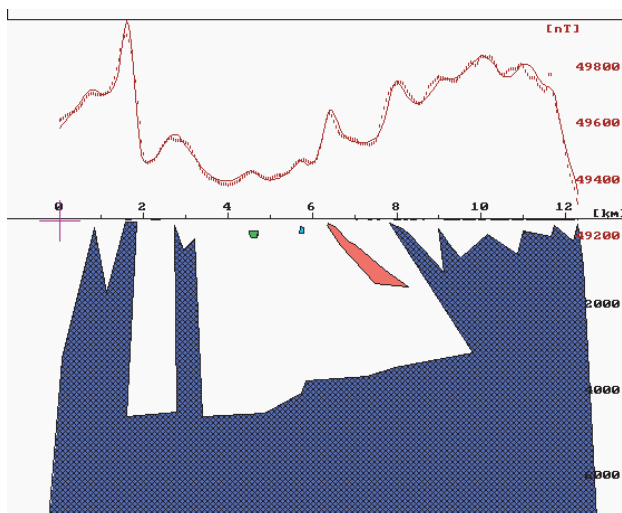


Fig. 6. En profil från sydväst till nordost tvärs över strukturen, motsvarande A–B i figur 5. Profilen har samma skala horisontellt och vertikalt. Ingångsvärden vid modellberäkningen är följande: den blå kroppen, den röda kroppen och de små gröna kropparna har susceptibiliteten  $2000 \times 10^{-5}$  SI-enheter och Q-värdet = 0,6, medan de ofärgade delarna har susceptibiliteten  $10 \times 10^{-5}$  SI-enheter.

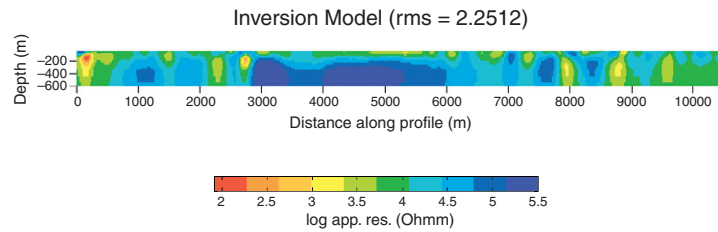


Fig. 7. Resistivetsmodell beräknad ur VLF-data längs profilen i figur 5.

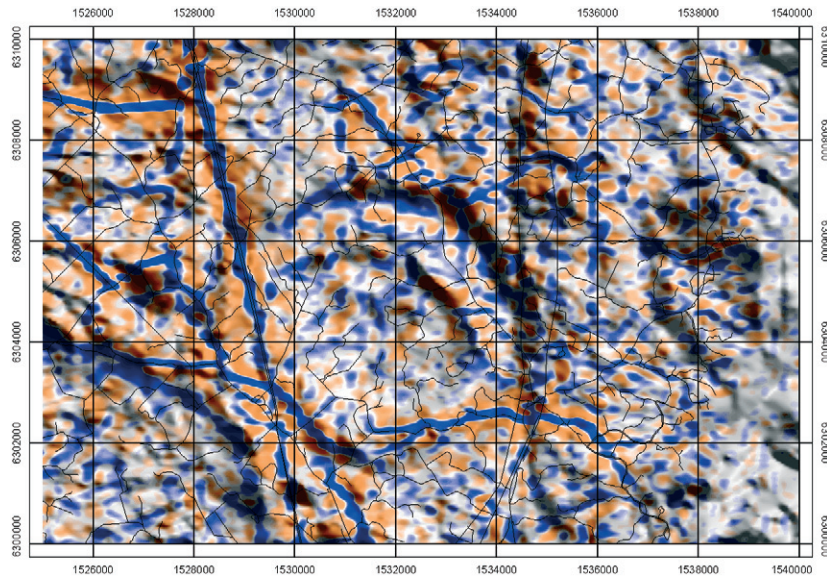


Fig. 8. En bild över samma område som den magnetiska kartan (jfr fig. 5) med den reala delen av den riktningsoberoende VLF-mätningen inlagd på en skuggbild av den magnetiska mätningen. Den blå färgen visar god ledningsförmåga.

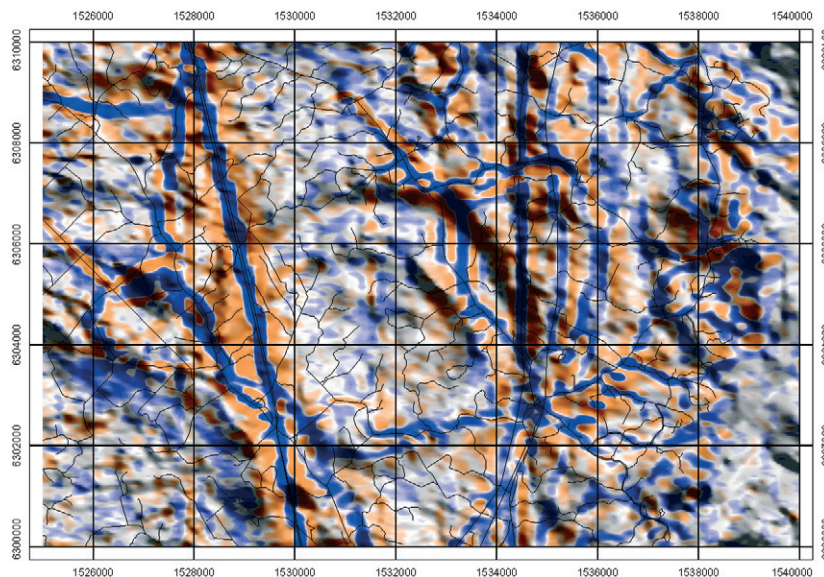


Fig. 9. En bild över samma område som den magnetiska kartan (jfr fig. 5) med den imaginära delen av den riktningsoberoende VLF-mätningen inlagd på en skuggbild av den magnetiska mätningen. Den blå färgen visar god ledningsförmåga. Den västra delen av ytan i den inre ringen har något bättre ledningsförmåga än ytan med kambriska sedimentbergarter i öster.

Profilen visar bl.a. vid modellberäkningens röda kropp att den runda strukturen stupar utåt från centrum. Dessutom framgår att den västra halvan av strukturen har en något större diameter och att även den stupar utåt. Detta gör att man kan anta, att den västra delen av den inre ringen har höjts jämfört med den östra delen. Den relativa höjdskillnaden torde uppgå till ca 200 m och den kan kanske förklara varför de kambriska sedimentära bergarterna verkar saknas i den västra inre delen, något som även indikeras av den radiometriska kartan (fig. 12).

## BEARBETNING AV ELEKTROMAGNETISKA DATA

*Lena Persson och Johan Daniels*

Flygelektromagnetiska VLF-mätningar har utförts i SGUs regi sedan 1972. Från och med 1987 uppmäts det elektromagnetiska fältet samtidigt från olika sändare (2-vägs VLF) vilket innebär att elektriska ledare som t.ex. vattenfyllda sprickzoner och grafit-/sulfidförande bergartsled kan detekteras oberoende av deras strykningsriktning.

Under året har ett FoU-projekt bedrivits för utveckling av tolkningsmetoder för VLF-data (Persson m.fl. 2001). Med hjälp av så kallade inversionsprogram kan man skapa tvådimensionella modeller som beskriver resistiviteten längs profillinjen och ned till ett djup av ca 400–600 m.

Flygelektromagnetiska VLF-data längs en 10 km lång profil (markerad i fig. 5) har bearbetats med hjälp av 2D-inversionprogrammet Rebocc (Siripunvaraporn & Egbert 1999). Figuren nedan visar den resistivitetsmodell som erhållits längs profilen och ned till ett djup av 600 m. Observera att djupskalan är förstorad i förhållande till längdskalan. Gul till röd färg indikerar låg resistivitet

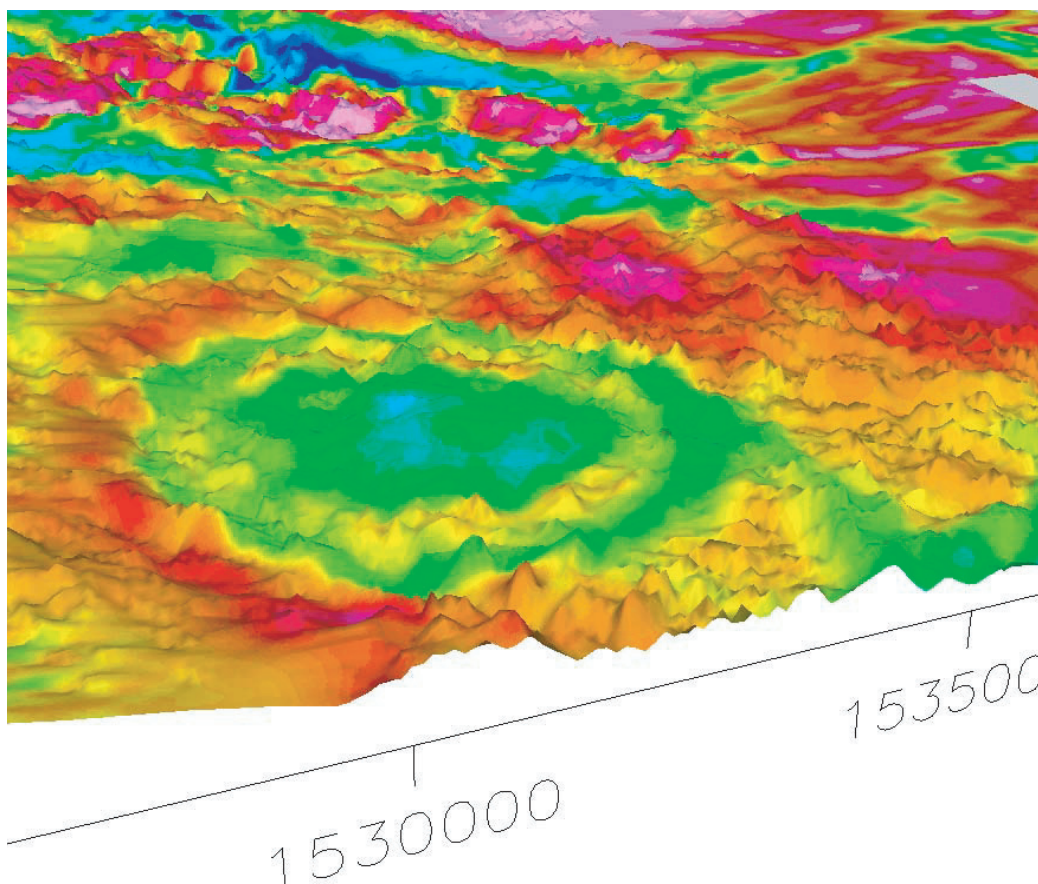


Fig. 10. Ringstrukturen i form av en 3D-bild, där LMVs höjddata visar topografin och den magnetiska mätningen visas i färg. Bilden ses från sydväst mot nordost.

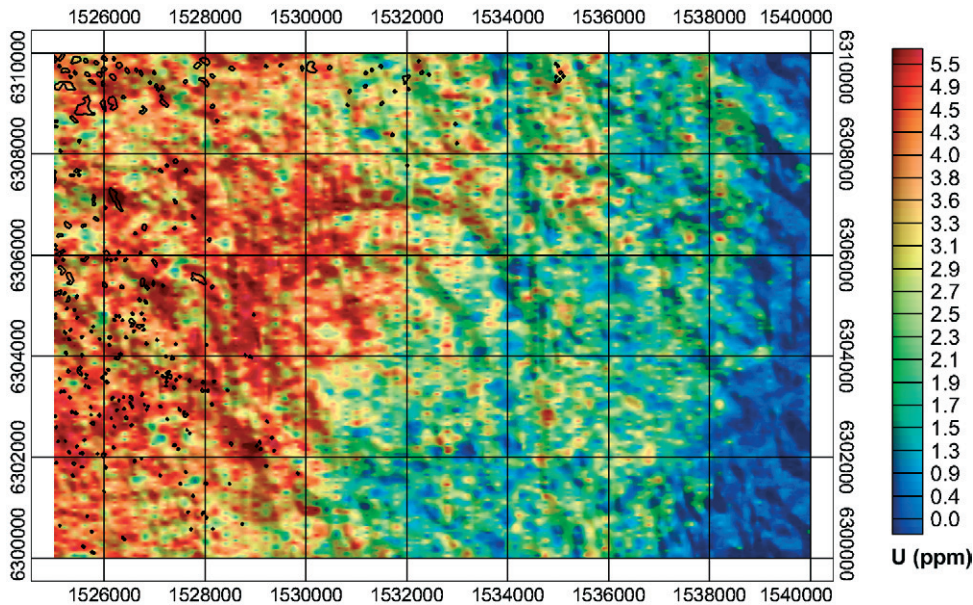


Fig. 11. En bild över samma område som den magnetiska kartan (jfr fig. 5) visar uppmätta uranhalter inlagda på en skuggbild av den magnetiska mätningen. Hällkonturer från SGUs jordartskartering har markerats med svart.

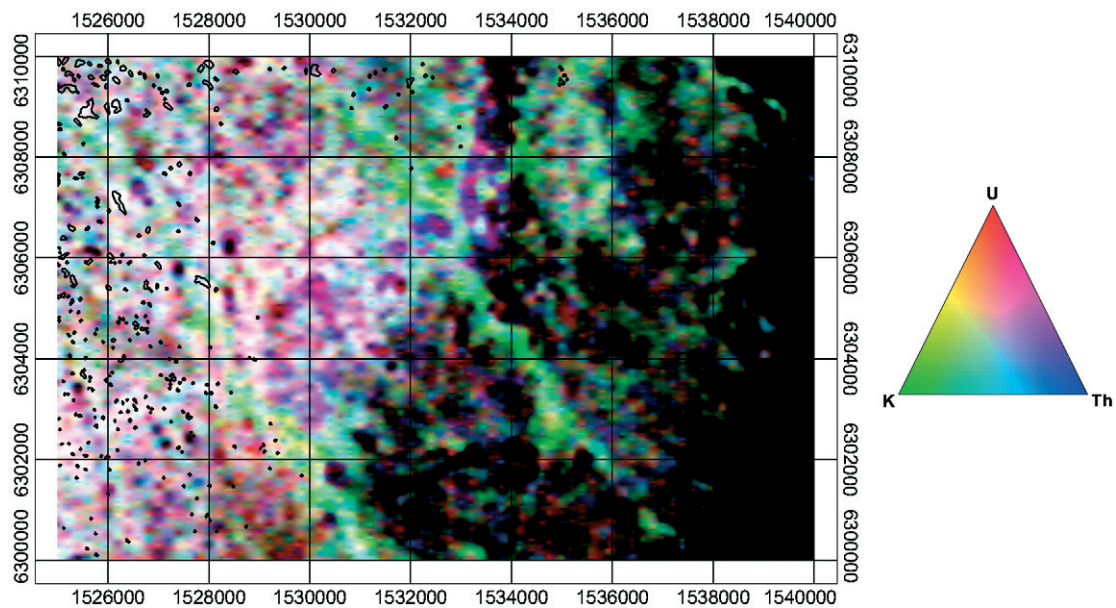


Fig. 12. En bild över samma område som den magnetiska kartan (jfr fig. 5) visar en ternär kartbild sammanställd från flygradiometriska data. Hällkonturer från SGUs jordartskartering har markerats med svart. I bilden ingår en gråskala med mörka nyanser för låg och ljusa för hög total gammastrålning. Den röda färgen visar hög halt av uran, den blå färgen hög halt av torium och den gröna färgen hög halt av kalium. Den tydliga skillnaden mellan de östra och västra delarna sammanfaller väl med lågstrålande kambrisk sandsten respektive högstrålande Smålandsgranit. De gröna områdena, med hög halt av kalium, sammanfaller med områden med isälvsavlagringar av olika slag enligt SGUs jordartskarta.

(bra ledningsförmåga), orsakad av t.ex. vattenfyllda sprickzoner i berggrunden. Blå färg indikerar hög resistivitet (dålig ledningsförmåga), vilket är vanligt då berggrunden är homogen och sprickfattig. Ett ca 3 km långt högresistivt område i mitten av profilen sammanfaller med den centrala delen av Rocknebyringen och antyder att berggrunden här är homogen och sprickfattig.

## RIKTNINGSOBEROENDE VLF-KARTOR, S.K. PEAKER-KARTOR

### Leif Kero

”Peaker real” och ”Peaker imaginär” är riktningsoberoende VLF-bilder som framställs med hjälp av modern 2-vägs VLF-data. Metoden är utvecklad under ledning av professor Laust B. Pedersen vid institutionen för geovetenskaper, Uppsala Universitet.

Kraftledningar, elledningar längs vägar, telefonkablar m.m. genererar många av de anomalier som syns i figurerna 8 och 9. För att tydliggöra kända anomaliersaker har läget av kraftledningar och vägar ur LMVs digitala T5-information markerats med svarta linjer. Bortsett från de antropogena störningarna orsakas anomalimönstret av vattenförande sprickzoner och grafit- och/eller sulfidförande horisonter i berggrunden.

I ”Peaker real” (fig. 8) kan den inre ringen urskiljas genom att den har ett avvikande, mer utjämnat anomalimönster och med en svag skillnad i anomaliamplitud mellan den västra och östra inre delen. ”Peaker imaginär” (fig. 9) antyder att den västra delen av ytan i den inre ringen har en något bättre ledningsförmåga än ytan med kambriska sedimentbergarter i öster.

## BEARBETNING AV HÖJDDATA

### Leif Kero

Höjddata från LMVs 50 m databas används och redovisas i figur 10 i form av en 3D-bild, som visar topografin med den magnetiska mätningen draperad i färg ovanpå. Bilden ses från sydväst mot nordost. Den magnetiska strukturen ligger i en liten, rundad sänka med en svag upphöjning i mitten. Den topografiska reliefen är dock mycket låg i detta kustnära område, men vid bearbetningen kan en överförhöjning av topografin göras för att framhäva små höjdskillnader.

## BEARBETNING AV FLYGRADIOMETRISKA DATA

### Niklas Juhojuntti

En grid-generering av kalium-, uran-, toriumstrålning samt total gammastrålning görs rutinmässigt inom karteringsprogrammen. På haltkartor visas de uppmätta halterna av respektive element (i fig. 11 uran). För den ternära bilden (fig. 12) normaliseras varje komponent för sig och färgseparationen maximeras så att hela färgskalan utnyttjas.

## LITTERATUR

- Becken, M., 2000: *Interpretation of Magnetic Transfer Functions from Airborne Tensor-VLF Measurements*. Diploma Thesis. Technical University of Berlin.
- Gavelin, S., 1984: Precambrian geology of the Västervik area in south-eastern Sweden. *Sveriges geologiska undersökning Ba 32*, 171 s.
- Jacobsen, B. H., 1987: A case for upward continuation as a standard separation filter for potential field maps. *Geophysics 52*, 1138–1148.
- Kresten, P. & Chyssler, J., 1976: The Götemar massif in southeastern Sweden: A reconnaissance survey. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 98*, 155–161.
- Ku, C.C., Sharp, J.A., 1983: Werner deconvolution for automated magnetic interpretation and its refinement using Marquart's inverse modeling. *Geophysics 48:6*, 754–774.
- Lundegårdh, P.H., Wikström, A. & Bruun, Å., 1985: Beskrivning till provisoriska översiktliga berggrundskartan Oskarshamn. *Sveriges geologiska undersökning Ba 34*, 26 s.

- Nilson, M., 1992: Geochemistry of Middle Proterozoic mafic and composite mafic-felsic dykes in southeastern Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 114, 113–130.
- Nilsson, M. & Wikman, H., 1997: U-Pb zircon ages of two Småland dyke porphyries at Påskallavik and Alsterbro, south-eastern Sweden. I T. Lundqvist (red.), 1997: *Radiometric dating results 3. Division of Bedrock Geology, Geological Survey of Sweden. Sveriges geologiska undersökning C 830*, 31–40.
- Pedersen, L.B., 1991: Relations between potential fields and some equivalent sources. *Geophysics* 56, 961–971.
- Pedersen, L.B., Qian, W., Dynesius, L. & Zhang, P., 1994: An airborne tensor VLF system. From concept to realisation. *Geophysical Prospecting* 42, 863–883.
- Phillips, J.D., 1997: Potential-Field Geophysical Software for the PC, version 2.2. *USGS open-File Report*, 97–725.
- Reid, A.B., Allsop, J.M., Granser, H., Millett, A.J. & Somerton, I.W., 1990: Magnetic interpretation in three dimensions using Euler Deconvolution. *Geophysics* 55, 80–91.
- Rudmark, L., 1988: Jordartskartan 5G Oskarshamn SO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 84*.
- Siripunvaraporn, W. & Egbert, G., 1999. REBOCC: An efficient Data-Subspace Inversion for Two-Dimensional Magnetotelluric Data. (submitted to *Geophysics*).
- Thompson, D.T., 1982, EULDPH: A new technique for making computerassisted depth estimates from magnetic data. *Geophysics Vol. 47*, 31–37.
- Thurston, J.B., Smith & R.S., 1997: Automatic conversion of magnetic data to depth, dip and susceptibility contrast using the SPITM method. *Geophysics* 62, 807–813.
- Werner, S., 1955: Interpretation of magnetic anomalies at sheet-like bodies. Årsbok 43 N:o 6. *Sveriges geologiska undersökning C 508*, 130 s.
- Wickman, F.E., 1992: Föreslagna impactstrukturer i Norden och närliggande områden. *Astronomisk tidskrift, årgång 25(2)*, 49–62.

E-post: nils.gunnar.wik@sgu.se      johan.daniels@sgu.se      niklas.juhojuntti@sgu.se  
 leif.kero@sgu.se      lena.persson@sgu.se      hugo.wikman@sgu.se

## I SGUs serie Rapporten och meddelanden har hittills utgivits:

1. Utredning rörande det svenska jordbrukets kalkförsörjning 1–2. 1931.
2. **Sahlström, K.E.** Sveriges lodade sjöar. 1945.
3. **Ödman, O.H.** Rapport över manganmalmsletningen i Jokkmokks socken 1940–48.
4. **Stålhös, G.** Bidrag till kännedomen om den radioaktiva strålningens fördelning inom den svenska berggrunden. 1959.
5. **Johansson, H.G. och Ericsson, B.** Grusutredningen -74. Översiktlig inventering av sand- och grusförekomster – Försöksverksamhet. 1976.
6. **Knutsson, G., m.fl.** Grustillgångarna i Östersundsområdet. Del I inventering. 1976.
7. **Ericsson, B.** Svallgrustillgångar längs Kilsbergen, Örebro län. 1977.
8. **Gustafsson, O. och De Geer, J.** Skånes större grundvattentillgångar. 1977.
9. **Knutsson, G. och Fagerlind, T.** Grundvattentillgångar i Sverige. 1977.
10. **Modig, S., Knutsson, G., Nordberg, L. och Persson, G.** Särtryck ur Ymer 1978 – Bebyggelsen och vattnet. 1978.
11. **Guy-Ohlson, D.** Jurassic biostratigraphy of three borings in NW Scania. (A brief palynological report.) 1978.
12. **Gustafsson, O., Andersson, J.-E. och De Geer, J.** Sammanställning av hydrogeologiska data från Kristianstadssläkten. 1979.
13. Maringeologiska kartan över Öresund. 5 blad. Skala 1:50 000. 1974.
14. Hydrogeologi vid SGU. Särutgåva av Vannet i Norden. 1979.
15. **Knutsson, G., Lindén, A. och Rudmark, L.** Grus- och moräntillgångar i Nybroregionen. 1979.
16. **Wilson, M.R. och Sundin, N.O.** Isotopic age determinations on rocks and minerals from Sweden. 1960–1978.
17. **Karlqvist, L. och Qvarfort, U.** Modell för simulering av utbytesförlopp i ett sand-bentonitskikt. 1980.
18. **Karlqvist, L. och Qvarfort, U.** Gruvhanterings inverkan på Bersboområdet, Åtvidabergs kommun. 1980.
19. **Wilson, M.R. and Åkerblom, G.** Uranium enriched granites in Sweden. 1980.
20. **Cato, I och Engdahl, M.** Beskrivning till tematkartor utvisande var särskild uppmärksamhet av stabilitetsförhållanden erfordras inom vissa bebyggda eller detaljplanerade områden med lerjord. 1982.
21. **Olsson, T.** Ground-water-level fluctuations as a measure of the effective porosity and groundwater recharge. 1980.
22. **Bergström, J. och Shaikh, N.A.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Kristianstads län. Projekt i länsplanering 1980. 1980.
23. **Lilja, A.** Störning av berggrundens temperaturförhållanden vid hammarborrning. 1981.
24. **Agrell, H.** Gotska Sandöns kvartärgeologi. (Summary: The Quaternary geology of the island of Gotska Sandön in the Baltic.) 1981.
25. **Laufeld, S. (Ed.).** Proceedings of Project Ecostratigraphy Plenary Meeting, Gotland, 1981. 1981.
26. **Fredén, C., m.fl.** Tuveskredet, 1977-11-30. Geologiska undersökningar. Särtryck av SGI Rapport B. 1981.
27. SWIM 81. Intruded and relict groundwater of marine origin. Proceedings of Seventh Salt Water Intrusion Meeting, Uppsala, Sweden, 14-17 September 1981. 1981.
28. **Aastrup, M., Aneblom, T., Henriksson, B. och Persson, G.** PMK-grundvatten. Lägesrapport mars 1982. 1982.
29. Energigeologi. Exempel på verksamhet inom energisektorn vid SGU. April 1982.
30. **Åkerblom, G. och Wilson, C.** Radon – geological aspects of an environmental problem. 1982.
31. **Bergström, J. och Shaikh, N.A.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Malmöhus län. 1982.
32. **Ericsson, B. och Grånäs, K.** SGU:s grusdataarkiv. 1983.
33. **Sivhed, U.** Upper Cretaceous Ostracodes from the Malen Limestone quarry and the river Stensån, southern Sweden. 1983.
34. **O. Selinus (red.).** Berggrundsgeokemi som prospekteringsmetod i Sveriges urberg. Föredrag och inlägg från ett symposium i Uppsala den 17–18 mars 1983 anordnat av Sveriges geologiska undersökning och Svenska Gruvföreningen. 1983.
35. Vanadin. 1984.
37. **Andersson, M. och Ohlsson, S.-Å.** Geokemisk kartering. 1984.
38. **Lundqvist, T.** Färg- och teckenschema för SGU:s berggrundskartering. 1984.
39. **Lindewald, H.** Salt grundvatten i Sverige. 1985.
40. **Guy-Ohlson, D. and Malmquist, E.** Lower Jurassic biostratigraphy of the Opegård Bore No. 1, NW Scania, Sweden. 1985.

41. **Andersson, M.** Geokemisk kartering. Tungmineralanrikad morän. Kartbladen 15–16, C–D och 16–17, G. 1985.
42. **Ressar, H. och Ohlsson, S.-Å.** Geokemisk kartering. Bäcktorv. Bilaga: Beskrivning av de fjorton spårelementens exogena geokemiska kretslopp av John Ek. 1985.
43. Grundvattennätet. Svenskt vattenarkiv. 1985.
44. Grundvattenkvalitet. Svenskt vattenarkiv. 1985.
45. **Shaikh, N.A., Samuelsson, L., Sundberg, A. och Wik, N.-G.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Älvsborgs län. 1986.
46. **Fredén, C.** Quaternary marine shell deposits in the region of Uddevalla and Lake Vänern. 1986.
47. **Ahlberg, O.** Den svenska kontinentalsockelns berggrund. 1986.
48. **Ressar, H., Ohlsson, S.-Å. och Ekelund, L.** Geokemiska kartan. Tungmetaller i Bäcktorv. Översiktskartbladen Kalmar, Oskarshamn, Sundsvall och Vilhelmina. 1986.
49. **Ressar, H., Ohlsson, S.-Å. och Ekelund, L.** Geokemiska kartan. Tungmetaller i Bäcktorv. Översiktskartbladen Malmö och Sundsvall. 1987.
50. **Shaikh, N.A., Persson, L., Sundberg, A. och Wik, N.-G.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Jönköpings län. 1989.
51. **Ressar, H., Ekelund, L. och Ohlsson, S.-Å.** Biogeokemiska kartan. Tungmetaller i Bäck vattenväxter. Översiktsbladen Göteborg och Borås. 1988.
52. **Gustafsson, O., Jonasson, S.A. och Andersson, C.** Grundvattenundersökningar på Kristianstadsslätten 1976-1987. 1988.
53. **Andersson, M.** Markgeokemiska kartan 18–22, G–I. 1988.
54. **Shaikh, N.A., Karis, L., Kumpulainen, R., Sundberg, A. och Wik, N.-G.** Kalksten och dolomit i Sverige. Del 1. Norra Sverige. 1989.
55. **Shaikh, N.A., Karis, L., Snäll, S., Sundberg, A., och N.-G. Wik.** Kalksten och dolomit i Sverige. Del 2. Mellersta Sverige. 1989.
56. **Shaikh, N.A., Bruun, Å., Karis, L., Kjellström, G., Sivhed, U., Sundberg, A. och Wik, N.-G.** Kalksten och dolomit i Sverige. Del 3. Södra Sverige. 1990.
57. **Modig, H., Miller, U. och Robertsson, A.-M.** Karbonat i jord. Del 4. Försurning i äldre sedimentlagerföljder med anknytning till och i jämförelse med nutid. 1990.
59. **Andersson, M.** Markgeokemiska kartan 16–18., G–I. 1989.
60. **Ressar, H., Ekelund, L. och Ohlsson, S.-Å.** Biogeokemiska kartan 14–16, G–H. Tungmetaller i bäckvattenväxter. 1990.
61. **Kornfält, K.-A., Samuelsson, L., Sundberg, A., Wik, N.-G. och Wikman, H.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Kronobergs län. 1990.
62. **Andersson, M.** Markgeokemiska kartan 18–21, H–J. 1990.
63. **Ressar, H., Ekelund, L. och Ohlsson, S.-Å.** Biogeokemiska kartan 8-10, A-D. Tungmetaller i bäckvattenväxter. 1990.
64. **Cato, I.** Sedimentundersökningar i Brofjorden särskilt Trommekilen 1989, samt förändringar efter 1972 och 1984. 1990.
65. **Bruun, Å., Kornfält, K.-A., Sundberg, A., Wik, N.-G., Wikman, H. och Wikström, A.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Kalmar län. 1991.
66. **Frietsch, R., Sundberg, A. och Wik, N.-G.** Register över svenska fyndigheter av malmineral och industriella mineral och bergarter. 1991.
67. **Robertsson, A.-M.** Strandförskjutningar i Eskilstunatrakten för ca 9000 till 4000 år sedan. 1991.
68. **Ressar, H., Ekelund, L. och Ohlsson, S.-Å.** Biogeokemiska kartan 5–7, I–K och 8–10, E–G. Tungmetaller i bäckvattenväxter. 1991.
69. **Selinus, O. (ed.).** 2nd International Symposium on Environmental Chemistry. (Abstracts). 1991.
70. **Andersson, M.** Från Falkenberg till Blomstermåla; nuläge och framtida effekter av syrabelastning. 1992.
71. **Hopsu, V.** Norbergs gruvor på 1960-, 70- och 80-talen. 1992.
72. **Gustafsson, O.** Radonhalten i grundvatten från granitområden i Malmöhus län. 1992.
73. **Andersson, M. och Nilsson, C.A.** Markgeokemiska kartan 3–7, F–H. 1992.
74. **Cato, I.** Sedimentundersökningar längs Bohuskusten 1990 – Göteborgs och Bohus läns kustvattenkontroll. 1992.
75. **Ekelund, L., Nilsson, C.-A. och Ressar, H.** Biogeokemiska kartan 8–10, G–J och 11–12, H–J. Tungmetaller i bäckvattenväxter. 1993.
76. **Stephens, M.B. och Wahlgren, C.-H. (Conveners).** Workshop. Ductile shear zone in the Swedish segment of the Baltic Shield. Abstracts and excursion guide. Uppsala 1993.
77. **Sander, A.** Värderingsmodell för naturresurser. Tillämpning på ballaststillgångar.
78. **Nilsson, C.-A. och Ressar, H.** Biogeokemiska kartan 11–12, E–H, 12–13, G–J. Tungmetaller i bäckvattenväxter. 1995.

79. **Wahlgren, C.-H. (red.).** Regional berggrundsgeologisk undersökning. Sammanfattning av pågående undersökningar 1994. 1995.
80. **Bruun, Å., Nilsson, C.-A., Sundberg, A., Wik, N.-G. och Wikström, A.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Östergötlands län. 1995.
81. **Andersson, M. och Nilsson, C.-A.** Markgeokemiska kartan 7–9 D–E, 7–9 E–H. 1995.
82. **Kornfält, K.-A., Andersson, M., Daniel, E. och Persson, M.** Kadmium i marken i sydöstra Skåne. 1996.
83. **Robertsson, A.-M., Erlström, M., Damell, D., Qvarfort, U. och Fredriksson, D.** Bakgrundsdata för metaller – surhet och landskapsutveckling från sedimentundersökningar. Sammanställning av data från Örebro. 1996.
84. **Wahlgren, C.-H. (red.).** Regional berggrundsgeologisk undersökning. Sammanfattning av pågående undersökningar 1995. 1996.
85. **Andersson, M. och Lax, K.** Markgeokemiska kartan 20–22, I–L. 1996.
86. **Selinus, O. (red.).** Miljögeologi. Kartor för samhällsplanerare och miljövärdare. Exempel från Mittnordenområdet. 1996.
87. 14th Salt Water Intrusion Meeting. SWIM 96. 1996.
88. **Larsson, J.-O.** Diamanter – en blivande bristvara?. 1997.
89. **Wahlgren, C.-H. (red.).** Regional berggrundsgeologisk undersökning. Sammanställning av pågående undersökningar 1996. 1997.
90. **Holmberg, J. och Ressar, H.** Biogeokemiska kartan. Tungmetaller i bäckvattenväxter. Norra Värmland och Sydvästra Dalarna. 1997.
91. **Andersson, U.B.** Petrogenesis of some Proterozoic granitoid suites and associated basic rocks in Sweden (geochemistry and isotope geology). 1997.
92. **Frietsch, R.** The Iron Ore Inventory Programme 1963-1972 in Norrbotten County. 1997.
93. **Rosén, B., Ek, B.-M., Ek, J. och Mattson, H.** Radon i bostäder. Markradonhaltens betydelse för riskklassificering. 1997.
94. **Andersson, M., Johansson, P. och Lax, K.** Markgeokemiska kartan i östra Norrbottens inland, västra Småland och södra Halland, samt markkemiska variabler. 1997.
95. **Cato, I.** Sedimentundersökningar längs Bohuskusten 1995 samt nuvarande trender i kustsedimentens miljö kvalitet – en rapport från fem kontrollprogram. 1997.
96. **Lundqvist, I. och Wik, N.-G.** Industriella mineral och bergarter i Hallands län. 1998.
97. **Wahlgren, C.-H. (red.).** Regional berggrundsgeologisk undersökning. Sammanställning av pågående undersökningar 1997. 1998.
98. **Wahlgren, C.-H. (red.).** Regional berggrundsgeologisk undersökning. Sammanställning av pågående undersökningar 1998. 1999.
99. **Aastrup, M. (red.).** Grundvattnets tillstånd i Sverige. Årsskrift från miljöövervakningen 1999.
100. **Wik, N.-G., Sundberg, A. och Wikström, A.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Södermanlands län. 1999.
101. **Lång, L.-O.** Betydelsen av de geokemiska och mineralogiska förhållandena för grundvattnets kemiska sammansättning i morän och sorterade sediment i norra Värmland. 1999.
102. **Delin, H. (red.).** Regional berggrundsgeologisk undersökning. Sammanställning av pågående undersökningar 1999. 2000.
103. **Cato, I.** Miljögifter och miljö kvalitet längs Bohuskusten 1990–1998 – förändringar, belastning och samband. Toxic substances and environmental quality of the Bohus Coast 1990–1998 – trends, load, and relationships. 2000.
104. **Snäll, S. och Ek, J.** Moräners mineralogi och kemi över vissa bergartstyper i Sverige. 2000.
105. **Delin, H. (red.).** Regional berggrundsgeologisk undersökning. Sammanställning av pågående undersökningar 2000. 2001.

\* Utgången





Sveriges Geologiska Undersökning  
Box 670  
751 28 Uppsala  
Tel: 018-17 90 00  
[www.sgu.se](http://www.sgu.se)

Uppsala 2001  
ISSN 0349-2176  
ISBN 91-7158-651-2