

Rapporter och meddelanden 120

Berggrundsgeologisk undersökning

Sammanfattning av pågående verksamhet 2004

Hans Delin (red.)



SGU

Sveriges geologiska undersökning
Geological Survey of Sweden

Rapporter och meddelanden 120

Berggrundsgeologisk undersökning

Sammanfattning av pågående verksamhet 2004

*Bedrock mapping
Summary of ongoing activities 2004
with an introduction in English*

Hans Delin (red.)

Sveriges geologiska undersökning
2005

ISSN 0349-2176
ISBN 91-7158-709-8

Omslagsbild: Extrageolog Helena Lager undersöker en häll med metabasit som har intruderats av tidigsvekokarelsk granitoid. Kartområdet 11H Enköping NO, projekt Östra Mälardalen, berg. Foto Magnus Ripa.

© Sveriges geologiska undersökning

Layout: Agneta Ek, SGU
Tryck: Edita Norstedts Tryckeri, 2005

INLEDNING

I denna skrift presenteras sammanfattningar av de fältarbeten och övriga undersökningar som utfördes under fältsäsongen 2004 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 användarna och komma till nytta.

Rapporteringen startade med 1994 års fältarbeten och detta är den elfte rapporten i sitt slag. De tidigare volymerna 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 tidigare har innehållet i denna rapport inte genomgått en strikt vetenskaplig granskning, och författarna ansvarar för innehållet i varje enskild del. För vidare information hänvisas den intresserade till den för området ansvarige geologen eller geofysikern.

Manusstopp för rapporterna var den 15 december 2004.

Den insamlade berggrundsgeologiska och geofysiska informationen lagras successivt i SGUs databaser. De färdiga berggrundskartorna är tillgängliga både i tryckt form och som kartdatabaser. Produktionsläget för dessa framgår av figur 1 och 2 respektive figurerna 3 och 4.

Alla är välkomna att ta del av arbetsmaterial från pågående arbeten, men det är först efter en 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 2004 within the Geological Survey of Sweden's (SGU) programme for bedrock mapping. It aims to present the status of bedrock map production at SGU as at 15th December 2004 and to provide access to new geological information from ongoing projects prior to final release when the material is published.

This report series started with the field works of 1994 and the present one is the eleventh 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.

The location of the ongoing mapping projects and the status of production of bedrock maps at different scales can be seen in figures 1 and 2. Geological and geophysical information from the mapping projects is stored in SGU's databases. The compiled information is available both as printed bedrock geological maps and as map databases, status of the latter is illustrated in figures 3 and 4.

Hans Delin
Senior State Geologist

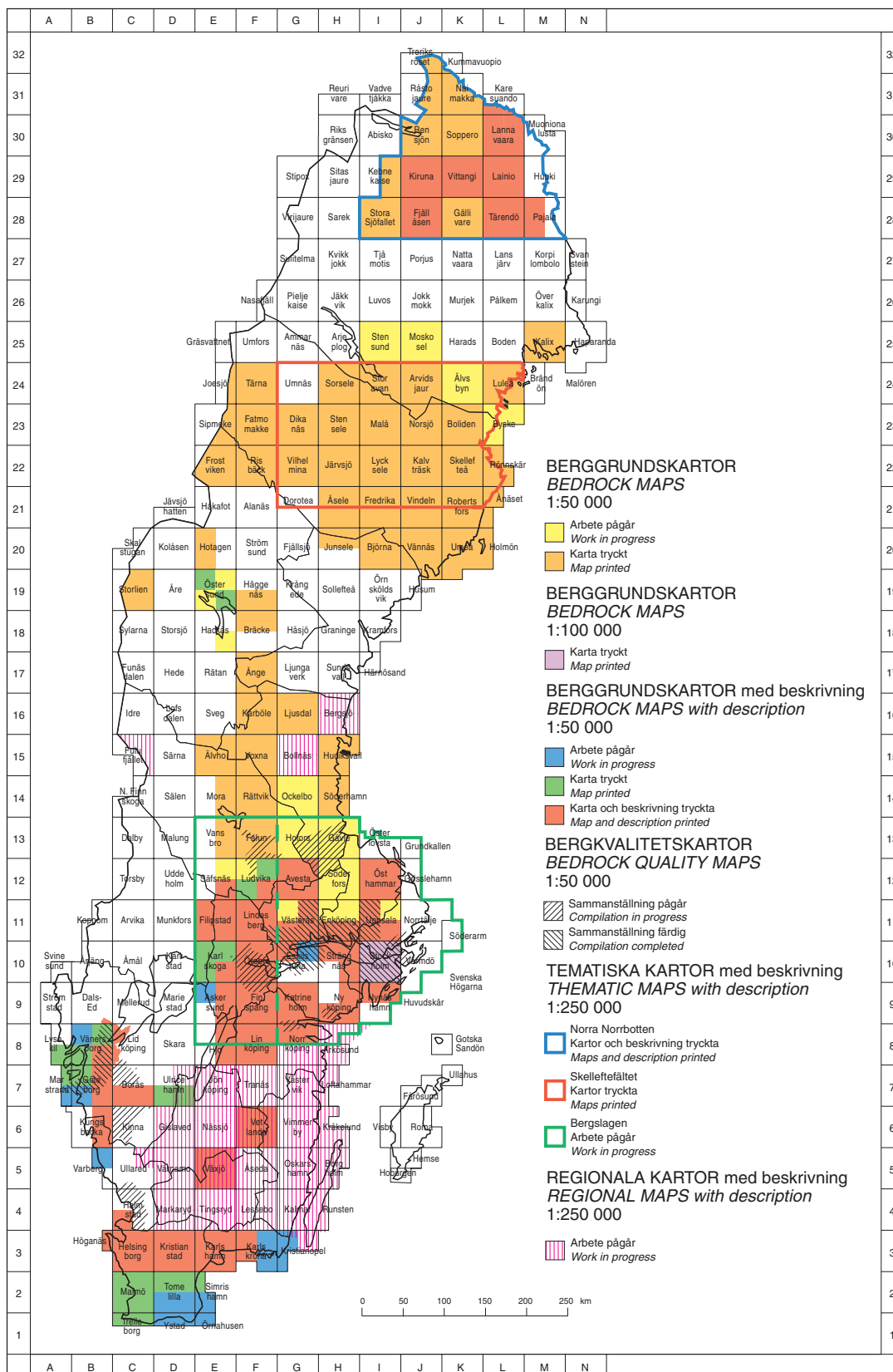


Fig. 1. Produktionsläget för berggrundskartor i skala 1:50 000, regionala berggrundskartor i skala 1:250 000 samt tematiska sammanställningar i skala 1:250 000 (2005-03-31).

Status concerning production of bedrock maps at the scale 1:50 000, regional bedrock maps at the scale 1:250 000 and thematic compilations at the scale 1:250 000 (2005-03-31).

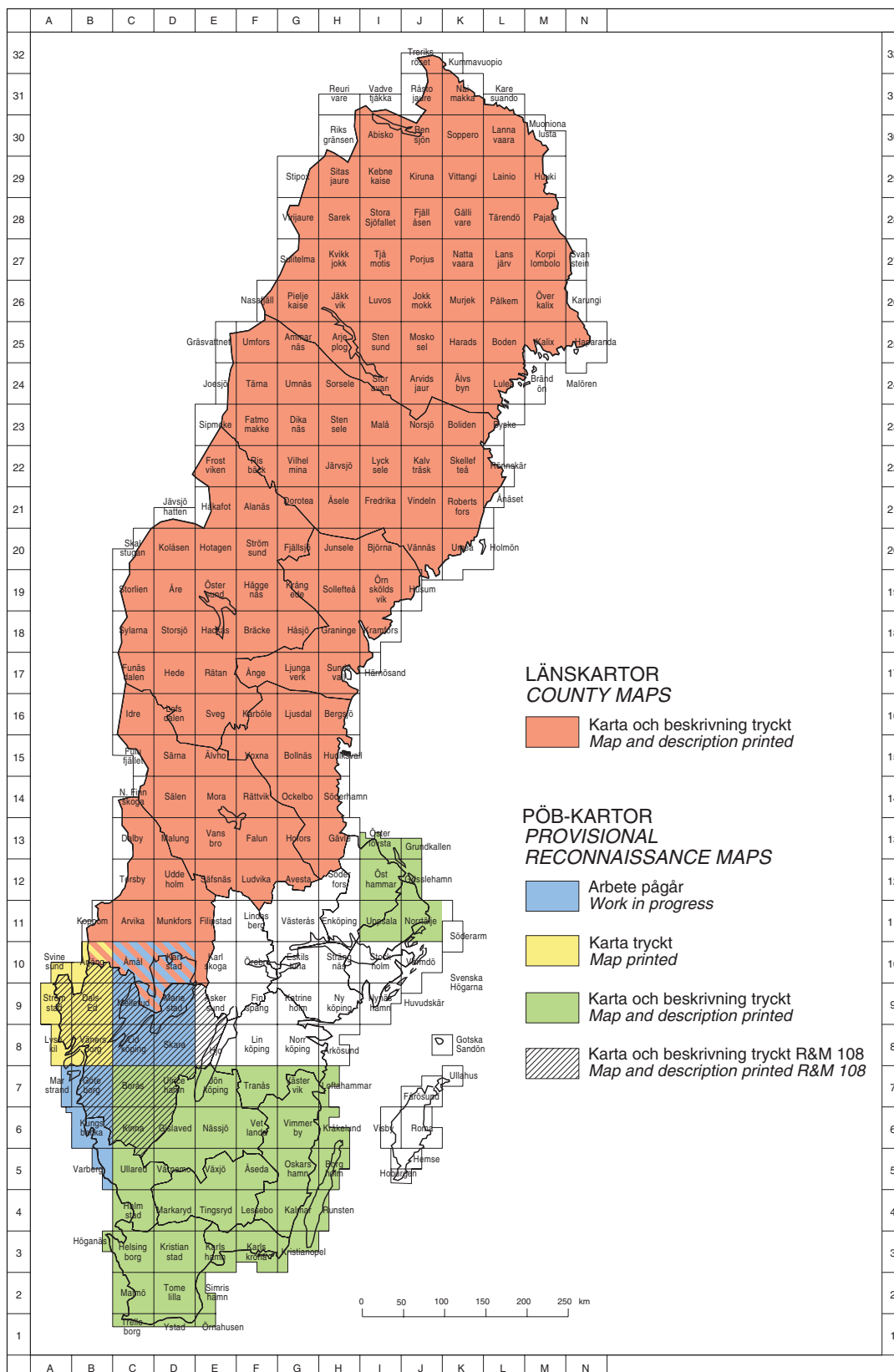


Fig. 2. Produktionsläget för länskartor i skala 1:200 000 respektive 1:400 000 och provisoriska översiktliga berggrundskartor (PÖB) i skala 1:250 000 (2005-03-31).
 Status concerning production of county maps at the scale 1:200 000 and 1:400 000 respectively and provisional reconnaissance maps at the scale 1:250 000 (2005-03-31).

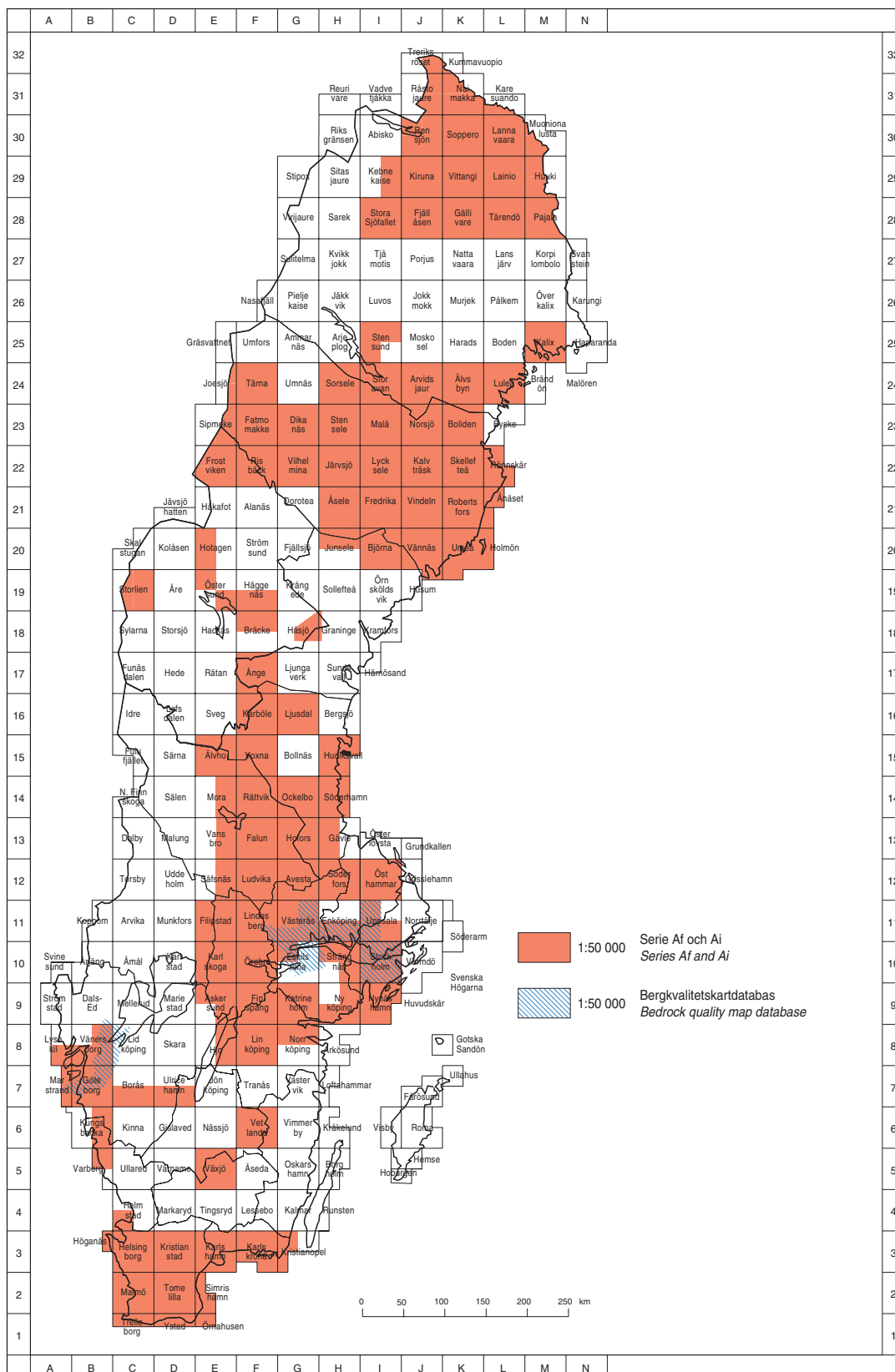


Fig. 3. Produktionsläget för digitala lokala berggrundskartor. Den angivna skalan i teckenförklaringen anger den skala i vilken kartan är digitaliserad (2005-03-31).

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 (2005-03-31).

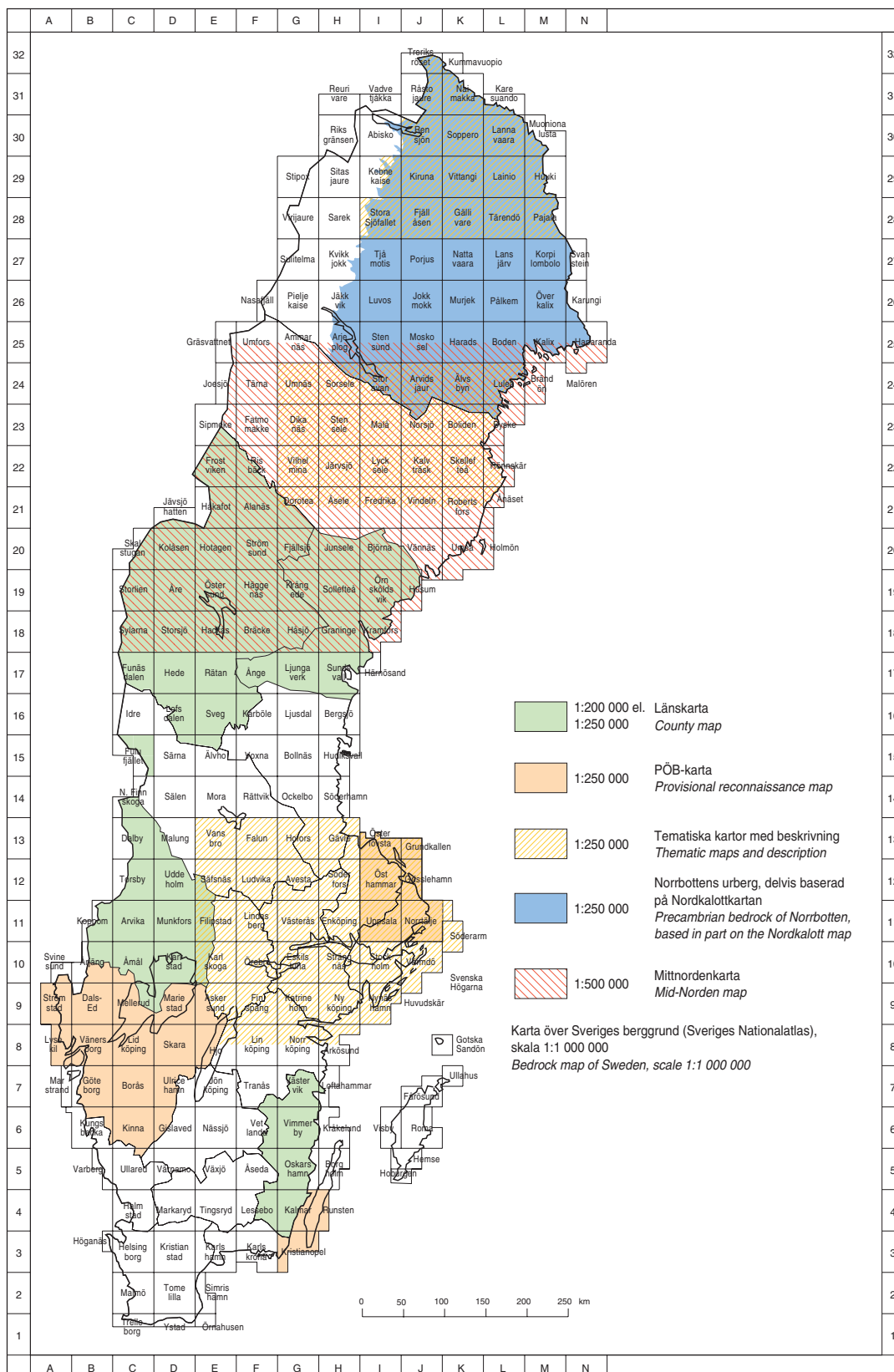


Fig. 4. Produktionsläget för digitala regionala berggrundskartor. Den angivna skalan i teckenförklaringen anger den skala i vilken kartan är digitaliserad (2005-03-31).

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 (2005-03-31).

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Malmpotentiella områden. Lokala kartor 1:50 000

Projekt Svealand	10
Kartområdet 13H Gävle	10
Stefan Bergman, Hans Delin, Uppsala och Per-Olof Persson, LIG, Naturhistoriska riksmuseet, Stockholm	
Projekt Östersund–Hackås	10
Kartområdet 18E Hackås SO	10
Rune Johansson och Torbjörn Thelander, Uppsala	
Kartområdet 19E Östersund NO	21
Linda Wickström, Uppsala	
Projekt Moskosel–Harads	28
Benno Kathol och Sven Aaro, Uppsala	

Tätortsprojekt. Kartor 1:50 000 och 1:250 000

Projekt Södra Halland, berg	31
Maria Carlsäter, Uppsala	
Projekt Östra Göteborg, berg	36
Lena Lundqvist, Göteborg, Jenny Andersson, Ildikó Antal Lundin, Uppsala och Fredrik Hellström, Göteborg	
Projekt Östra Göteborg, bergkvalitet	52
Ulf Bergström, Tomas Eliasson, Fredrik Hellström, Göteborg, Mattias Göransson och Hossein Shomali, Uppsala	
Projekt Östergötland, bergkvalitet	60
Ildikó Antal Lundin, Maria Carlsäter, Uppsala, Dick Claeson, Lund, Erik Jonsson och Sam Sukotjo, Uppsala	
Projekt Örebro, bergkvalitet	67
Martin Ahl och Lutz Kübler, Uppsala	
Projekt Östra Mälardalen, berg	71
Kartområdet 11H Enköping NV Magnus Ripa, Mehrdad Bastani och Lena Persson, Uppsala	
Kartområdet 11I Uppsala NO Hans Delin, Uppsala	
Projekt Östra Mälardalen, bergkvalitet	90
Malin Sträng, Daniel Andersson, Mehrdad Bastani, Fanny Hartvig, Sven Lundqvist, Claes Mellqvist och Lena Persson, Uppsala	
Projekt Gävleborgs län	103
Södra Gästrikland, bergkvalitet	105
Kartområdet 15G Bollnäs	106

Kartområdet 16H Bergsjö	115
Stefan Bergman, Lena Albrecht, Martin Ahl och Lutz Kübler, Uppsala	

Projekt Dalarna, bergkvalitet	124
Magnus Döse och Lutz Kübler, Uppsala	

Regionala kartor 1:250 000

Projekt Småland	141
------------------------------	-----

Geologiska arbeten 2004	142
--------------------------------------	-----

Kartområdet 5C Ullared NO, 5D Värnamo NV och SO	142
--	-----

Lena Lundqvist, Göteborg

Kartområdet 4D Markaryd NO	143
---	-----

Ulf Bergström, Göteborg, Leif Kero, Uppsala

Kartområdet 4E Tingsryd NV, SV och SO	146
--	-----

Dick Claeson, Lund

Kartområdet 4E Tingsryd NO, 4F Lessebo NV och SV	148
---	-----

Sam Sukotjo, Uppsala

Markgeofysiska arbeten 2004	153
--	-----

Kartområdet 5C Ullared NO	153
--	-----

Niklas Juhojuntti, Uppsala

Kartområdet 5D Värnamo NV	155
--	-----

Leif Kero, Uppsala

Kartområdet 5D Värnamo SO	159
--	-----

Niklas Juhojuntti, Uppsala

Kartområdet 4E Tingsryd NV och NO	160
--	-----

Niklas Juhojuntti, Uppsala

Kartområdet 4E Tingsryd SV	160
---	-----

Leif Kero, Uppsala

Kartområdet 4E Lessebo NV	161
--	-----

Niklas Juhojuntti, Uppsala

Kartområdet 4E Lessebo SV	162
--	-----

Leif Kero, Uppsala

Projekt Fulufället, berg	164
---------------------------------------	-----

Claes Mellqvist, Lutz Kübler, Uppsala, Daniel Andersson

Kartor och övriga publikationer 2004	179
---	-----

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
Fax. 046-12 00 39

Sveriges geologiska undersökning
Skolgatan 4, 930 70 Malå
Tel. 0953-10 760
Fax. 0953-216 86

Svealand

Stefan Bergman, Hans Delin och Per-Olof Persson

KARTOMRÅDET 13H GÄVLE

I förra årets fältrapport (Bergman m.fl. 2004) nämns att fyra bergarter har provtagits för radiometrisk åldersbestämning (U-Pb-metoden på zirkon). Ett av proverna består av en rödgrå, ögonförande, starkt deformerad, tidigrogen metagranodiorit ("Ljusdalstyp"). Åldern blev $1\,861 \pm 8$ miljoner år, med en nedre skärningsålder av 80 ± 330 miljoner år (MSWD = 3,0).

Tre fraktioner från en grå, ojämnkornig metagranodiorit ger avskärningsåldrar på $1\,866 \pm 120$ och $201 \pm 3\,400$ miljoner år (MSWD = 4,9). Om man låser diskordian vid en nedre avskärning på 200 ± 400 miljoner år blir resultatet $1\,865_{-14}^{+14}$ miljoner år (MSWD = 2,5). En fjärde fraktion ger en avsevärt lägre ålder.

Ett prov av rödgrå, jämnkornig senorogen granit från Gävletrakten gav avskärningsåldrar av $1\,848 \pm 32$ och 480 ± 160 miljoner år med ett (MSWD = 36). Någon precis och tillförlitlig ålder går ej att få ut av dateringen, framför allt på grund av zirkonernas dåliga kvalitet. De erhållna resultaten indikerar att bergarten är något äldre än 1 800 miljoner år.

Det fjärde provet utgörs av en mörkt rödbrun basalt från Gävleområdet (Gävlebasalt). Dateringen gav två olika åldrar, 486 ± 6 och $1\,571 \pm 16$ miljoner år. Den geologiska betydelsen av åldrarna är för närvarande oklar.

Östersund–Hackås

Rune Johansson, Torbjörn Thelander och Linda Wickström

Projekt Östersund–Hackås startade våren 2003 och har ett planerat slut hösten 2006 (fig. 1). Syftet med projektet är att skapa ett berggrundsgeologiskt underlag för bland annat prospektering efter mineralresurser och nyttosten. Resultaten av undersökningarna redovisas i form av berggrundsgeologiska, geofysiska och geokemiska databaser samt tryckta berggrundskartor i skala 1:50 000. Arbetet genomförs som så kallad baskartering, där i genomsnitt 4–5 km² undersöks per dag. Under 2003 färdigställdes en preliminär berggrundskarta över kartområdet 19E Östersund SV (Thelander 2003). År 2004 kartlades området 19E Östersund NO samt ca 300 km² av 18E Hackås SO. Geofysiska markmätningar har inte utförts inom kartområdena 19E Östersund SV och NO inom ramen för projektet, men har i år inletts inom kartområdet 18E Hackås SO.

KARTOMRÅDET 18E HACKÅS SO

Torbjörn Thelander

Inledning

Den berggrundsgeologiska karteringen inom kartområdet 18E Hackås SO sommaren 2004 omfattade 22 personveckor och genomfördes under juni t.o.m. juli av Torbjörn Thelander med biträde av projektgeolog Risto Kumpulainen och extrageolog Stefan Persson. Sammantaget registrerades 1001 hällobservationer. Provtagningen omfattar 27 bergartsprover för kemisk analys, 28 prover till tunnslipstillverkning och 1 prov för åldersbestämning. En preliminär berggrundskarta visas i figur 2. Rune Johansson har utfört geofysiska markmätningar. Anders Hallberg har bistått med att ta fram äldre kemiska data och information om mineraliseringar.

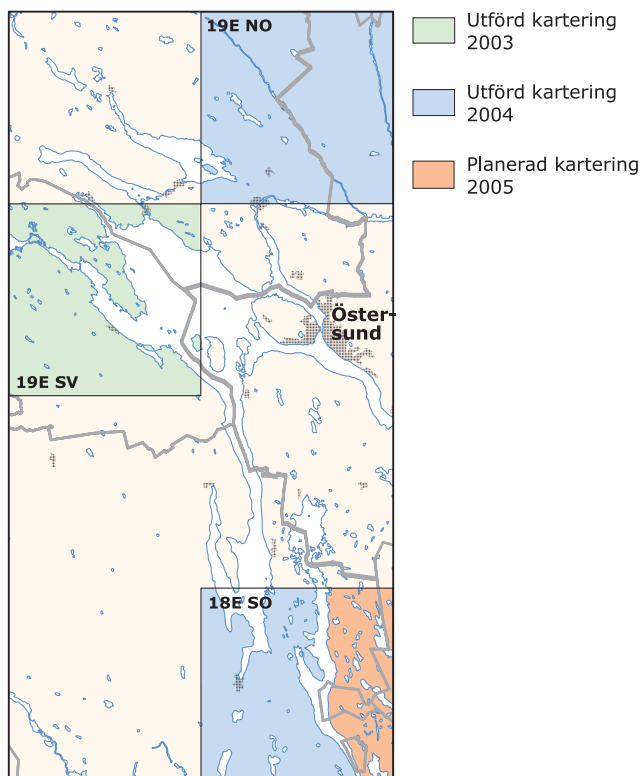


Fig. 1. Genomförd och planerad verksamhet inom projektet Östersund–Hackås.

Allmän geologi

Svekofenniska sedimentära och ytnära bildade vulkaniska bergarter, som avsattes i den bottniska basängen inom den fennoskandiska skölden, blev för ca 1 900–1 850 miljoner år sedan intruderade av svekokarelska djupbergarter. Sammansättningen hos de senare varierar från tonalit och kvartsdiorit till mikroklinporfyrisk granit. I samband med deformation och migmatisering utbildades en gnejsighet hos de intrusiva bergarterna. Därefter skedde en betydande plastisk deformation och blockrörelser utmed Storsjön–Havernzonen (Gorbatshev 1997), en nordnordvästlig deformationszon som inom kartområdet 18E SO berör trakten från Hoverberget och delar av näset mellan Storsjön och Näkten. Storsjön–Havernzonen är av stor regional betydelse och har refererats till som Storsjön–Edsbyzonen (SEDZ) i arbeten som närmare berör den tektoniska utvecklingen i zonen och dess relation med omgivande berggrund (Bergman m.fl. 2004).

De tidigsvekokarelska intrusionerna följdes av ytterligare två granitdominerade intrusiva händelser. Av dessa jämställer Gorbatshev (1997) en grovporfyrisk, vanligen massformig granit med Revsundsgranit, en term införd av Högbom (1894) för ett granitmassiv i Jämtland. Termen har senare använts för till utseendet liknande graniter långt utanför typområdet, och Revsundsgraniter har tillskrivits en ålder av ca 1 800 miljoner år (Claesson & Lundquist 1995, Delin 1996, Delin & Aaro 2002). Nyligen utförda SIMS-analyser (U-Pb på zirkon) av prover från typområdet för Revsundsgranit ger dock intrusionsåldrar på 1 860–1 850 miljoner år (Högdahl 2000).

En yngsta granitoid intrusion för ca 1 700–1 650 miljoner år sedan resulterade i bildningen av så kallad Rätangranit.

Kartområdet Hackås SO innefattar förutom ett brett spektrum av proterozoiska bergartsenheter även enheter som tillhör den undre skollberggrunden inom Kaledoniderna (fjällkedjan). Mellan dessa huvudenheter finns också rester av autokton paleozoisk berggrund bevarad. Genom bland annat kärnbörningar längs fjällranden under "Alunskifferprojektet" (Gee m.fl. 1982), utförda i samband med prospekteringsarbeten, är det väl etablerat att urbergsytan var vittrad till ett peneplan vid tiden för avsättningen av de paleozoiska sedimenten. Ytan har nu en svag (<1–1,5°) västlig stupning.

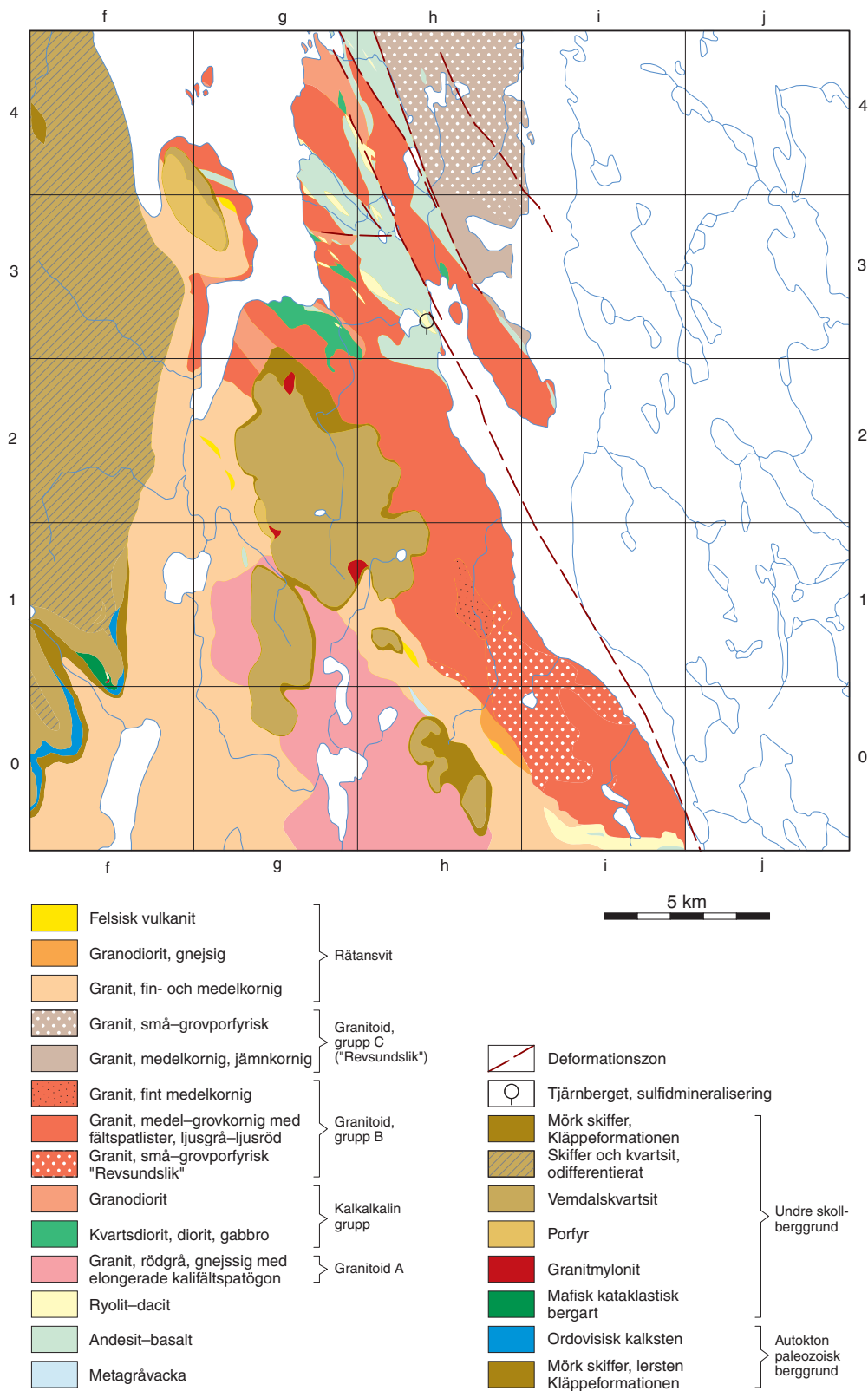


Fig. 2. Preliminär berggrundskarta över delar av 18E Hackås SO sammanställd från kartering fältssöngen 2004.

Proterozoisk berggrund

Svekofenniska ytbergarter

Den bottniska bassängens svekofenniska ytbergarter domineras i kartområdet av omvandlade vulkaniska bergarter. Endast obetydliga rester av metagråvacka har påträffats (0h). Merparten av de svekofenniska ytbergarterna i kartområdets norra del har en andesitisk till basaltisk (fältbedömd) sammansättning med en finkornig, mörkt gröngrå mellanmassa. Porfyrisk textur är relativt vanligt förekommande, med strökorn av hornblände och fältspat. Bandning genom färgvariationer eller variation i sammansättningen bedöms representera en primär lagring (fig. 3a, b). Några uppenbara kuddlavor har inte identifierats.

De andesitiska till basaltiska vulkaniterna innehåller några mindre förekomster av ljusa, kvartsrika bergarter. I några fall är de knutna till kraftiga skjuvzoner, och ursprunget är då vanskligt att avgöra. I de bäst bevarade förekomsterna kan kvartsströkorn iakttas och för dessa bedöms ett vulkanogent ursprung med ryolitisk eller dacitisk sammansättning vara klarlagt.

I de sydligt belägna vulkanitförekomsterna (0i) finns inlagringar av polymikta konglomerat (6950714/1441059, koordinater i rikets nät) i underordnad omfattning. Bollmaterialet, som vanligen är rundat eller kantavrundat består till stor del av andesit och porfyrisk ryodacit. De felsiska vulkaniter som förekommer där är i allmänhet mindre deformerade än i de nordligt belägna förekomsterna.

Intrusiva bergarter

Under den inledande fältsäsongen har det varit svårt, att utifrån karterbara egenskaper fullt ut särskilja och korrelera till de granitenheter som presenterades av Gorbatshev (1997). Liknande problem rapporteras av Martin Ahl i samband med en av honom utförd specialstudie av granitintrusionerna i Hackåsområdet (Sundblad 1994). Den kraftiga deformation som hör ihop med Storsjön–Edsbyn-zonen i de centrala och östra delarna av kartområdet komplicerar i viss mån karteringen ytterligare. De relativa åldersförhållandena mellan de olika granitoidtyper som mer eller mindre tillförlitligt har kunnat karteras ut är ännu ganska osäkra. Resultaten från kemiska analyser, dateringsprov och analys av tunnslip från i somras insamlade bergartsprover föreligger ännu inte. För att undvika att i detta inledande skede av karteringen låsa sig vid korrelationer som känns osäkra, grupperas därför bergarterna i beskrivningen nedan i enheter baserade på egenskaper som kan identifieras i fält.

Granitoid grupp A. Den granit som förs till denna enhet är rödgrå och visar genomgående en utpräglad gnejsighet med kraftigt elongerade fältspatkristaller över nästan hela utbredningsområdet. Den uppmätta susceptibiliteten på hållytor är måttligt hög. På den magnetiska anomalikartan ligger enheten inom ett område med låga till medelhöga nivåer. Granitens utbredningsområde ligger strax sydväst om Storsjön–Edsbyn-zonen och omgärdas i väster, norr och öster av massformig Rätangranit.

Kalkkalkalina gruppen. I vad som här med ett informellt arbetsnamn kallas "kalkkalkalina gruppen" ingår tidigsvekokarelska intrusioner av granodiorit, tonalit, kvartsdiorit samt gabbroida bergarter i kartområdets norra del. I det nordliga, kilformade utbredningsområdet (4g) dominerar mörkgrå, gnejsig eller svagt folierad, medelkornig granodiorit till tonalit. I gränsområdet mellan granodioriten till tonaliten och svekofenniska vulkaniter innehåller den förra inneslutningar av andesit (6974704/1433921, koordinater i rikets nät). Små inneslutningar av felsisk vulkanit har också påträffats i granodioriten till tonaliten.

De förekomster av massformiga eller svagt folierade dioritoida och gabbroida bergarter som uppträder inom kartrutorna 3–4 g–h förs också till ovan nämnda grupp. Goda blottningar av dessa bergarter finns bland annat utmed ett industrijärnvägsspår nordost om Svenstavik (6966109/1433280, koordinater i rikets nät), där de också är associerade med inneslutningar av bandade andesiter.

Granitoid grupp B. Gruppen domineras av grovt medelkornig till grovkornig granit. Spridda, rektangulära fältspatslister förekommer nästan genomgående. Graniten är ljus grå på de flesta ställen, men svagt rödgrå varianter förekommer (fig. 3c). Graniterna uppträder i ett stråk som sträcker sig från sjön Näktens södra spets i nordnordvästlig riktning mot Storsjön. En svag mineralorien-

tering kan vanligtvis identifieras i granitens hela utbredningsområde. Inneslutningar av gabbroida eller dioritoida bergarter (fig. 3d) förekommer i gränsområdet till de mafiska djupbergarterna i norr (6963835/1437859, koordinater i rikets nät). Det relativa åldersförhållandet gentemot den kalkalkalina gruppens bergarter framgår av en lokal vid Storsjöns strand (6973388/1433291, koordinater i rikets nät). Där innehåller en ojämnkornig, granoblastisk granit från granitoidgrupp B, inneslutningar av mörkt grå granodiorit till tonalit tillhörande den kalkalkalina gruppen. Ett dateringsprov av graniten har tagits från trakten av Bingsta (6962242/1436122, koordinater i rikets nät) men resultatet från dateringen föreligger ännu inte.

Till granitoidgrupp B förs även en små- till grovporfyrisk "Revsundslik" granit med en riklig förekomst av röda kalifältspatögon (fig. 3e). I fält är gränsdragningen mellan de olika porfyriska graniterna vansklig att genomföra konsekvent.

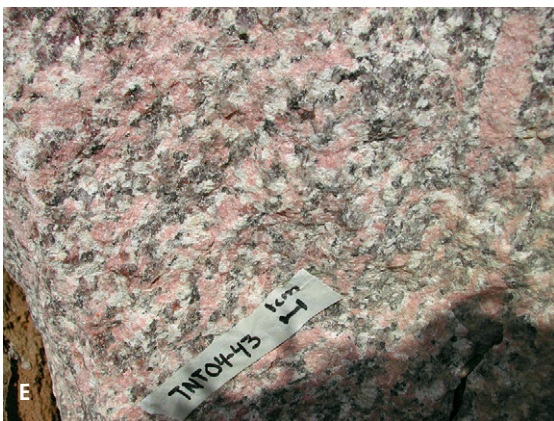
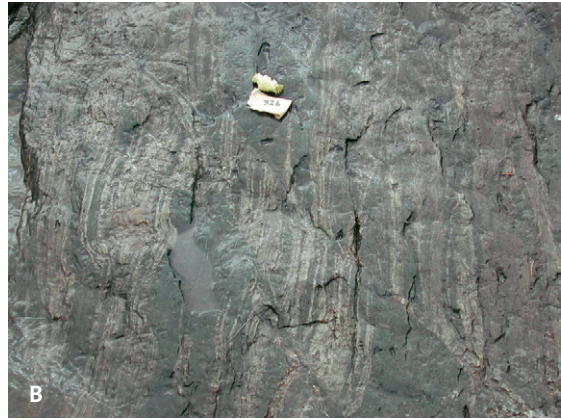
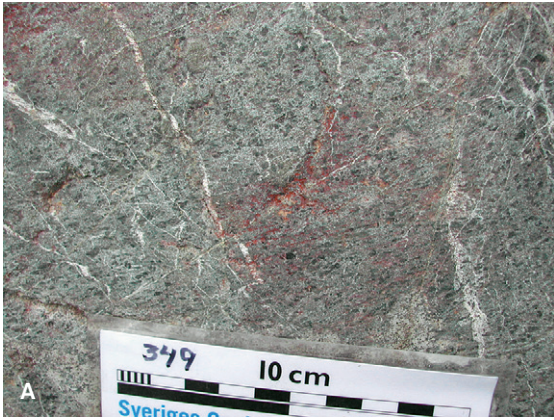
Granitoid grupp C. En grå till rödgrå, ojämnkornig, medel- till grovkornig granit, som i växlande omfattning är små- eller grovporfyrisk (fältspatströkorn), utgör den dominerande bergarten i gruppen. En viss subparallell mineralorientering framträder vanligtvis. Graniten innehåller gångar (upp till några meter breda) av grå, medel- till finkornig granit (fig. 3f). Helt underordnat förekommer också obetydliga mafiska gångar eller inneslutningar. Till granitoidgrupp C hänförs också en ljus grå, glimmerfattig och medelkornig granit som förekommer i ett område kring Salsåviken (3h).

Granitoidgrupperna B och C visar åtminstone i fält likheter med varandra, och några avgörande fältkriterier för att särskilja dem åt har ännu inte identifierats inom projektet. Att de ändå fortfarande hålls isär beror främst på att Gorbatshev (1997) korrelerade grupp B med de tidigsvekokarelska intrusivbergarterna, medan han förde grupp C till Revsundssviten med en antagen ålder av ca 1 800 miljoner år. Resultat från kemiska analyser och kommande tunnslipsundersökningar inom projektet, samt en genomgång av tidigare utförda analyser av graniter i området (M. Ahl i Sundblad 1994), kan eventuellt avgöra om de två granitoida grupperna ska sammanföras. Delin & Aaro (2002) redovisar en U-Pb-datering av zirkoner, från en "typisk Revsundsgranit" från kartområdet 17F Ånge NV, vilka gav en ålder av 1797±4 miljoner år. Dateringar av en isotrop, Revsundsliknande granit från Skurun i kartområdet 18F Bräcke SV (Högdahl 2000) har givit entydiga åldrar kring 1858±9 miljoner år. Mot bakgrund av de divergerande åldrarna finns det således all anledning att tills vidare vara återhållsam med termen Revsundsgranit utanför dess typområde.

Rätangranitsviten. Den dominerande bergarten inom vad som här kallas Rätangranitsviten är en rödgrå, medel- till grovkornig, massformig granit. Susceptibiliteten är relativt hög, vanligen $1\,000\text{--}3\,800 \times 10^{-5}$ SI-enheter. Bergarten framträder också väl på den magnetiska anomalikartan (fig. 4). I vissa delar är graniten medelkornig, nästan porfyrisk. Vid några lokaler har xenoliter av felsisk vulkanit påträffats i Rätangranit (6952427/1427168, koordinater i rikets nät). Även mer utbredda förekomster av felsisk vulkanit med en fältbedömd ryolitisk till dacitisk sammansättning och med en tolkad samhörighet med Rätangraniten förekommer (0–1 h, 2g). Rätangraniten har en ålder av ca 1 700 miljoner år och anses tillhöra det transskandinaviska magmatiska bältet (TMB). Den magnetiska kartan visar att Rätangraniten fortsätter långt in under kaledoniderna (fig. 4).

En gnejsig, medel- till grovkornig granodiorit (0 h) med hög susceptibilitet förs tills vidare också till Rätansviten, om än med viss tvekan.

Fig. 3. Fotografier från projektområdet. Koordinater i rikets nät. **A.** Andesit till basalt med fenokryster av amfibol (6969156/1436066, delruta 3g). **B.** Bandad andesit (koord. 6965314/1440142, delruta 3i). **C.** Medel till grovkornig granit med större lister av kalifältspat, granitoidgrupp B (6963553/1437891, delruta 2h). **D.** Gabbroida och dioritiska xenoliter i granit tillhörande granitoidgrupp B (6963835/1437859, delruta 2h). **E.** Grovporfyrisk "Revsundslik" granit inom granitoidgrupp B (6955079 /1439391, delruta 1h). **F.** Grovkornig granit med gång av medelkornig granit, granitoidgrupp C (6974334/1437975, delruta 4h). **G.** Skjuvzon i ojämnkornig granit tillhörande granitoidgrupp B (6960550/1437335 delruta 2h). **H.** Hoverberget i undre Skollberggrunden sett mot NV.



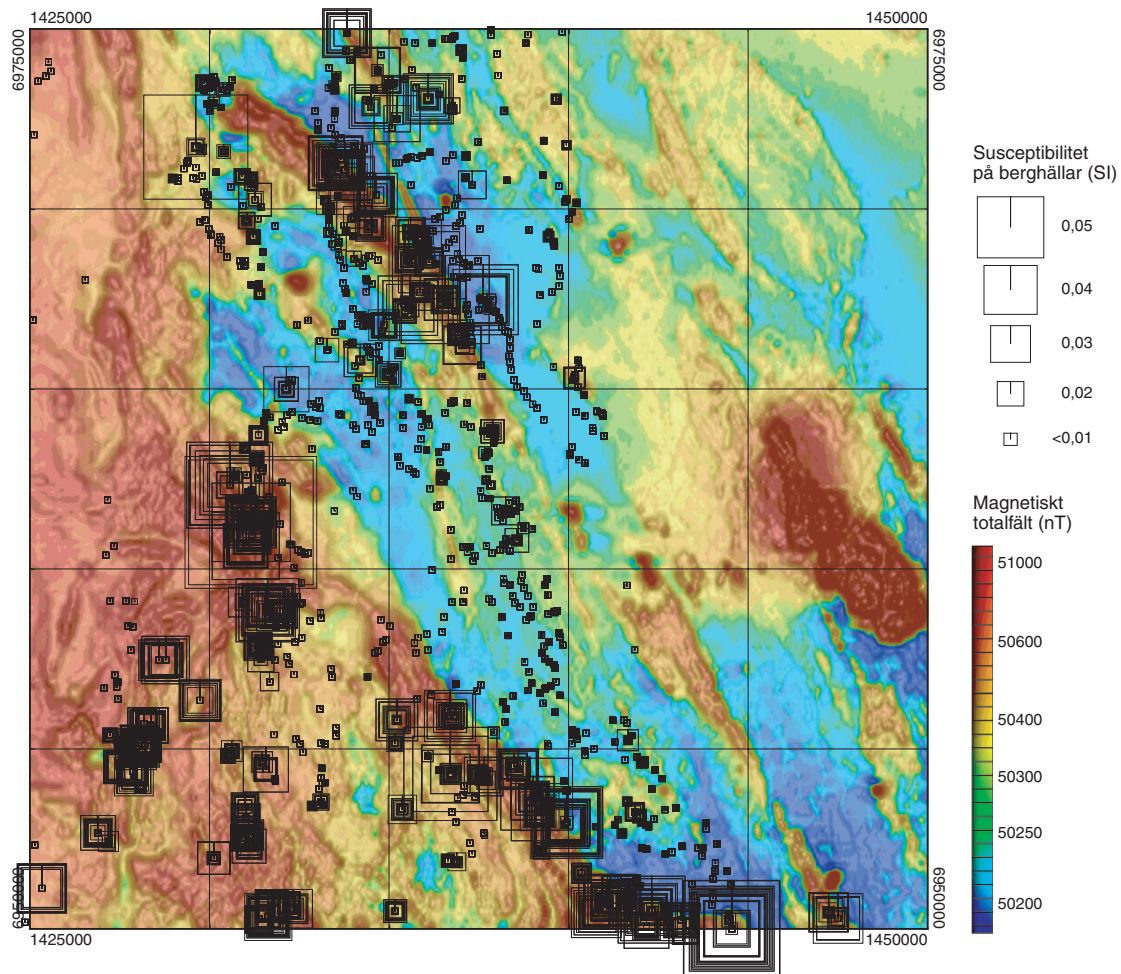


Fig. 4. 18E Hackås SO. Flygmagnetisk karta samt susceptibilitetsmätningarpå hälltytor.

Deformation inom proterozoisk berggrund

Storsjön–Edsbyzonen har deformerat karteringsområdets bergarter plastiskt i en zon, som sträcker sig från sjön Näktens sydligaste del mot NNV till Storsjön. Särskilt påtaglig är zonen på halvön mellan Näkten och Storsjön, där den delvis är orsaken till bergarternas kil- eller listformiga utbredningsområden. De i fält iakttagbara skjuvzoner som knyts till deformationszonen varierar inom kartområdet från att vara knappt cm-breda (fig. 3g) till flera tiotals meter breda. Deformationen i sådana skjuvzoner varierar från en kraftig utdragning av ingående mineral till bildandet av bandade myloniter. I området väster om Näkten och på halvön mellan Näkten och Storsjön är gnejsigheten eller mineralorienteringen, som mer eller mindre genomgående förekommer i granitoidgrupp B, vanligen subparallell med skjuvzonerna. Klara vinkeldiskordanser förekommer också, vilket ger fältbevis för att Storsjön–Edsbyzonen utbildades i ett senare skede. Högdahl (2000) har genom dateringar av U-Pb i titanit konstaterat att det inom intervallet för ca 1815–1800 miljoner år sedan förekom plastisk deformation i såväl Storsjön–Edsbyzonen som i den i öster närliggande Hasselazonen.

Autokton paleozoisk berggrund

Den autoktona paleozoiska berggrunden finns blottad i trakten av Åsarne (0f), i Hoverbergets östra sluttning (3–4 g), i trakten av Bingsta–Skucku (1–2 g–h), i stenbrottet vid Stor-Kallhögen (0h) samt vid ytterligare några spridda lokaler. Enheten har specialstuderats av Karis (1998), och de beskrivningar som presenteras där ger en detaljinformation som går långt utöver vad som ryms inom ramen för baskarteringen. Dessutom var några av de sektioner som beskrivs av Karis bara tillfälligt blottade i samband med vägbyggen (gäller särskilt Hoverberget). Tillgängliga lokaler har dock besökts inom projektet.

Baserat på sektioner från Stor-Kallhögen och Bingsta–Skuckuområdet presenterar Karis (1998 s. 65–66) en typsektion, där en svagt undulerande berggrundsytta av kristallin berggrund överlagras av svartskiffer (Kläppeskiffer, <1 m mäktig), som uppåt följs av grå lersten (ca 3,5 m) och svartskiffer med tunna linser och lager av kalksten (max. 10,5 m). Skifferlagerföljden innehåller välbevarade kambriska fossil. Från andra lokaler, t.ex. Hoverbergets nordsida, utgör en tunn horisont av vittringsbrecchia eller grusiga konglomerat bottenbildningar till den autoktona lagerföljden.

De mäktigaste förekomsterna av den autoktona paleozoiska berggrunden finns i trakterna av Åsarne. Här överlagras kambrisk Kläppeskiffer av ganska mäktiga lager av ordovicisk kalksten, vilken i blottningar i Kvarnbäckens övre lopp med biflöden innehåller fossil från såväl under- som mellanordovicium (Karis 1998 s. 65). Packen med sedimentbergarter, mellan det kristallina underlaget och bergarter inom undre skollberggrunden, uppskattas vara ca 105 m mäktig. Mot nordväst är mäktigheten betydligt mindre, och redan ca 2 km längre norrut saknas den mellanordoviciska kalkstenen (Karis 1998). Strax väster om kartområdet 18E SO, vid Nord-Hallen, är den autoktona lagerföljden väl känd genom kärnbörningar utförda av SGU 1978 (Shaikh m.fl. 1989).

Undre skollberggrund inom Kaledoniderna

Den undre skollberggrunden i kartområdet 18E SO förekommer, förutom i kartområdets västra del, även som isolerade erosionsrester öster därom. Särskilt i dessa östliga utliggare dominerar ljus massformig Vemdalskvartsit. Denna har även stor utbredning i kartområdets västra del, men där är inslaget av relativt lätteroderade slamstenar och skiffar avsevärt större. Den undre skollberggrunden innehåller också proterozoisk kristallin berggrund. Mest framträdande i landskapet är de sura vulkaniterna i Hoverberget (fig. 3h). Skivor av granitmylonit och mylonitiserade mafiska bergarter förekommer också i den undre skollberggrunden.

Mineraliseringar och nyttosten

De svekofenniska vulkaniterna i kartområdets norra del innehåller en del sulfidmineraliseringar som varit föremål för en viss prospektering. Av de förekomster som är kända har bara Tjärnberget (3h) besökts inom projektet. Den upptäcktes 1974 och Boliden Gruv AB utförde ett antal kärnborrhål i området. Förekomsten karakteriseras som en massiv sulfidmineralisering och domineras av svavelkis, zinkblände, magnetkis, blyglans och kopparkis (Persson 1990).

I trakten söder om Grötvågen, Vikbäckviken (4g) och Gruvberget (Monäset 2i) förekommer också obetydliga sulfidmineraliseringar (Sundblad 1994) i mafiska bergarter.

Krossbergsprodukter utvinns från såväl granit som kvartsit. I det förra fallet är det granitoider från grupp B som bryts i trakten sydost om Bingsta (2h), medan Vemdalskvartsit för närvarande bryts i Stor-Kallhögen (0h).

Geofysiska undersökningar

Rune Johansson

Befintlig information

Geofysiska mätningar från flygplan utfördes 1977 av SGU och omfattade magnetiska (fig. 4), radiometrisk (fig. 5 och 6) och elektromagnetiska (VLF) mätningar. Vid VLF-mätningen nyttjades enbart en sändare, vilket var standard vid denna tid. Mätningens riktning var ost-västlig med 200 meters linjeavstånd och nominell flyghöjd på 30 meter.

Inom delar av kartområdet utförde NGU under vintern 2000–2001 magnetiska, radiometrisk och elektromagnetiska (VLF och 5-frekvens slingram) mätningar från helikopter (fig. 7). Mätningarna utfördes på uppdrag av Jämtlands Mineral AB. Mätningens riktning var nordostlig och linjeavståndet 200 meter. Helikopterns nominella flyghöjd var 60 meter, vilket innebär att respektive sensorhöjden var 30 meter för magnetometer och slingram, 50 meter för VLF-mottagaren och 60 meter för spektrometern.

Tyngdkraftsmätningar har utförts vid olika tillfällen och kompletterande mätningar utfördes under 2004. Mätpunktstätheten, sjöarna undantagna, är cirka 0,5 punkter per km².

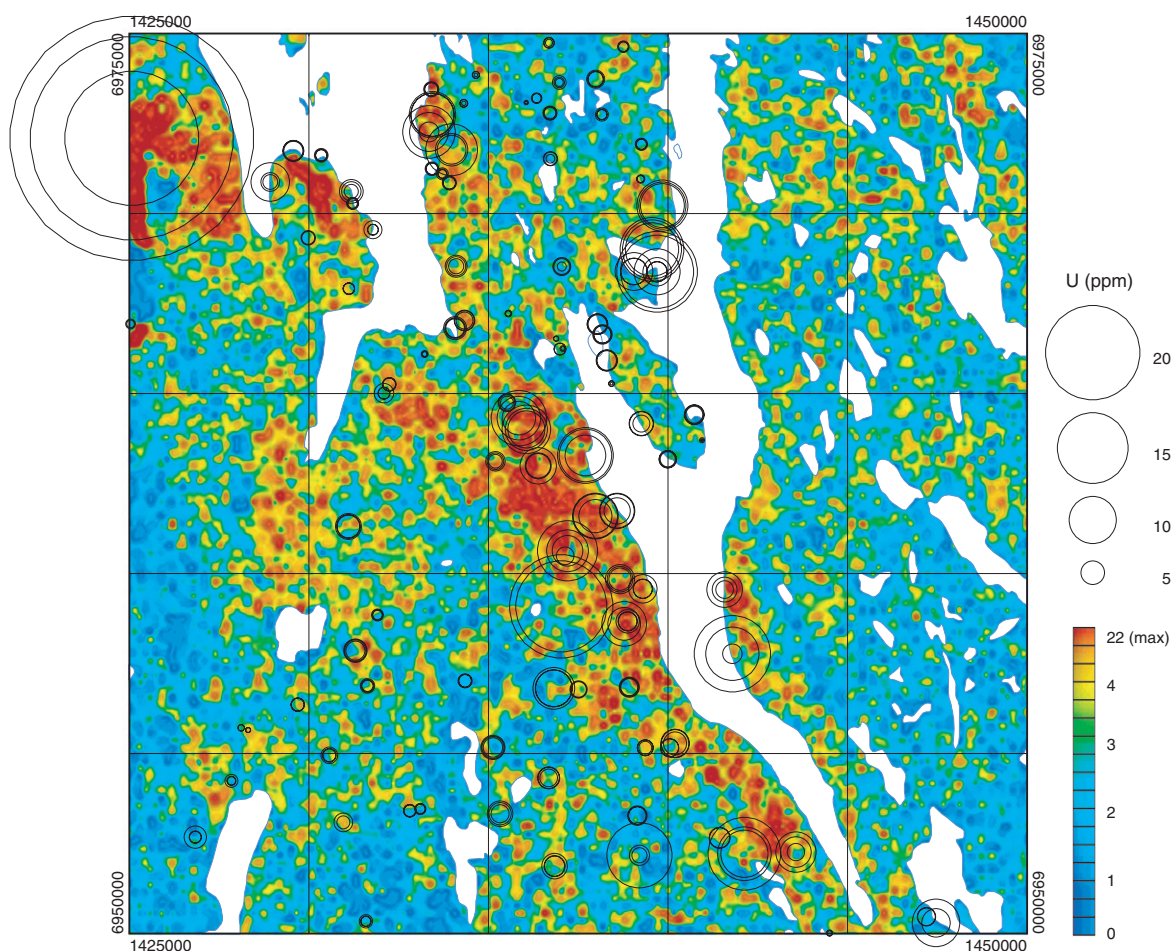


Fig. 5. 18E Hackås SO. Karta över markens uranhalt samt resultat av spektrometermätningar på hälltor.

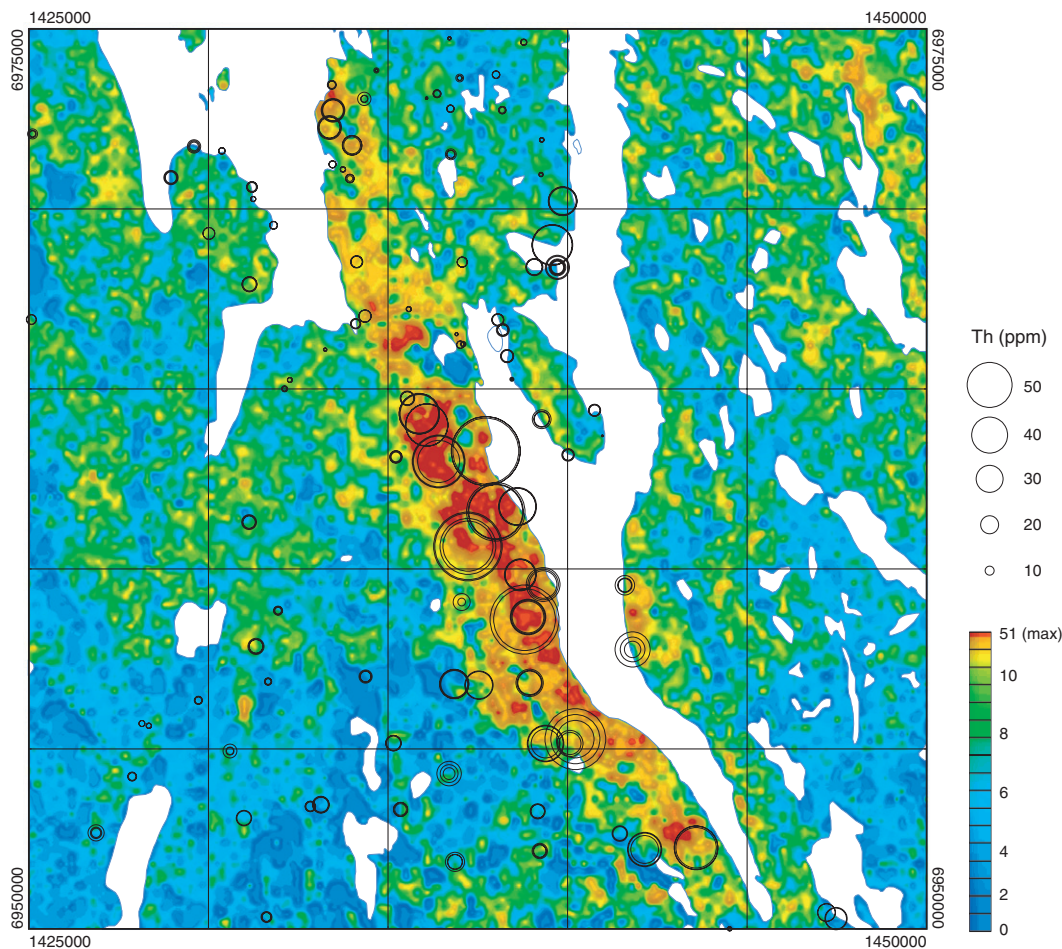


Fig. 6. 18E Hackås SO. Karta över markens toriumhalt samt resultat av spektrometermätningar på hälltytor.

Fältarbete

Fältarbetet under 2004 har omfattat mätning med gammaspektrometer på 108 hällar, främst inom den centrala delen av kartområdet. Den västra delen som täcks av fjällbergarter har undersökts sparsamt. Lokalerna för spektrometermätning framgår av figurerna 5 och 6. I samband med spektrometermätningarna har provtagning gjorts för parametermätning (densitet och magnetiska egenskaper). Prov (vanligen ett, ställvis flera) har om möjligt tagits vid varje spektrometerlokal, totalt 102 stycken. Parametermätningarna kommer att göras i början av 2005.

Mätning med hällsusceptimeter har gjorts både i samband med spektrometermätningarna och i samband med berggrundskarteringen (se fig. 4). Kompletterande mätningar (utöver de ovan beskrivna lokalerna) av totalstrålning och magnetisk susceptibilitet har gjorts för att avgränsa vissa anomalier.

Profilmätning med magnetometer har gjorts inom områdets norra, centrala del (fig. 7) för att närmare undersöka den sekvens av omväxlande granitoider och mafiska djupbergarter som uppträder i detta delområde (fig. 2, delrutorna 3 g–h).

Analys av årets insamlade data, inklusive resultaten från parametermätningarna samt tolkning av flyggeofysisk information och tyngdkraftsdata kommer att göras under våren 2005. Detta kommer att utgöra ett delunderlag för planeringen av det kommande fältarbetet. Nedan presenteras översiktliga kommentarer till några befintliga dataset (magnetometri och radiometri) utifrån resultaten av 2004 års fältarbete. Använda beteckningar (granitoid grupp A, granitoid grupp B etc.) refererar till berggrundskartan (fig. 2).

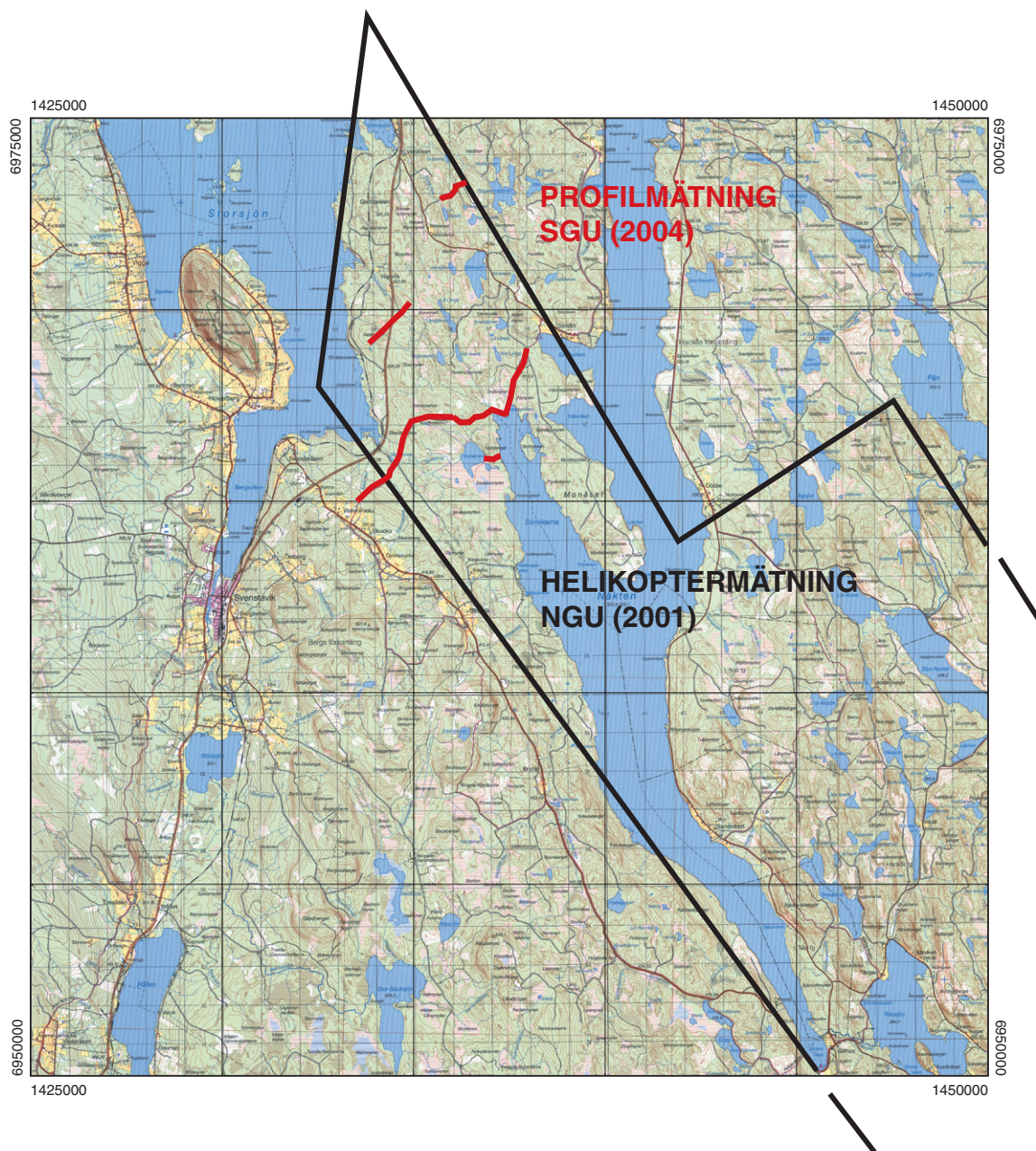


Fig. 7. 18E Hackås SO. Område inom vilket helikoptermätning utförts av NGU samt läget av magnetiska profilmätningar 2004.

Flygmagnetiska data och magnetiska profilmätningar

I de västra och sydvästra delarna av kartområdet uppträder den relativt sett magnetiska Rätangraniten, som längst i väster samt i den centrala delen är täckt av lågmagnetiska fjällbergarter (fig. 4). Rätangraniten omsluter i den södra delen av området granitoidgrupp A, som uppvisar en något lägre susceptibilitet och därmed framträder som en negativ anomali på den magnetiska kartan.

I ett nordvästligt stråk genom områdets centrala del återfinns granitoidgrupp B som är huvudsakligen lågmagnetisk. De magnetiska anomalierna, i synnerhet i den norra delen av stråket, orsakas i de flesta fall av vulkaniter och basiska intrusivbergarter. Bergarterna är dock inte generellt magnetiska, och dessutom uppvisar även granitoiderna ställvis en något förhöjd susceptibilitet. Denna centrala del av området korsas av uthålliga, nordnordvästligt strykande deformationszoner som syns tydligt i det magnetiska anomalimönstret. Zonerna utgör delar av den så kallade Storsjön–Edsbyzonen.

Magnetiska profilmätningar (fig. 7) har utförts i syfte att mer i detalj undersöka några av de magnetiska anomalier som orsakas av vulkaniter och basiska intrusivbergarter. Profilmätningarna som utfördes med 10 meters punktavstånd och mätningar på hållar längs profilerna, visar att vulkaniternas susceptibilitet varierar kraftigt över korta avstånd (meterskala).

Nordost om det centrala stråket domineras berggrunden, att döma av den kartläggning som gjorts under året i kombination med flygmagnetiska data, av granitoidgrupp C ("Revsundslika" granitoider). Inslag av exempelvis mafiska gångar tycks också förekomma. En kraftig anomali i kartområdets östra, centrala del (1–2 j) orsakas av en stor gabbrokropp.

Radiometriska data

Granitoidgrupp B i den centrala delen av kartområdet uppvisar ett markant avvikande strålningsmönster jämfört med omgivningen (fig. 5 och 6). Spektrometermätningarna på hälltor visar vidare, att den förhöjda strålningen härrör från berggrunden. Orsaken till anomalimönstret är granitoider med förhöjd halt av uran men framför allt, och mer distinkt, av torium. En del av granitoidgrupp B, som finns längs Näktens västra strand och upp mot Storsjön, skiljer sig därigenom från granitoiderna i grupp C, medan bergarterna i området strax nordost därom påminner om de i grupp C. De båda granitoidgrupperna är svåra att skilja åt i fält, men det är möjligt att strålningsmätningarna och parametermätningarna kan bidra till att lösa problemet. Det fortsatta kartläggningsarbetet får utvisa om så är fallet.

I kartområdets nordvästra hörn återfinns kraftiga urananomalier, både i flygmätta data och i ett fall från mätningar på håll. Hällmätningen som gett mycket höga uranhalter är gjord på alunskiffer. Detsamma gäller för övrigt den höga uranhalt som uppmätts på en håll i områdets centrala del och som inte åtföljs av förhöjda toriumhalter, jfr figurerna 5 och 6. Det är sannolikt att flera av uranomalerna längs fjällranden, vilka inte korrelerar med toriumanomalier, orsakas av alunskiffer i håll eller i morän.

19E ÖSTERSUND NO

Linda Wickström

Introduktion

Under sommaren 2004 har Linda Wickström och extrageolog Stefan Persson under 7 respektive 5 veckor karterat hela kartområdet 19E Östersund NO, men den geologiska kartan är ännu inte sammanställd i digital form. En översiktlig hållbild och topografisk information visas i figur 8. Tidigare karteringsverksamhet i området, utförd av SGU, finns publicerad av Thorslund (1940), samt Strömberg m.fl. (1984). Nya skogsvägar har möjliggjort en förtätning av hällobservationerna, vilka i jämförelse med tidigare karteringar har inneburit en något förändrad kartbild.

Berggrunden i kartområdet tillhör den undre skollberggrunden och består till största delen av sedimentära bergarter. I väster domineras området av Föllingeformationens gråvackor och skiffrar, medan den östliga berggrunden domineras av Isökalksten och Andersöskiffer. I området runt Ringsta och Husås (6–7j) förekommer formationer, vilka är typiska för området runt Häggenås (19F NV), dvs. Öråskiffer och Slandromkalksten. Ringsta- och Husåslokalerna är de västligaste som visar dessa formationer. Gränsen mellan ordovicium och silur finns väl blottad i Kälom (7f). Sedimenten är avsatta under äldre paleozoikum (kambrium till silur) och representerar rampfacies på Baltikas kontinentalsockel (Karis och Strömberg 1998).



Fig. 8. 19E Östersund NO. Förenklad topografisk karta.

Stratigrafi

Prekambrium

En håll av tidigare ej dokumenterad prekambrisk, starkt kataklastisk berggrund har påträffats i ett mindre område öster om Millestgårdsbodarna (fig. 9a, 7042673/1441508, koordinater i rikets nät). Sannolikt har ursprungsbergarten varit en granit eller en felsisk vulkanit.

Kambrium

Kambrium representeras i området av Kläppeformationen, vilken kan korreleras med Alunskifferformationen i södra Sverige. Kläppeformationen består av en svart skiffer med talrika kalklinser, så kallade orstenar. Skiffern har en hög halt av organiskt material, och färskta ytor av orstenarna har en karaktäristisk doft av petroleum. Inga nya blottningar av Kläppeformationen har påvisats och hållarna från länskarteringen finns ej längre kvar. De var dock tillgängliga under byggandet av väg 339 (Lars Karis, muntl. medd.).



Fig. 9. Fotografier av bergarter från 19E Östersund NO. Koordinater i rikets nät. **A.** Prekambrisk kataklastisk bergart (7042673/1441508, delruta 8 i). **B.** Isökalksten vid Sladderforsen (7028397/1441938, delruta 5 i). Notera överskjutning i det antiklinala veckets vänstra ben. **C.** Den leriga övre delen av Isökalkstenen. Långan, nedströms Klöstafallet (7025608/1444055, delruta 5 i). **D.** Överskjutning i Andersöskiffern (7031403/1439102, delruta 6 h). Till höger ser man ett exempel på den mer siltiga delen av Andersöskiffern. **E.** Gränsen ordovicium-silur. Övergången mellan Kogstaskiffer och Edekvartsit i Käalom (7042266/1425014) markeras av huvudet på hammaren.

Ordovicium

Den ordoviciska lagerföljden finns representerad av ett antal formationer bildade i skilda avsättningsmiljöer. I kartområdet finns två litologiskt olika ordoviciska kalkstenar, en gråvackeenhet och tre skifferenheter.

Isökalkstenen. Isökalkstenen är äldst av kalkstenarna, och dess konodontfanua har visat att den avlagrades under en tidsperiod som sträcker sig mellan mellersta arenig och mellersta llanvirn (mellanordovicium, Rasmussen 2001). Formationen har korrelerats med Steinformationen i Osloområdet (Rasmussen 2001). Isökalkstenen är en jämngrå, bankad kalksten (fig. 9b) vars övre del är karaktäriserad av en lerig kalksten. Den litologiska förändringen tyder på en faciesförändring. Bland de vanligast förekommande makrofossilen är ortoceratiter. Isökalkstenen förekommer i större områden vid Lundsjön (9h), längs med Långan nedströms väg 339 (5i, 6h), på Gällsåsberget (5j) samt väster om vägen utmed Härkan (7i). Den övre, leriga delen av Isökalkstenen finns väl blottad vid Långans strand nedströms Klöstafallen (5i, fig. 9c).

Andersöskiffer. I kartområdet finns det tre formationer som domineras av skiffer. Andersöskiffer är den äldsta och pålagrar Isökalkstenen. Den är en svart skiffer med inslag av kalkstenlinsor, liknande de som finns i alunskiffern, samt band av siltig kalksten (fig. 9d). Andersöskiffers totala tjocklek har varit svår att bedöma i området på grund av tektonisk påverkan. Skiffern är avsatt på yttre delen av den dåtida kontinentalsockeln, och små vågmärken (våglängd 2 cm) förekommer (7040745/1448320, koordinater i rikets nät). De har antagligen bildats av lokala strömmar på havsbotten. Ett flertal nya fossillokaler har dokumenterats i samband med karteringen. I Kvarnbäcken (7038354/1446604, koordinater i rikets nät) förekommer bland annat graptoliter, mikrogastropoder och cephalopoder. Faunan påminner om den som finns vid Lövtorpet på Frösön (L. Karis muntl. medd.).

Föllingeformationen. Den västra delen av kartområdet domineras av Föllingeformationens gråvackor, vilka till största delen består av distalt bildade gråvackor med inslag av skifferenheter. I kartområdet överlagrar Föllingeformationen Andersöskiffern. Föllingeformationen är relativt fattig på fossil, men en graptolit har hittats under karteringen 2004, vilket bekräftar formationens ordoviciska ålder (7043618/1426399, koordinater i rikets nät).

Öråskiffer. Öråskiffern avsattes under caradoc (överordovicium) och är likåldrig med delar av Kogstaskiffern, speciellt i området runt Föllinge och Alsen-Offerdal (Karis & Strömberg 1998). Dess litostratigrafiska läge är mellan Andersöskiffern och Slandromkalkstenen. Öråskiffern är en svart skiffer med kalkstenslinsor som i kartområdet har dokumenterats runt Ringsta (6j).

Slandromkalksten. Den andra ordoviciska kalkstenen i området är Slandromkalkstenen, vilken avlagrades under överordovicium (Karis & Strömberg 1998). Slandromkalkstenen uppträder i området som en mörkgrå, oregelbundet lagrad kalksten. Den överlagrar Öråskiffern och förekommer i kartområdets östra delar runt Ringsta (6j).

Kogstaskiffer. Kogstaskiffer är den yngsta (caradoc–ashgill, överordovicium) av de tre skifferformationerna och utbildades vid tiden före den hirnantiska glaciationen på Gondwanakontinenten (Dahlqvist & Calner 2004). Kogstaskiffern är till skillnad från Andersöskiffern och Öråskiffern siltigare och därmed urskiljbar från dessa. I de fall där turbiditer finns bevarade i Kogstaskiffern, är denna i vissa fall svår att skilja från Föllingeformationens distala gråvackor. Hällar av Kogstaskiffer har främst hittats i området runt Kälom samt öster om Härkan under denna kartering. De har kompletterats med omnämnda, men ej återfunna hällar från länskartans beskrivning (Karis & Strömberg 1998). I Kälom finns en av de viktigaste lokalerna i Kogstaskiffern, jämte typlokalen i Edefors. En fauna bestående av brachiopoder, krinoidéer, bryozoer och trilobiter har hittats, 3–4 meter under kontakten mot Edekvartsiten. Denna fauna är med största sannolikhet av samma ålder som de fossil av Hirnantiatyp som hittats vid typlokalen för Edekvartsiten i Edefors (L. Karis muntl. medd.).

Gränsen ordovicium–silur

Tidigare studier av bland andra Thorslund (1943), Cherns & Karis (1995), Dahlqvist (2004) samt Dahlqvist & Calner (2004) har visat, att gränsen ordovicium–silur representeras av Ede- och Kyrkåsformationerna i kartområdet.

Kyrkåsformationen. Kyrkåsformationen representerar de östligaste delarna av den senordoviciska, klassiska sedimentationen. Dahlqvist (2004) har beskrivit två regressionsfacies inom Kyrkåsformationen, där den första representerar en sänkning av den globala havsnivån i samband med nedisningen på Gondwana. Den övre delen av formationen är borteroderad, vilket innebär att gränsen mot silur inte har kunnat fastställas. Kyrkåskvartsiten och Edekvartsiten är delvis litologiskt mycket snarlika och svåra att skilja åt. Det finns ingen dokumenterad håll av Kyrkåsformationen i kartområdet, men en hällobservation strax utanför kartans gräns, (7040120/1451216, koordinater i rikets nät) visar att enheten troligen sträcker sig in i kartområdet.

Edekvartsiten. Edekvartsiten är den formation i området som med störst säkerhet representerar den mycket viktiga gränsen mellan ordovicium och silur (fig. 9e). Den är utbildad ovanpå Kogstaskiffen, men under den aeroniska (äldre silur) Bergekalkstenen. I det aktuella kartområdet finns Edekvartsiten representerad i Kälom (8f), där den består av kvartsitbankar som endast är några dm tjocka och mellanlagrade av kalcithaltiga lager, där bland annat koraller av *Favosites* sp. har påträffats. Detta är en litologi som är typisk för den övre delen av formationen. Den undre delen är mycket svagt utbildad eller saknas vid samma lokal. Den uppskattade tjockleken av Edekvartsiten i Kälom är 2–4 meter. Spårfossil har också påträffats i kontakten med mer leriga lager. Dahlqvist & Calner (2004) har visat att Edekvartsiten avsattes både innan och efter den stora nedisningen på Gondwana i slutet av ordovicium. Den avspeglar därför de globala förändringarna av havsnivån under senordovicium, och via ett väldefinierat sedimentationsavbrott har den lägsta havsnivån under den hirnantiska nedisningen definierats. Gränsen mellan ordovicium och silur antas ligga här. Den undre delen av formationen representerar således en regressionsfacies, medan den övre delen är ett typiskt exempel på en transgressionsfacies. Lokalen vid Österulvsåsen (7042740/1425617, koordinater i rikets nät) är både bättre blottad och mer tillgänglig än typlokalen i Edefors (19E NV). Det är därför en utmärkt exkursionslokal för gränsen ordovicium–silur i Storsjöområdet.

Silur

Bergekalkstenen. Bergekalkstenen är den yngsta formationen inom kartområdet. En nyligen utförd biostratigrafisk datering (konodonter) har visat att den är från mellersta delen av äldre silur (aeronian, Dahlqvist & Calner 2004). Övergången mellan Edekvartsiten och Bergeformationen består av kvartsitbankar och kalksten i växellagring. Basen för Bergekalkstenen är definierad till överytan av den översta kvartsitbanken. Den övre delen av Bergekalkstenen består av grå till mörkt grå, massiv kalksten som är oregelbunden bankad. Kalkstenen avsattes på ett djup av uppskattningsvis 15 m och representerar en fortsatt transgressiv faciesutveckling (Dahlqvist & Calner 2004).

Tektonik

De tektoniska dragen i området följer de som tidigare har dokumenterats i Jämtland (se Karis och Strömberg 1998). Den vanligaste observerade vecktypen har brantstående, mot sydost eller öster överstjälpta veckaxelplan. Lokala överskjutningar subparallella med veckaxelplanet är vanligt förekommande (fig. 9b). Vecktypen är väl blottad i stenbrottet vid Näversjöberg (7g), där ett stort antiklinalt veck har en brantstående, mot öster överstjälpt veckben. I detta ligger den äldsta formationen, Isökalkstenen, överst. Nedåt följer Andersöskiffen och underst ligger den yngsta enheten, Föllingformationen. Andersöskiffen har fungerat som en glidyta, på vilken Isökalkstenen har skjutits över mot sydost efter veckningen av bergarterna. Stenbrottet ligger mitt i veckaxeln och det västliga (översta) veckbenet är borteroderat.

Tre överskjutningar inom den undre skollberggrunden har identifierats, 1) öster om Lundsjön, 2) området strax väster om Millestgårdsbodarna (8i) mot sydväst förbi Aspås samt 3) väster om Gällstaberget, förbi den västra delen av Husås-Ringsta. Den sistnämnda överskjutningen har tidigare uppmärksamats av Thorslund (1940), men är inte markerad på länskartan.

Naturreсурser

Det finns ett stenbrott vid Näversjöberg (7035990/1433564, koordinater i rikets nät) där man tidigare har brutit Isökalksten.

Tidigare moränprovtagningar inom området har visat på en metallanomali i Krokomområdet (Hallberg & Lax 1998). Huruvida den är kopplad till berggrunden i området är ännu oklart.

REFERENSER

- Bergman, S., Högdahl, K. & Sjöström, H., 2004: Shear zones in the Råtan and southern Revsund areas. *I* K. Högdahl, U.B. Andersson & O. Eklund (red.): The Transscandinavian Igneous Belt (TIB) in Sweden: a review of its character and evolution. *Geological Survey of Finland Special Paper 37*, 89–101.
- Cherns, L. & Karis, L., 1995: Late Ordovician – Early Silurian transgressive sedimentation in the Jämtland basin, central Swedish Caledonides. *GFF 117*, 23–30.
- Claesson, S. & Lundquist, T., 1995: Origins and ages of Proterozoic granitoids in the Bothnian Basin, central Sweden; isotopic and geochemical constraints. *Lithos 36*, 115–140.
- Dahlqvist, P., 2004: Late Ordovician (Hirnantian) depositional pattern and sea-level change in shallow marine to shoreface cycles in central Sweden. *Geological Magazine 141*, 605–616.
- Dahlqvist, P. & Calner, M., 2004: Late Ordovician palaeoceanographic changes as reflected in the Hirnantian – early Llandovery successions of Jämtland, Sweden. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 210*, 149–164.
- Delin, H., 1996: U-Pb zircon ages of granitoids in the Kårböle region, central Sweden. *IT. Lundqvist (red.): Radiometric dating results 2. Sveriges geologiska undersökning C 828*, 6–14.
- Delin, H. & Aaro, S., 2002: Berggrundskartan 17F Ånge NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 172*.
- Gorbatshev, R., 1997: Beskrivning till berggrundskartan över Jämtlands län. Del 1: Urberget *Sveriges geologiska undersökning Ca 53:1*, 250 s.
- Hallberg, A. & Lax, K., 1998: The Krokom anomaly explored but never explained. Mineralkontoret. *Sveriges geologiska undersökning*.
- Högbom, A.G., 1894: Geologisk beskrivning över Jämtlands län. *Sveriges geologiska undersökning C 140*, 106 s.
- Högdahl, K., 2000: Late-orogenic, ductile shear zones and protolith ages in the Svecofennian Domain, central Sweden. Avhandling. *Meddelanden från Stockholms universitets institution för geologi och geokemi 309*.
- Karis, L., 1998: Jämtlands östliga fjällberggrund. *I* Karis, L. & Strömberg, A.: Beskrivning till berggrundskartan över Jämtlands län. Del 2: Fjälldelen. *Sveriges geologiska undersökning Ca 53:3*, 6–184.
- Karis, L. & Strömberg, A.G.B., 1998: Beskrivning till berggrundskartan över Jämtlands län. Del 2: Fjälldelen. *Sveriges geologiska undersökning Ca 53:2*, 363 s.
- Gee, D.G., Snäll, S. & Stejskal, V., 1982: Alunskifferprojektet – Undersökningar mellan Östersund och Svenstavik. *Sveriges geologiska undersökning PRAP 82502*.
- Persson, A.L., 1990: Tjärnberget. Mineralogisk undersökning av en sulfidmineralisering i Bergs kommun, Jämtland. Opublicerad avhandling. *Stockholms universitet*, 32 s.
- Rasmussen, J.A., 2001: Conodont biostratigraphy and taxonomy of the Ordovician shelf margin deposits in the Scandinavian Caledonides. *Fossils and Strata 48*, 1–179.
- Shaikh, N.A., Karis, L., Kumpulainen, R., Sundberg, A. & Wik, N.-G., 1989: Kalksten och dolomit i Sverige. Del 1. Norra Sverige. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 54*, 380 s.
- Strömberg, A., Karis, L., Zachrisson, E., Sjöstrand, T., Skoglund, R., Lundegårdh, P.H., Gorbatshev, R. & Kornfält, K.-A., 1984: Karta över berggrunden i Jämtlands län. *Sveriges geologiska undersökning Ca 53*.

- Sundblad, K., 1994: Paleoproterozoic ore-bearing Mg-rich greenstone belts at Hackås, central Sweden. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 94015*.
- Thelander, T., 2003: Östersund-Hackås. I H. Delin (red.) Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2003. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 116*, 33–39.
- Thorslund, P., 1940: On the Chasmops series of Jemtland and Södermanland (Tvären). *Sveriges geologiska undersökning C 436*, 191 s.
- Thorslund, P., 1943: Gränsen ordovicium–silur inom Storsjöområdet. *Sveriges geologiska undersökning C 455*, 19 s.

E-post: torbjorn.thelander@sgu.se

linda.wickstrom@sgu.se

rune.johansson@sgu.se

Moskosel–Harads

Benno Kathol och Sven Aaro

ALLMÄN INLEDNING

Projektet ”Moskosel–Harads, baskartering berg” omfattar kartområdena 25J Moskosel och 25K Harads (fig. 1). Syftet är att skapa berggrundsgeologiskt underlag för en långsiktig hållbar resurshandtering inom delar av Norrbottens län samt att skapa planerings- och beslutsunderlag för företag, kommuner, länsstyrelser och allmänheten. Resultaten kommer att redovisas i form av berggrundsgeologiska och geofysiska databaser samt tryckta berggrundskartor i skala 1:50 000. Arbetet genomförs enligt normer givna i SGUs program för baskartering. Karteringen inom projektet har pågått under sommaren 2004 inom kartområdet 25J Moskosel NV där ca 538 km² karterats.

De geologiska fältarbetena omfattar 29 personveckor och har utförts av Fanny Hartvig (SGU), Christina Lundmark (Luleå tekniska universitet) och Charlåtta Brandt (Stockholms universitet). Det har gjorts 925 hällobservationer, ett dateringsprov har tagits, 24 prover för kemisk analys och ca 80 prover för tillverkning av tunnslip har samlats in. Lägena för hällobservationerna, kemiproverna och dateringsprovet framgår av figur 2.

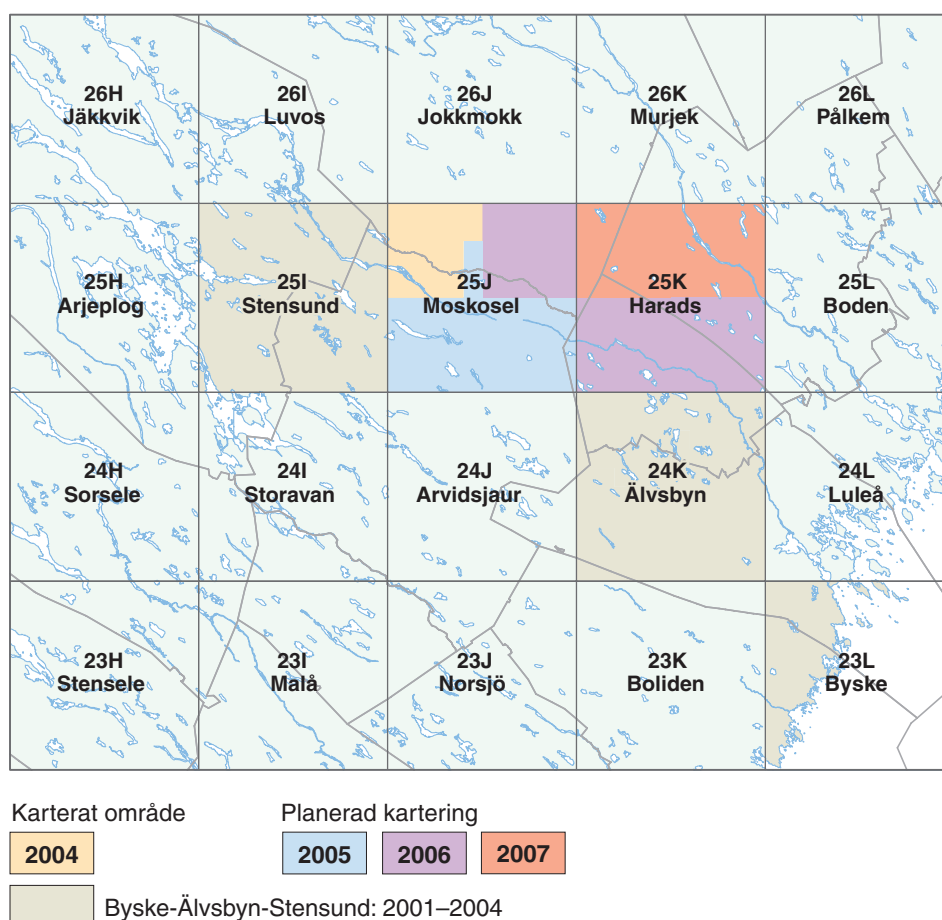


Fig. 1. Genomförd och planerad karteringsverksamhet inom projektet.

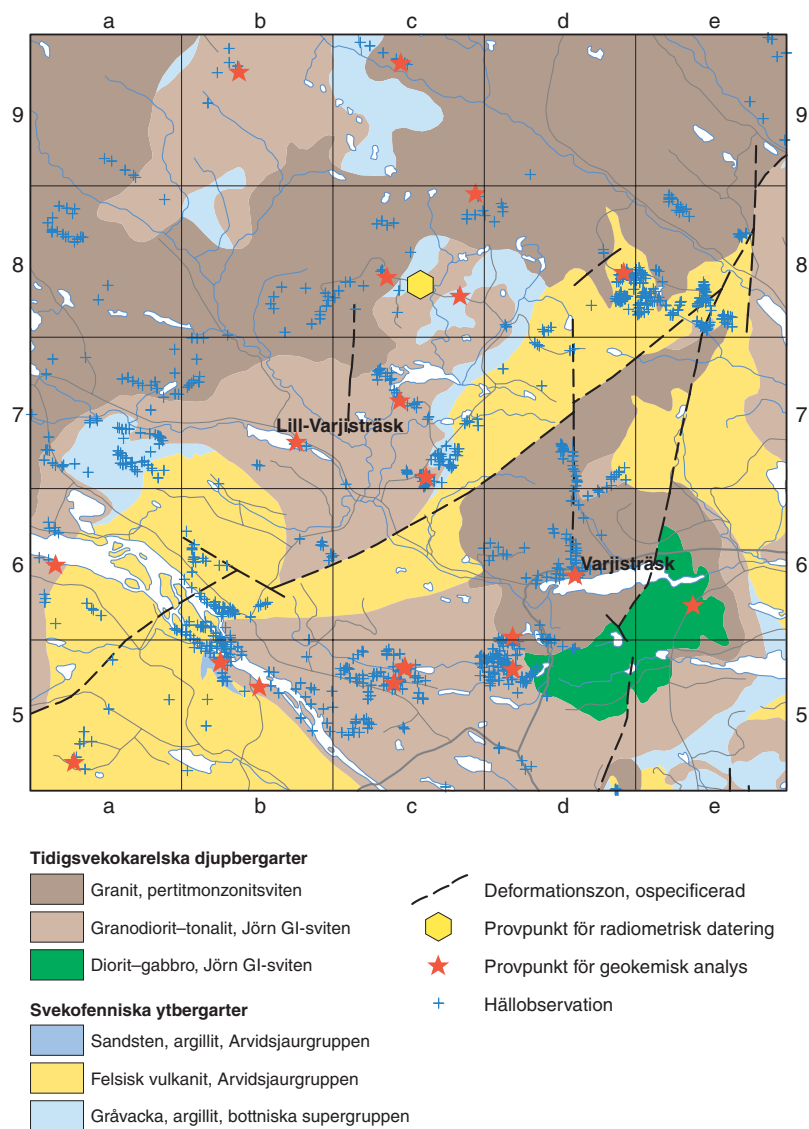


Fig. 2. Berggrundsgeologisk karta över området 25J Moskosel NV (modifierad efter Walsler 1979). Hällobesättningarna samt provpunkterna för dateringsprovet och de kemiska bergartsanalyserna är inlagda.

De geofysiska undersökningarna har utförts av Sven Aaro (SGU) och Johan Jönberger (Uppsala universitet). Under 9 personveckor har 99 lokaler besökts, 230 spektromettermätningar genomförts och 54 petrofysikprover samlats in. Dessutom har magnetiska och elektromagnetiska markmätningar utförts längs 16 profiler. Lägena för de geofysiska fältobservationerna framgår av figur 3.

Bearbetningen av det insamlade materialet är planerad till våren 2005, vilket innebär att en preliminär geologisk och geofysisk tolkning av resultaten från fältarbetena inte föreligger i skrivande stund.

BERGGRUNDEN I OMRÅDET

Berggrunden tillhör i sin helhet den fennoskandiska skölden. Områdets troligen äldsta bergarter är marint avsatta gråvackor, sandstenar och lerskiffrar. Under en sen fas av denna sedimentation bildades

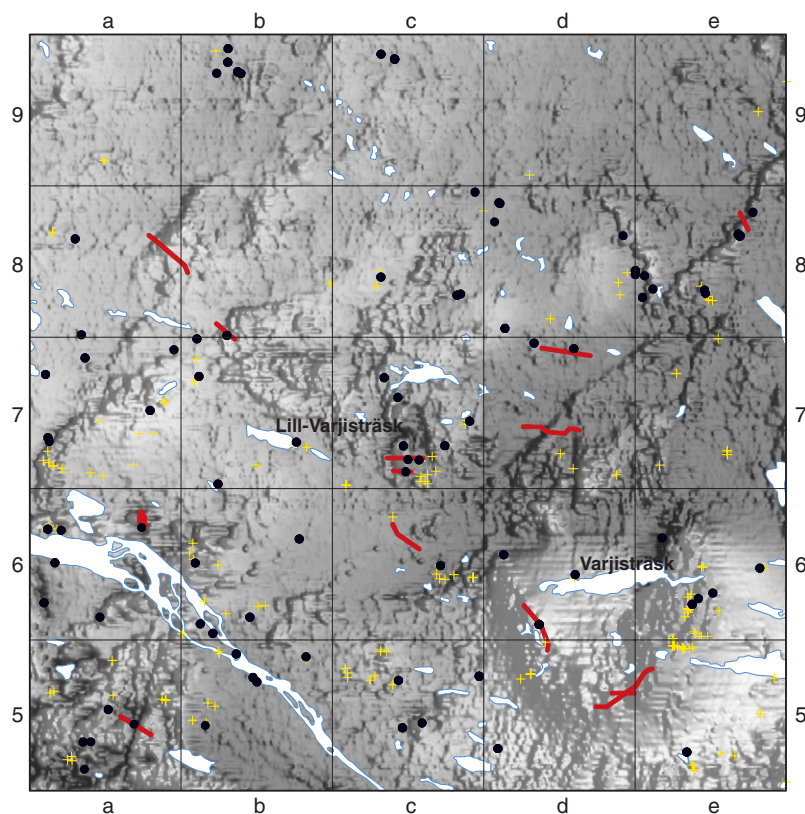


Fig. 3. Kartan visar magnetfältsanomalier och geofysiska fältobservationer inom kartbladet 25J Moskosel NV. Svarta punkter markerar hällobesattningspunkter (i undantagsfall block), röda linjer profilmätningar med magnetometer och/eller VLF-instrument under fältsäsongen 2004. Läget för äldre petrofysiska data är markerade med plustecken.

vulkaniska bergarter i marina och terrestriska öbågar, huvudsakligen i den norra delen av och norr om ett större havsområde som kallas bottniska bassängen. Dessa sedimentära och vulkaniska ytbergarter intruderades sedan av tidigsvetikokarelska djupbergarter. Under huvudfasen av den svekokarelska orogensen (bergskedjeveckning för ca 1 900–1 800 miljoner år sedan) nedsänktes den ovan beskrivna berggrunden till större djup i jordskorpan och bergarterna omvandlades under höga tryck- och temperaturförhållanden (metamorfos). Beroende på bergarternas läge i det orogena bältet blev de i olika grad deformerade och omkristalliserade. Gråvackorna, sandstenarna och lerskifferarna omvandlades delvis till paragnejser eller kvartsiter och djupbergarterna till ortognejser.

Under en sen fas av den svekokarelska orogensen intruderades den deformerade berggrunden i projektområdet och dess omgivning av stora mängder magma, som stelnade till utsträckta granit- till monzonitintrusioner. Beroende på magmornas ursprung indelas de i sen- till postsvekokarelska bergarter i Skellefte–Härnösviden och bergarter som tillhör Revsundssviden. De senare räknas till det så kallade transskandinaviska magmatiska bältet (TMB). De yngsta bergarterna i projektområdet är gångbergarter av olika slag.

REFERENSER

Walser, G., 1979: 25J Moskosel, preliminary geological map. *Sveriges geologiska undersökning MK 2*.

E-post: sven.aaro@sgu.se benno.kathol@sgu.se

Tätortsprojekt. Kartor 1:50 000 och 1:250 000

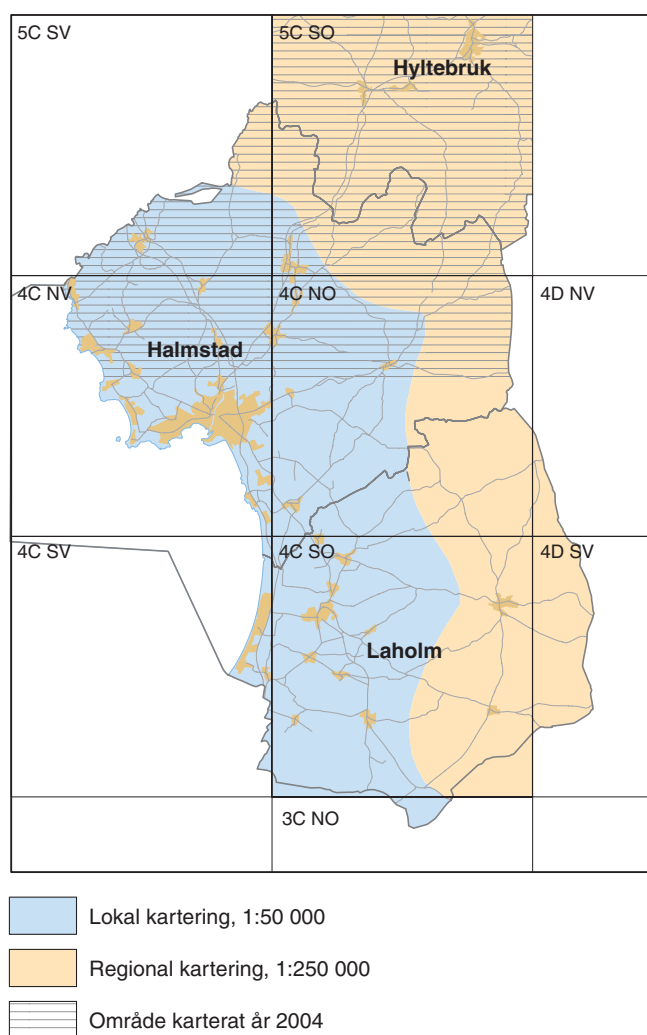
Södra Halland, berg

Maria Carlsäter

INLEDNING

Omfattningen av projektområdet "Södra Halland berg, lokal och regional" framgår av figur 1. Flygmätta magnetiska och radiometriska data täcker hela projektområdet. VLF-data är uppmätt med två sändare över hela projektområdet, vilket innebär att man får en riktningsoberoende respons.

Under sommaren har kartering pågått i den norra delen av området (fig. 1). Geofysiskt fältarbete har utförts över ca 720 km² i skala 1:250 000 och för ca 450 km² i skala 1:50 000. Totalt skall 2 380 km² karteras. Geofysiskt fältarbete i de resterande områdena är planerat till sommaren 2005. Årets geofysiska fältarbete i södra Halland omfattade 8 veckor för lokal kartering och 2,5 veckor för regional kartering. Under den tiden har anomalier på de flygmätta geofysiska kartorna följts upp och hållmätningar av gammastrålning samt magnetiserbarhet utförts. Sammanlagt har 601 gammastrålningsmätningar gjorts, fördelat på 228 hållar. Petrofysikprover har samlats in från 139 lokaler. Elektromagnetiska och magnetiska profilmätningar har utförts för att följa upp anomalier från flygmätta data.



GEOFYSISKA DATA

Magnetiska och elektromagnetiska data samt topografiska höjddata har använts som underlag för lineamentstolkningen. Södra Halland domineras av västnordvästliga lineament samt nord-sydliga till nordostliga lineament, som i den norra delen av området böjer av till en mer nordlig till nordnordvästlig riktning. Speciellt på den topografiska kartan är de nord-sydliga lineamenten framträdande (fig. 5). I flera fall, längs de nord-sydliga lineamenten, syns en skillnad i magnetiseringsnivå mellan de östra och västra sidorna, som tyder på rörelser med en vertikal komponent. Modelleringar av magnetiska data och tyngdkraftsdata stöder detta.

Den magnetiska anomalikartan (fig. 2) ger viktig information om strukturella drag i berggrunden och utgör ett stöd för gränsdragningar mellan skilda bergartsområden. Den magnetiska bilden över berggrunden i Halland är svårtolkad,

Fig. 1. Projektområdet Södra Halland.

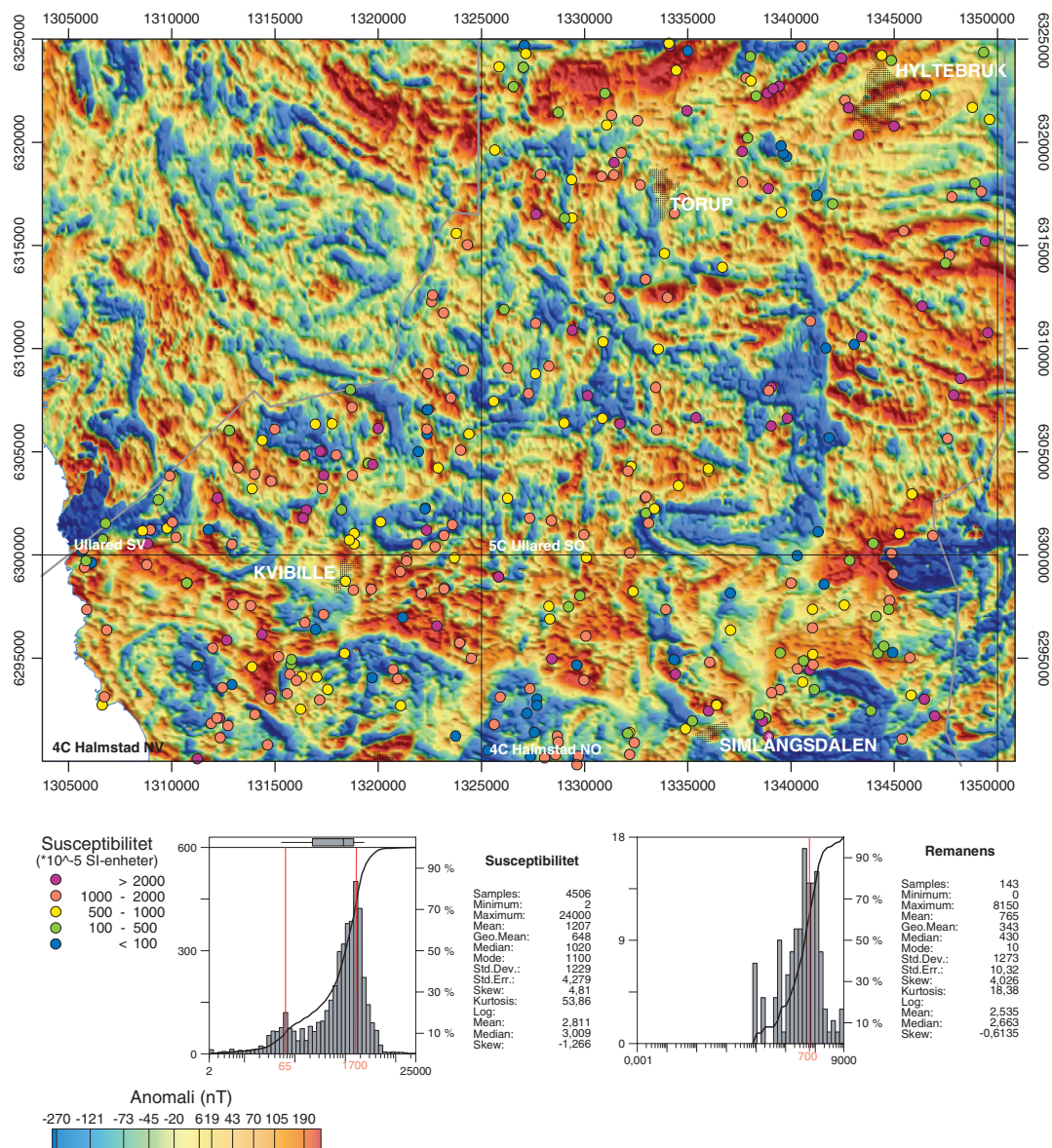


Fig. 2. Magnetisk anomalikarta över 2004 års undersökningsområde.

dels genom områdets geologiska komplexitet men även på grund av områden med en hög remanent magnetisering (fig. 2) av varierande riktning. Av tagna parameterprover har 37 % gett ett Q-värde större än 1, och 7 % ett Q-värde större än 10. I dessa områden behövs kännedom om remanensens intensitet och riktning för att kunna förklara de magnetiska anomalierna. Tidigare publicerade resultat (McEnroe 2002) visar att kraftiga magnetiska minima orsakade av omvänd remanent magnetisering förekommer i Varbergområdet, några mil norr om projektområdets norra gräns. Ett fåtal orienterade prover har tagits under sommaren, från fyra områden där flygmätta data visar ett tydligt minimum, men mätningar av magnetiserbarhet på hällar gett höga värden (över 1000×10^{-5} SI-enheter). För majoriteten av dessa prover är inklinationen riktad nära antiparallellt med dagens fält. Proverna har tagits från både metabasiter och gnejsiga granitoider. Deklinationen för ett fåtal orienterade prover tagna från gnejsiga granitoider (medelvärde susceptibilitet 1900×10^{-5} SI-enheter, NRM 826 mA/m) ger sydostligt till sydligt riktad (104 till 166 grader) deklination med en inklination nära antiparallell med dagens fält. De starkaste magnetiska minima som finns inom årets område verkar dock orsakas av metabasiter. I den västra delen av området, över gränsen mellan kartområdena 5C SO och 4C NO,

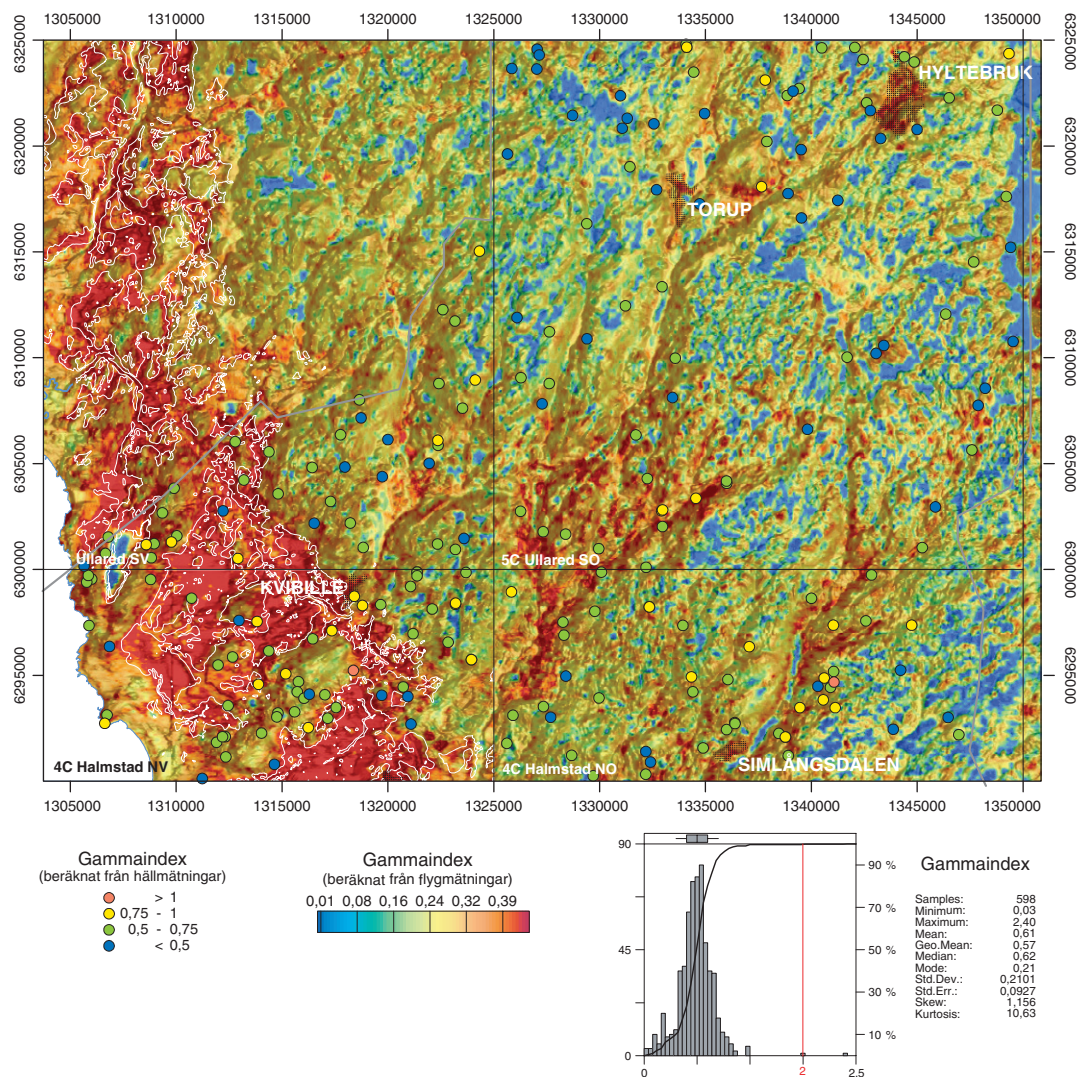


Fig. 3. Gammaindexkarta över 2004 års undersökningsområde, beräknat från flygmätta data.

framträder en markant negativ anomali (fig. 2). På den filtrerade tyngdkraftskartan (fig. 4) motsvaras samma område av ett massöverskott. Från fältmätningar har området kunnat knytas till en metabasit med hög densitet (medelvärde 2891 kg/m³) och en omvänd remanent magnetisering (inklination -70°). Den remanenta magnetiseringens styrka är uppmätt till 2,8 A/m. En deklination på 247 grader tyder på svekonorvegisk ålder (Elming m.fl. 2004, Pisarevsky m.fl. 1998).

Under året har nya tyngdkraftsmätningar utförts i området, inom SGUs program för markgeofysik, för att få mer detaljerad information om den tyngdkraftsanomali som syns på figur 4. Dessa data kommer att tillföras den befintliga databasen. Resultat från de nya mätningarna kommer att bidra med viktig information till nästa års bearbetning. Figur 4 visar också statistik över densitet uppmätt på petrofysikprov tagna i området.

Den naturliga gammastrålningen från bergrunden i södra Halland är låg. Figur 3 visar gammaindex beräknat från flygmätta data. Den förhöjda gammastrålningen i de västra delarna av området sammanfaller med utbredningen av postglaciala och glaciala leror. I de nordostliga delarna av området dämpar myr- och vattenrika marker gammastrålningen. I figur 3 visas också gammaindex beräknat från markmätningar på berghällar. Endast 1 % av årets gammastrålningsmätningar har gett ett gammaindex större än 1. En av årets mätningar, på en granitoid nordväst om Håraltsjön (4C NO), överskrider gammaindex 2. Orsaken är förhöjda toriumhalter (upp till 60 ppm). Uranhalten är mycket

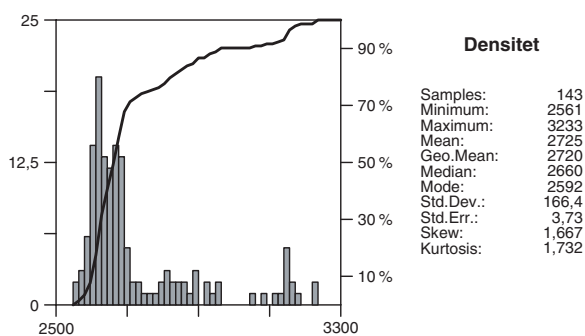
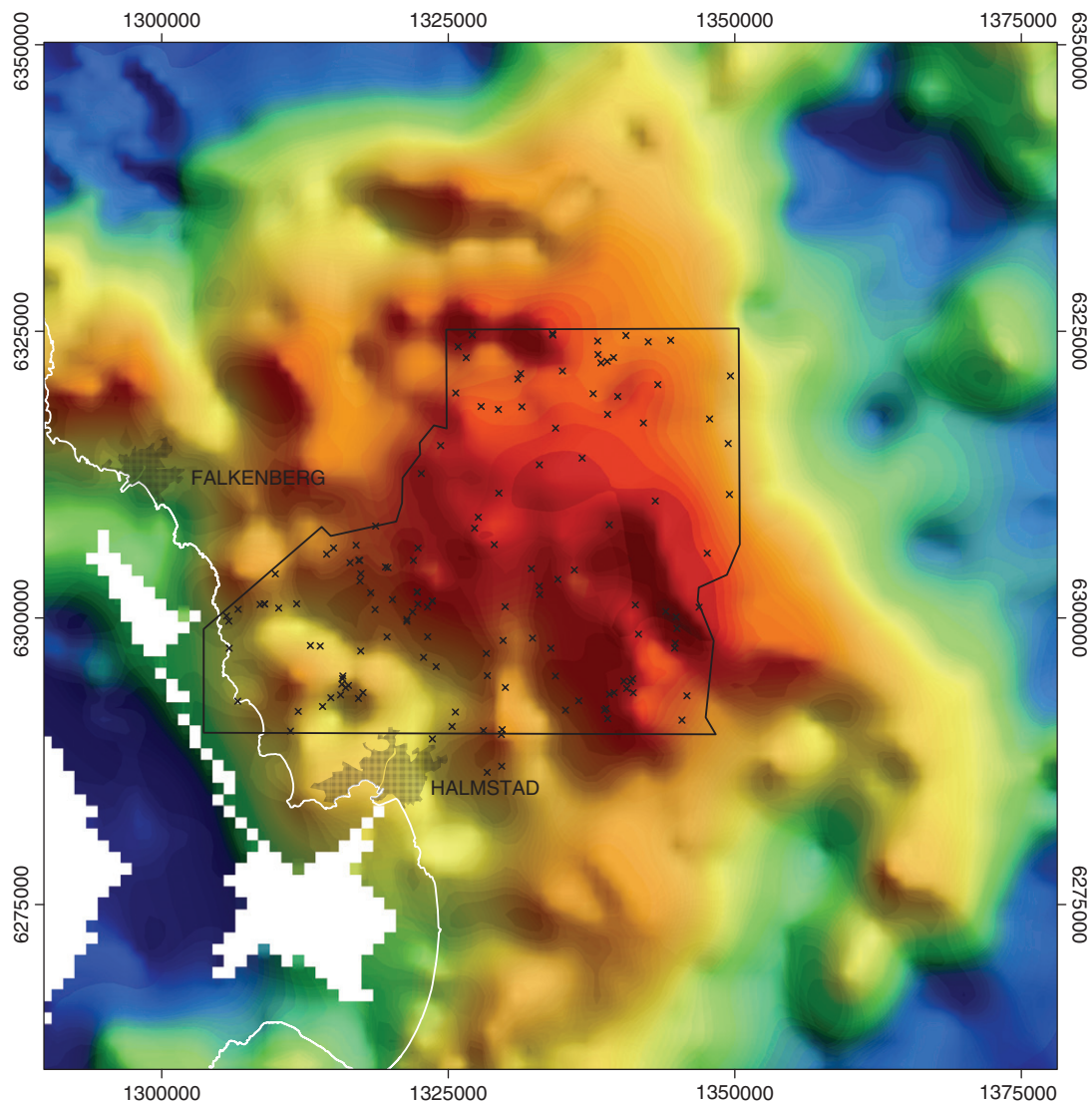


Fig. 4. Bougueranomali-karta över projektområdet.

låg i hela området. Från årets resultat har ingen mätning gett ett radiumindex större än 1. I figur 6 är kalium- och toriumhalterna sammanställda för olika bergartsområden.

VLF-data uppmätt med två sändare täcker hela projektområdet, vilket gör det möjligt att beräkna markens skenbara resistivitet utan något riktningberoende. I södra Halland framträder de postglaciala och glaciala lerorna som lågresistiva områden, medan blottade berghällar och yttre berg samt moränområdena utgör de mer resistiva områdena.

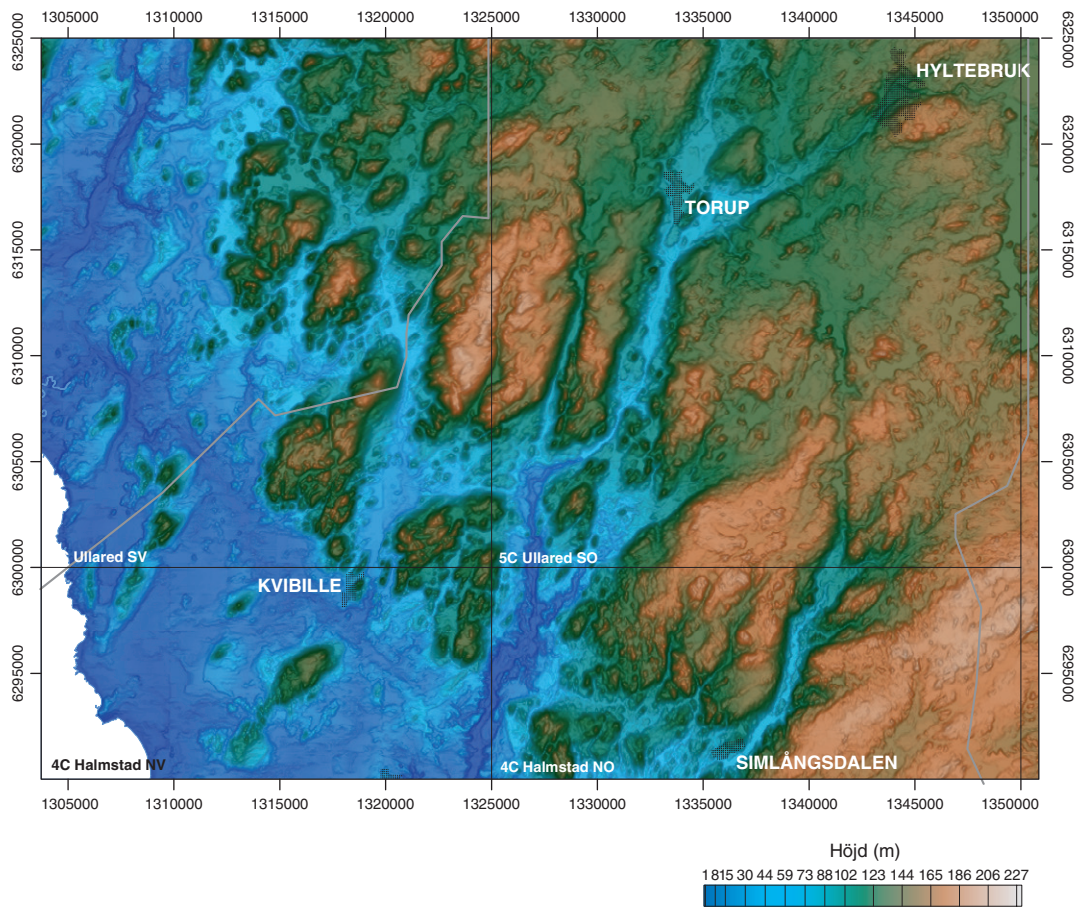


Fig. 5. Höjdreliëfkarta över 2004 års undersökningsområde.

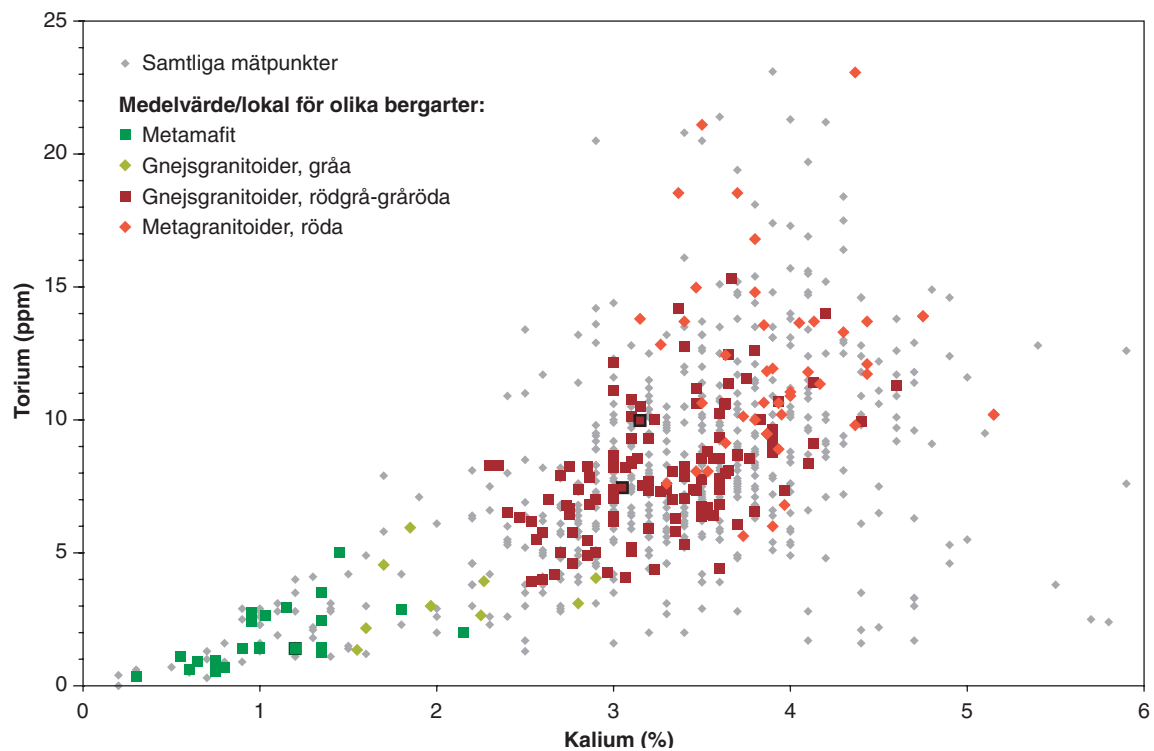


Fig. 6. Sammanställning av kalium- och toriumhalter uppmätt på berghällar inom 2004 års undersökningsområde.

REFERENSER

- Caldenius, C., Larsson, W., Mohrén, E., Linnman, G. & Tullström, H., 1966: Beskrivning till kartbladet Halmstad. *Sveriges geologiska undersökning Aa 198*, 138 s.
- Elming, S.-Å., Moakhar, M.O. & Martinsson, O., 2004: A palaeomagnetic and geochemical study of basic intrusions in northern Sweden. *GFF* 126, 243–252.
- McEnroe, S.A., Harrison, R.J., Robinson, P., Goila, U. & Jercinovic, M.J., 2001: Effect of fine-scale microstructures in titanohematite on acquisition and stability of natural remanent magnetization in granulite facies metamorphic rocks, southwest Sweden: implications for crustal magnetism. *Journal of Geophysical Research* 106, 30523–30546.
- Pisarevsky, S. & Bylund, G., 1998: Neoproterozoic palaeomagnetic directions in rocks from a key section of the Protogine Zone, southern Sweden. *Geophys. Journal. International* 133, 185–200.
- Samuelsson, L., Larson, S.Å., Åhäll, K.I., Lundqvist, I., Brouzell, J. & Berglund, J., 1988: Beskrivning till provisoriska översiktliga berggrundskartan Borås. *Sveriges geologiska undersökning Ba 41*, 32 s.

E-post: maria.carlsater@sgu.se

Östra Göteborg, berg

Lena Lundqvist, Ildikó Antal Lundin, Jenny Andersson, Ulf Bergström och Fredrik Hellström

Inledning

Kartläggningen inom projekt "Östra Göteborg, berg" startade under 2003. Under 2004 har kartering huvudsakligen pågått i Alingsås och Härryda kommuner. Totalt under 2003 och 2004 har ca 375 km² karterats. Under året har geofysiskt fältarbete genomförts i Alingsås, Härryda och Bollebygds kommuner. Lena Lundqvist, Ildikó Antal Lundin, Ulf Bergström, och Jenny Andersson har deltagit i årets arbete. Dessutom har Fredrik Hellström (projektanställd) samt Johnny Nylander och Ulf Söderlund (extrageologer) arbetat i projektet.

Geologisk översikt

Sydvästsveriges berggrund utgör de östra delarna av den "Svekonorvegiska provinsen". Berggrunden i regionen kännetecknas generellt av kraftig deformation och metamorfos samt av förekomsten av storskaliga blockförskjutningar, som förflyttat regionala berggrundsenheter ut ur sitt ursprungliga sammanhang i jordskorpan. Storskaliga tektoniska förskjutningar, och bitvis mycket kraftigt överpräglade metamorfos och deformation, gör att kartläggningen av ursprungliga bergartsled, kontaktrelationer och åldersförhållanden har försvårats betydligt.

I området söder om Vänern framträder en grovt sett nord-sydligt strykande, flackt västligt stupande deformationszon, Mylonitzonen (MZ). Den framträder även tydligt på de geofysiska kartorna (se vidare nedan) och utgör en viktig litotektonisk terränggräns som skiljer det "Västra segmentet" från det "Östra segmentet". Öster om MZ, i det underliggande "Östra segmentet", förekommer ca 1,71–1,66 miljarder år gamla, metamorft höggradiga ortognejser. Gnejserna är av samma ålder och delvis av samma sammansättning som huvudsakligen syenitoida, icke metamorfa bergarter i det transkandinaviska magmatiska bältet (TMB), öster om den "Svekonorvegiska provinsen". Berggrunden i de överliggande västliga blocken är väsentligt yngre och utgörs huvudsakligen av ≥ 1 590 miljoner år gamla, omvandlade ytbergartssekvenser och 1,6–1,5 miljarder år gamla, kalkalkalina metagranitoider. De södra delarna av MZ utgör även en distinkt metamorf terränggräns som separerar höggradiga gnejser (övre amfibolit- till högtrycksgranulitfacies) i "Östra segmentet" från metagranitoider i (grönskif-

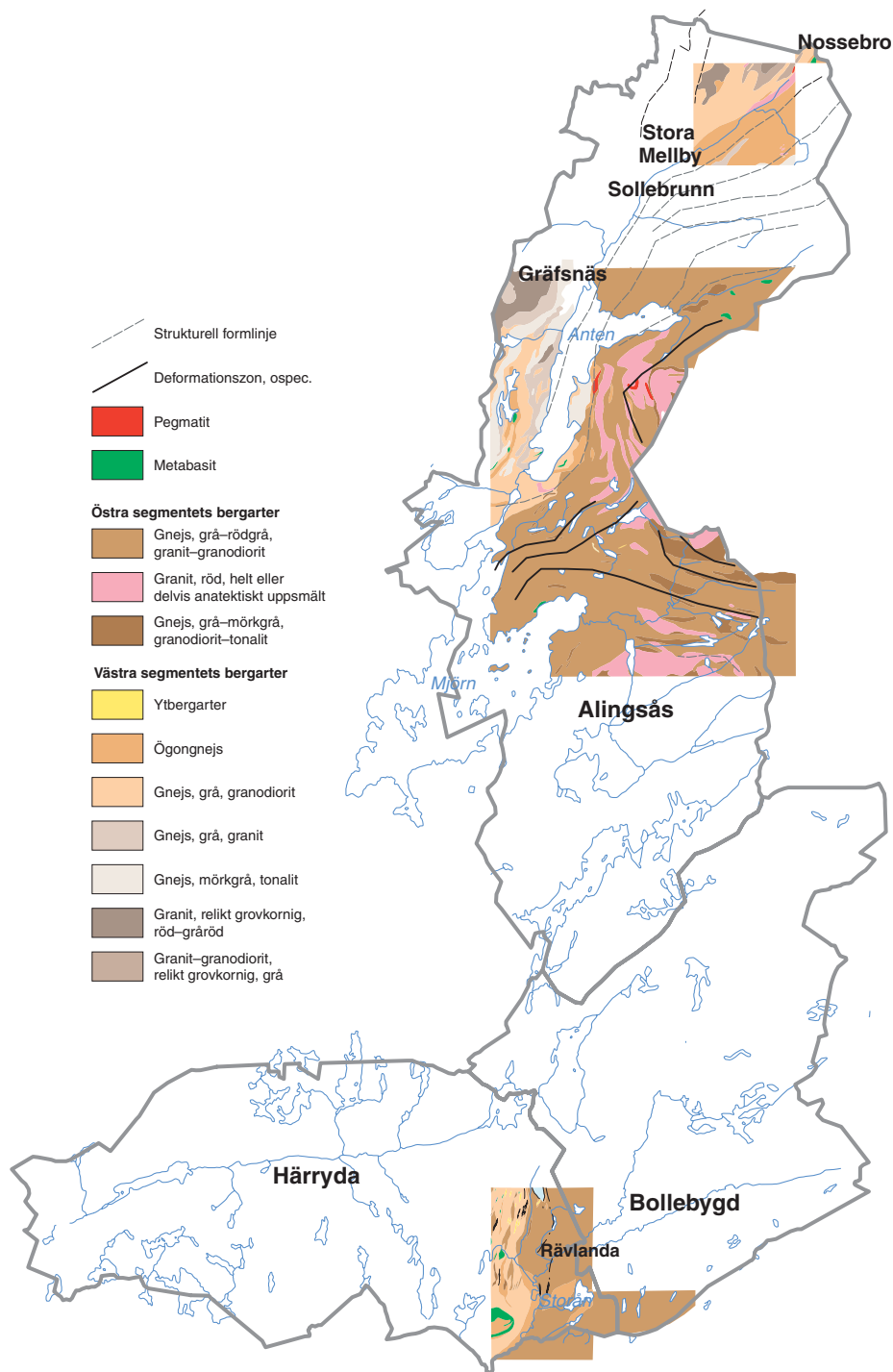


Fig. 1. Preliminär berggrundskarta över hittills karterade delar av projektområdet.

fer- till amfibolitfacies) i väster. Längre norrut är den metamorfa graden hos den östra sidans gnejser lägre, samtidigt som graden ökar bland bergarter på den västra sidan. En mer likartad metamorf överprägling hos metagranitoider på ömse sidor om MZ, t.ex. i Alingsåsområdet, gör att zonen sträckning är betydligt svårare att kartlägga i detta område (se nedan). MZ söder om Vänern utgör även en strukturell terränggräns. Öster om zonen framträder en markant, grovt sett ost-västlig veckning med flacka ost-västliga veckaxlar, typisk för regionala plastiska strukturer i det "Östra segmentet" söder om Vänern. I väster dominerar nord-sydliga strukturer. En höggradig metamorf omkristallisation

och migmatisering öster om MZ har daterats till omkring 1 450 miljoner år respektive 980–960 miljoner år (U-Pb i zirkon, t.ex. Christoffel m.fl. 1999, Johansson m.fl. 2001, Andersson m.fl. 2002). Datering av metamorf (U-Pb) zirkon och titanit från bergarter väster om MZ har gett betydligt högre åldrar på den svekonorvegiska metamorfofen, omkring 1 050–1 030 miljoner år (t.ex. Johansson 1993, Hansen m.fl. 1995, Åhäll m.fl. 1998). Spår av den ca 1 450 miljoner år gamla metamorfofen som påverkat bergarter öster om MZ har än så länge inte påträffats västerut. Sammantaget utgör MZ en distinkt litologisk, strukturell och metamorf terränggräns som förenar berggrundsenheter med olika presvekonorvegisk och svekonorvegisk utveckling. En preliminär berggrundskarta över de inom projektet karterade områdena presenteras i figur 1.

ALINGSÅS KOMMUN

Allmänt

Terrängen inom Alingsås kommun är kuperad och landskapsbilden domineras av de två stora sjöarna Mjörn och Anten. Blottningsgraden är övervägande god eller mycket god med undantag för dalgången norr om Anten, mot Sollebrunn och vidare mot Nossebro. Ett tunt jordtäckte täcker dock större delen av området, vilket gör att berggrunden framträder som små, men relativt tätt liggande blottningar.

Området väster om Mylonitzonen

I den västra delen av kommunen dominerar fint medelkorniga, granitiska till granodioritiska ådergnejser med ljusröda leukokratiska, grovt medelkorniga till grovkorniga ådror. Lokalt uppträder en litologisk bandning som definieras av decimeterbredda inlagringar av framför allt granodioritisk till tonalitisk sammansättning. Inlagringarna kan t.ex. representera före detta gångar eller inneslutningar.

I de norra delarna av kommunen förekommer en grupp av endast sparsamt ådrade till icke ådrade granitoider. De karaktäriseras även i många fall av en reliktna grovt medelkornig till grovkornig magmatisk textur samt ställvis av reliktna ögontextur (fig. 2a). Granodioritiska till tonalitiska sammansättningar dominerar, men även granitiska led förekommer. De reliktna grovkorniga, sparsamt ådrade granitoiderna tolkas preliminärt som en yngre generation granitoider.

Strax väster om MZ, i området runt Brobacka mellan Mjörn och Anten (fig. 1), förekommer en ögongnejs med ljust röda, rektangulära megakrister av kalifältspat med karlsbadertvillingar som syns tydligt i fält (fig. 2b). Preliminära åldersdata (U-Pb i zirkon, NORDSIM) som tagits fram inom ramen för detta projekt indikerar en intrusionsålder på omkring 1 450 miljoner år.

I gnejserna i de nordvästra delarna av kommunen väster om MZ är granat allmänt förekommande, till skillnad från de ådergnejser som finns i de södra och östra delarna. Detta kan tyda på en skillnad i metamorf grad i berggrunden mellan de nordvästra och de sydvästra delarna av kommunen. Granaterna uppträder som upp till cm-stora porfyroblaster i både neosom och paleosom. Även epidot verkar vara ett karakteristiskt mineral, som ställvis förekommer rikligt i Mylonitzonens och Västra Segmentets bergarter, men som liksom granat vanligtvis helt saknas öster om Mylonitzonen i Alingsåsområdet.

Mylonitzonen

Mylonitzonen utgörs i området av en km-bred, flackt mot väster stupande deformationszon som karaktäriseras av förekomsten av distinkta, ca 10–100 m breda zoner med starkt sprödt till plastisk deformation. Den kan följas längs dalgången Sollebrunn–Stora Mellby–Gendalen–Nossebro, vidare söderut via Anten och Mjörn (fig. 1). Stråk förekommer med distinkt bandade finkorniga, hårt deformerade



Fig. 2. Fotografier av bergarter i projektområdet. **A.** Gnejsig granodiorit med enstaka ådror. **B.** Ögongnejs. **C.** Tydligt bandad, omkristalliserad mylonit.

bergarter, som troligen representerar omkristalliserade myloniter (fig. 2c). Den i fält uppmätta foliationen i myloniterna ligger ställvis med sned vinkel mot Mylonitzonens utsträckning i det magnetiska anomalimönstret.

I den östra flanken av Mylonitzonen förekommer bandade, intensivt veckade ådergnejser med flackt mot väster stupande axialplan. I det nordöstra hörnet av kommunen finns en högmagnetisk, finkornig, ultramafisk, kraftigt serpentinomvandlad bergart med rester av olivin. Den uppträder som en lins omgiven av veckade myloniter till ultramyloniter och tillhör förmodligen den grupp av mafiska till ultramafiska bergarter som ligger i ett stråk längs med Mylonitzonen norrut från Kedum till Källandsö.

I trakten av Sollebrunn förekommer ljus rödgrå, grovporfyriska ögongnejser. De har vanligen <2 cm stora kalifältspatögon, men enstaka megakrister kan vara upp till 1 dm stora. Mellanmassan är grå till rödgrå och finkornig. Ögongnejserna har huvudsakligen granodioritisk sammansättning och är vanligen muskovitförande och kraftigt plastiskt deformerade.

Öster om Mylonitzonen

I Alingsås kommun utgörs de dominerande bergarterna öster om MZ av grå och röda, granodioritiska till granitiska, stromatiskt ådrade ortognejser. Dessa gnejser är på många ställen litologiskt bandade. Granodioritiska band dominerar, men även tonalitiska och amfibolitiska band förekommer (fig. 3a). En U-Pb-datering (NORDSIM) av magmatiska zirkonkärnor från en granitisk ådergnejs av denna typ indikerar en protolitålder på ca 1 680–1 660 miljoner år, vilket är typisk för det ”Östra segmentets” ådergnejser.

Ljust röda, (fig. 3b) delvis subisotropa, kraftigt omkristalliserade domäner och segregat av leuko-

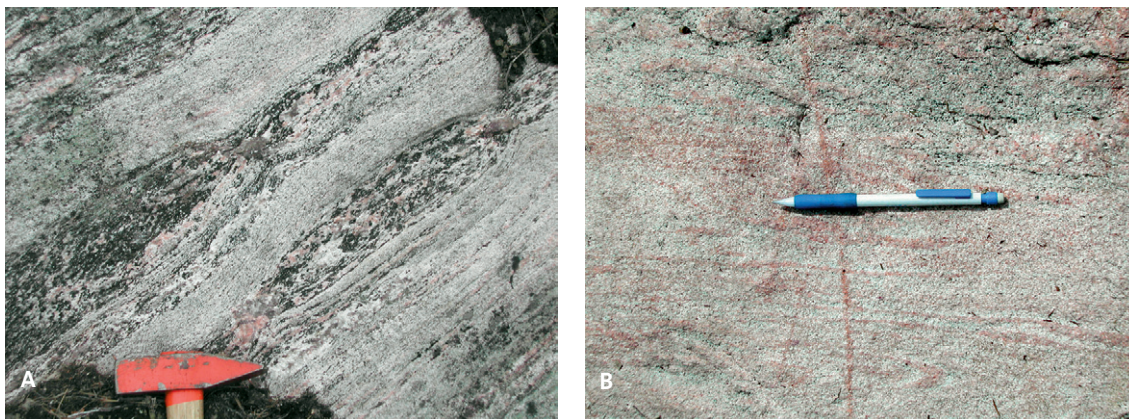


Fig. 3. Fotografier av bergarter i projektområdet. **A.** Granitisk till granodioritisk ådergnejs med amfibolrika pegmatit-ådror. **B.** Röd, leukokratisk granitisk gnejs.

granit förekommer både som sammanhängande områden och som diffusa subdomäner i ådergnejserna. Dessa har ställvis rester av en diffus gnejsighet. Ställvis uppträder omfattande magnetitblastes. Lokalt är leukograniterna spatiellt associerade med metamafiska kroppar. Gångar med leukokratisk röd granit och pegmatit, som klipper med stor vinkel mot strukturer i ådergnejserna, förekommer.

Gnejserna har en typisk granoblastisk textur med låg grad av sammanväxning mellan kornen. Vanligen är bara biotit parallellorienterad, men i en del fall är även fältspat och kvarts orienterade. Magnetitblastes är karaktäristiskt i ådergnejserna, vilket har gett upphov till begreppet ”järngnejs” i äldre tiders geologiska litteratur. Magnetiten förekommer ställvis i höga halter, framförallt i ådror men även i paleosomen.

Amfibolit förekommer i de granitiska till granodioritiska ådergnejserna som dm- till meterbreda, finkorniga till fint medelkorniga inlagringar, i allmänhet boudinerade.

Pegmatit är en för området mycket vanlig bergart och förekommer dels som ådror i ådergnejserna, dels som konkordanta eller klippande gångar. Större pegmatitkroppar, i storleksordningen hundratals meter i diameter, uppträder i anslutning till några av de röda leukokratiska graniterna.

Strukturgeologi

Den regionala gnejsstrukturen i den sydvästra delen av kommunen stryker i nordvästlig riktning och stupar flackt mot sydväst. Mot öster blir gnejsigheten brantare, och i de centrala delarna av kommunen står gnejsstrukturerna brant till subvertikalt och är ost-västligt strykande. Strukturmätningarna i fält överensstämmer väl med det strukturella mönster som framträder i den magnetiska anomalibilden. Den generella strykningen hos bergarterna i och i nära anslutning till MZ är nordlig till nordnordostlig. I ådergnejserna öster om MZ uppträder isoklinala till öppna veck med flacka, lineationsparallella västnordvästliga veckaxlar.

MZ framträder tydligt som en bred deformationszon på den magnetiska anomalikartan. Den utgörs av en flackt västligt stupande zon, inom vilken ett flertal cm- till meterbreda, distinkta zoner med stark plastisk deformation förekommer. Inom zonen har rörelseindikatorer i form av roterade kluster av kalifältspat observerats. Dessa visar entydigt på en normal extensionell rörelse med avglidning mot väster. Från den norra delen av kommunen finns ett flertal observationer av mylonit, huvudsakligen lågtemperaturmylonit men även exempel på högtemperaturmylonit. I den södra delen finns endast enstaka observationer med mylonit.

HÄRRYDA KOMMUN

Endast en mindre del av Härryda kommun karteras inom projekt "Östra Göteborg berg". Detta område omfattar ca 50 km² i den sydostligaste delen av kommunen. Terrängen är mycket varierande och huvudsakligen kuperad. Centralt i området finns en öppen dalgång där Storån rinner. Generellt sett är hålltåtheten mycket god. Berggrunden utgörs i öster av högmetamorfa, ca 1 710–1 660 miljoner år gamla, granitiska till granodioritiska, vanligen migmatitiserade ortognejser tillhörande det Östra Segmentet. I de västra, överliggande berggrundsensheterna förekommer sekvenser med $\geq 1 590$ miljoner år gamla, metamorfa ytbergarter och 1 590–1 550 miljoner år gamla, huvudsakligen grå folierade granitoider som har omvandlats i epidot–amfibolitfacies.

Karteringsområdet i och väster om MZ kan delas in i tre litotektoniska domäner:

1. Huvudsakligen grå metagranitoider, med underordnade inslag av ytbergartssekvenser. Dessa är typiskt penetrativt folierade, mer skiffrika än gnejsiga och saknar ådring. De är omvandlade i epidot–amfibolitfacies.
2. Huvudsakligen grå metagranitoider, mer gnejsiga än skiffrika och ofta ådrade. Gnejserna i denna region har genomgått deformation och metamorfos vid högre temperatur, närmare övre amfibolitfacies och utgör troligen kraftigt omvandlade motsvarigheter till de mer välbevarade bergarterna i domän 1.
3. Huvudsakligen ljusst gråröda till rödgrå, ådrade, migmatitiserade och ofta bandade (kompositivt, metamorft) ortognejser, omvandlade i övre amfibolitfacies, till högtrycksgranolitfacies.

Västra delarna av Mylonitzonen

Berggrunden i området väster om Storån domineras av penetrativt folierade granitoider med underordnade inslag av ytbergarter. Bergarterna är relativt välbevarade, dvs. gnejsiga och ådrade litologier saknas. Den dominerande bergarten i detta område är en folierad plagioklasporfyrisk metaintrusiv bergart av huvudsakligen tonalitisk sammansättning (fig. 4a). Den är vanligen mörkt grå, biotitrik, finkornig till fint medelkornig, och generellt tydligt förskiffrad och stänglig. Tonaliten är ofta litologiskt bandad på relativt många ställen, och de enskilda banden varierar i bredd från någon dm till endast någon mm. Granitiska till granodioritiska finkorniga band dominerar, ställvis förekommer mycket finkorniga felsiska band. Den litologiska bandningen är konkordant med foliationen. Yngre, vanligen diskordanta, gångar eller ådror av granit och kvarts förekommer.

En annan, för området typisk bergart är en felsisk till intermediär intrusivbergart med reliktt grovt medelkornig till grovkornig magmatisk textur. Huvudsakligen har den granodioritisk sammansättning men både rent tonalitiska och granitiska led förekommer. De mer tonalitiska leden är relativt jämnkorniga, medan de granodioritiska till granitiska leden i allmänhet är ojämnkorniga (strökornsförande i enstaka fall). Tonalitiska till dioritoida, medelkorniga varianter förekommer på många ställen. De innehåller ofta mafiska enklaver samt ställvis även cm- till dm-breda finkorniga granitoida band. Tonaliterna till dioritoiderna uppvisar ställvis en gradvis övergång till den plagioklasporfyrisk tonaliten (se ovan).

Grovporfyrisk ögongnejs uppträder i omkring 100 m breda stråk som går att följa längs strykningsriktningen. Två huvudtyper förekommer:

1. En ljusst gråröd, granitisk till granodioritisk variant med ca 1–3 cm stora kalifältspatögon och finkorniga, omkristalliserade ögonaggregat med en medelkornig kvartsrik mellanmassa. Denna typ bedöms vara av magmatiskt ursprung.
2. En rödgrå, grovporfyrisk granodioritisk variant med biotitrik finkornig till mycket finkornig mellanmassa (fig. 4c). Mellanmassan är relativt allmänt småporfyrisk, med ca 2–4 mm stora plagioklasögon. Ögonen uppträder i form av hela kristaller av kalifältspat, polykristallina aggregat



Fig. 4. Fotografier av bergarter i projektområdet. **A.** Plagioklasporfyrisk metaintrusiv bergart med tonalitisk sammansättning. **B.** Bandade ytbergarter. **C.** Ögongnejs öster om Mylonitzonen. **D.** Ådrade ortognejser med granitisk till tonalitisk sammansättning.

eller ställvis som pegmatitoida körtlar. Ögonens storlek varierar och kan i vissa fall vara upp till 1 dm i diameter. Kontakten mellan den grovporfyriska ögongnejsen och den plagioklasporfyriska tonaliten är ofta diffus och transitionell. Ställvis tycks den plagioklasporfyriska tonaliten bilda grundmassan till ögongnejsen, som utifrån sitt fältuppträdande bedöms motsvara ett delvis metasomatiskt omvandlat bergartsled.

Magnetitblastes är allmänt förekommande i ögonförande domäner i båda ovannämnda bergartstyper, vilket ger upphov till en hög magnetisk susceptibilitet.

Finkorniga till mycket finkorniga, litologiskt bandade och i många fall glimmerrika bergarter inom de västra delarna av kartområdet har tolkats som rester av ytbergartssekvenser (fig. 4b). Dessa bergarter är utpräglat litologiskt bandade i cm- till mm-skala, och lokalt förekommer epidotrika band som kan tolkas som rester efter skarnhorisonter.

De bergarter som på kartan markerats som ytbergarter kan delas in i tre huvudtyper:

1. Ljust grå till rödgrå, finkorniga till mycket finkorniga, kvartsrika, muskovitförande och diffust kompositionellt bandade till relativt homogena sekvenser.
2. Finkorniga, distinkt kompositionellt bandade bergartssekvenser med både felsiska och mer intermediära band, varav en del fältspatporfyriska.
3. Underordnat förekommer mörkt grå, finbandade, finkorniga till reliket mycket finkorniga sekvenser av intermediär sammansättning.

Metabasiterna är homogent amfibolitomvandlade (epidot–amfibolitfacies) och uppträder huvudsakligen i form av inneslutningar och band i andra litologier, lokalt som mindre intrusioner. Enstaka amfiboliter har ultramafiska inslag, där de ultramafiska delarna ställvis uppvisar en hög magnetisk susceptibilitet ($3\,000\text{--}6\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter).

Centralt i kartområdet, väster om Storån finns en relativt stor gabbroid kropp. Den är mestadels homogen och strukturlös och tycks lokalt vara näst intill opåverkad av metamorfos. Fältrelationerna indikerar att den är likåldrig med den ögonförande ortognejsen.

Östra Mylonitzonen samt Östra Segmentets bergarter

I de östra delarna av MZ, i det Östra Segmentet är den metamorfa graden distinkt högre än i väster, och berggrunden domineras av gråröda till rödgrå, jämnkorniga, litologiskt och metamorft bandade migmatitiska ortognejs, vanligen stromatiskt ådrade (fig. 4d). På grund av den kraftiga omvandlingsgraden av ursprungliga kontaktrelationer, sammansättningsvariationer och bergartsgränser är det mycket svårt att kartlägga i detta område. Metamorfosen och deformationen har ägt rum i övre amfibolitfacies, vid temperaturer över 630 °C och gnejserna är uppsmälta och ådrade. I gnejserna finns domäner som är anatektiska, strukturlösa och sockerkorniga.

Ursprungliga magmatiska texturer saknas, men ställvis kan rester av relik grovkornigare bergarter förekomma. Den metamorfa bandningen definieras av tektoniskt transponerade ådror och metamorfa segregationer. Åderintensiteten varierar, och stråkvis uppträder penetrativt kraftigt ådrade gnejs i form av välutvecklade stromatiska migmatiter.

Ådergnejserna är ställvis distinkt litologiskt bandade där bandningen motsvarar tektoniskt transponerade ursprungliga litologiska heterogeniteter, t.ex. i form av inneslutningar av andra bergarter, både likåldriga (magmablandning) och yngre (mafiska och felsiska gångar). Inom det karterade området förekommer även ljus röd, fin- till medelkornig, kraftigt omkristalliserad, sockerkornig, ställvis diffus gnejsig granit. Bergarten liknar de leukokratiska gnejserna i de östra delarna av Alingsås kommun. Likartat granitiskt material finner man även som deformerade dm- till meterbreda band.

Strukturgeologi

Samtliga plastiska och sprödplastiska strukturer inom kartområdena är parallella med Mylonitzonen, som i regionen utgör en penetrativ, nord–sydligt strykande, flackt mot väster stupande struktur. Domän 1 utgör de västra delarna av MZ, och strukturmönstret är mycket konsekvent nord–sydligt strykande och flackt västligt stupande. Här uppträder kraftigt veckade ytbergartssekvenser med täta till isoklinala, flacka intrafoliala veck med flackt mot väster stupande veckaxlar. Stängligheten är mest välutvecklad i domän 1, där den är veckaxelparallell. I de östra metamorft höggradiga delarna av kartområdet är gnejsfoliationen fortfarande grovt sett nord–sydlig och flackt västligt stupande, men något undulerande. Kinematiska indikatorer är relativt vanligt förekommande i domän 1, i form av en välutvecklad ”CS fabric” i skiffrika glimmerrika bergarter eller av asymmetriskt roterade ögon i kraftigt stängliga ögongnejs. Kinematiska indikatorer uppvisar en sinistral (vänstervriden) kinematik, vilket innebär en transport av det västra överliggande berggrundsblocket mot väster. De yngsta strukturerna i området utgörs av distinkta spröda till plastiska mm-breda skjuvplan som är parallella med eller svagt diskordanta mot den penetrativa foliationen. Skjuvplanen är i många fall kloritrika och har en välutvecklad stänglighet som definieras av bland annat klorit. En datering ($^{40}\text{Ar}\text{--}^{39}\text{Ar}$ -metoden) av hornblände från MZ indikerar avkylning under 500 °C för ca 915 miljoner år sedan i de centrala delarna av zonen (Page m.fl.1993).

Geofysiska undersökningar

Undersökningsområdet är täckt med moderna geofysiska flygmätningar. Mätningarna utfördes under 1970-talet över de södra delarna av Alingsås kommun. Flygriktningen var ost–västlig, linjeavståndet 200 meter och flyghöjden 30 m. De norra delarna av Alingsås kommun har mätts under år 2000 i nordsydlig riktning med 400 meters linjeavstånd. Mätningen har förtätats till 200 meters linjeavstånd under 2002. De områden i Härryda och Bollebygds kommuner som karteras inom ramen för projektet har mätts under 2003. Flygmätningarna under 2000, 2002 och 2003 har utförts med 200 meters linjeavstånd, 16 meters punktavstånd samt ca 60 meters flyghöjd. Vid dessa mätningar har VLF-fältet mätts med två sändare. Det betyder att en karta över markens skenbara resistivitet kan framställas över mätområdet.

Under sommaren 2004 har tyngdkraftsmätningar utförts inom ramen för programmet "Markgeofysik, geofysisk kartering tyngdkraft". En förtätning av tyngdkraftsinformationen har gjorts inom kommunerna Alingsås, Härryda, Bollebygd och Borås. Punkttätheten för tyngdkraftsinformation i karteringsområdet är nu mellan 500 och 2000 meter.

Geofysisk markuppföljning har bedrivits i delar av Alingsås, Härryda och Bollebygds kommuner. Arbetet har bestått av provtagning för mätning av petrofysiska egenskaper, mätning av gammastrålningen samt susceptibilitetsmätningar på hållar. Det har också tagits magnetiskt orienterade prover för bestämning av den remanenta magnetiseringens riktning. Några magnetiska och elektromagnetiska markprofilmätningar har också utförts.

Den magnetiska totalfältskartan (fig. 5) över området visar varierande magnetiseringsnivåer och ett komplicerat mönster som bland annat återspeglar områdets veckstrukturer. En bred, högmagnetisk zon (MZ), med huvudsakligen nord–sydlig riktning, korsar karteringsområdets västligaste delar och vrider längre norrut, i Alingsås kommun, till en nordostlig riktning. Bergarterna ger genom sina högre susceptibiliteter (medelvärde 2000×10^{-5} SI-enheter) upphov till ett bandat, något vindlande anomalimönster. Vid sjön Antens södra del uppvisar anomalimönstret ett kraftigt brott som antyder att zonen där eventuellt kan vara påverkad av en senare rörelse. Anomalimönstret där indikerar mer brantstående strukturer jämfört med omgivningen.

Det bandade magnetiska anomalimönstret i norra delen av Alingsås kommun sammanfaller med en negativ tyngdkraftsanomali (fig. 6). Väster om anomalin förekommer granatförande gnejser vilka saknas öster om denna. Detta kan tolkas som att tyngdkraftsanomalin sammanfaller med en skillnad i bergarternas metamorfa grad.

Det magnetiska anomalimönstret (fig. 5) öster och väster om MZ antyder förekomsten av komplexa veckstrukturer. I det magnetiska anomalimönstret öster om MZ kan man se både ost–västliga, västnordvästliga och ostnordostliga riktningar på veckaxelplanen. Väster om MZ, i de mellersta och södra delarna av området, visar anomalimönstret på västnordvästligt strykande veckaxelplan. I den norra delen av Alingsås kommun, sydost om Sollebrunn, framträder en negativ magnetisk anomali, och av 6 orienterade prover som tagits från anomalin visar två på en omvänd magnetisering. Deklinationen (235–324 grader) samt en negativ inklinationsvinkel kan antyda, att bergartens magnetisering har ställt om sig under svekonorvegisk tid. (Pisarevsky m.fl. 1998, McEnroe m.fl. 2001). I SGUs petrofysikdatabas finns uppgifter om att samma remanensriktning är kopplad till negativa anomalier inom kartbladsområdet 7D Borås.

Den magnetiska anomalikartan visar på en högre intensitet i mitten av kartområdet (fig. 5). Susceptibilitetsvärden från SGUs petrofysiska databas ligger på samma nivåer för detta område som för omgivande gnejser, söder och väster om det högmagnetiska området. Medelvärdet för susceptibiliteterna där är 700×10^{-5} SI-enheter, vilket tyder på att anomalin är orsakad av en bergart eller bergarter som saknar utgående.

En tvärprofil (L2, fig. 7) har beräknats för att anpassa det magnetiska anomalifältet och tyngdkraftfältets residual i området. Profilens läge framgår av figurerna 5 och 6. Petrofysisk information från de på ytan förekommande gnejserna visar på liknande egenskaper längs hela profilen. Medelvärdet för densiteten är 2740 kg/m^3 och medelvärdet för susceptibiliteten 650×10^{-5} SI-enheter. I profilen framgår att det behövs lätta, granitiska bergarter med både hög och låg susceptibilitet för att anpassa

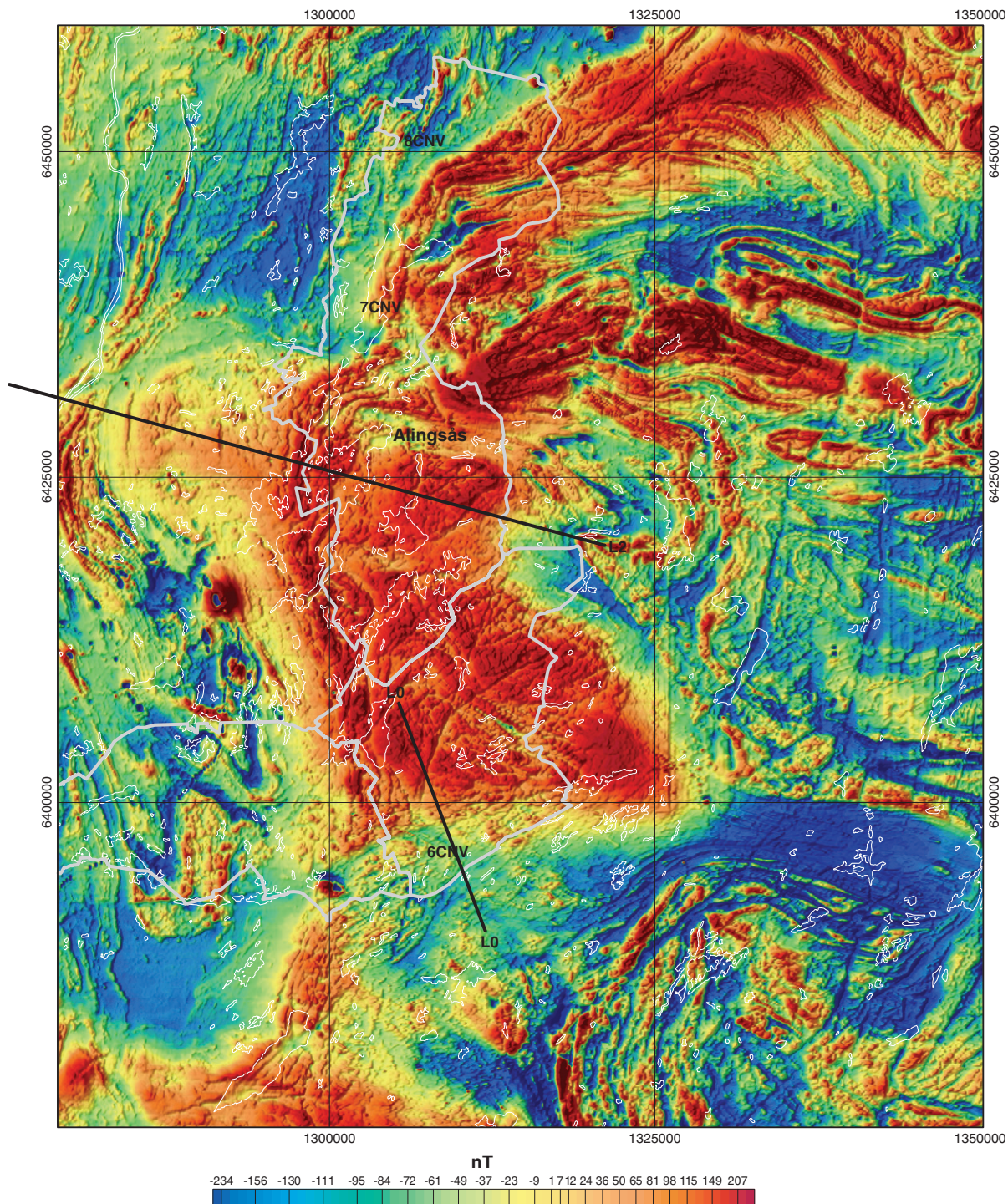


Fig. 5. Magnetisk anomalikarta. Läget för profilerna (L2 och L0) är markerade med svart linje.

det magnetiska fältet till tyngdkraftsfältet. Den ögonförande ortognejsen, som bildar en rund struktur i västra delen av den magnetiska anomalibilden, kan inte vara orsaken till tyngdkraftsunderskottet då gnejsens densitet är 2720 kg/m^3 .

Det mest framträdande i det magnetiska mönstret i Härryda och Bollebygds kommuner är nivåskillnaden mellan de norra och södra delarna. Den framträder som en linje med ostnordostlig riktning på anomalikartan. Nivåskillnaden kan inte förklaras av de erhållna susceptibilitetsvärdena från de i området dominerande gnejserna. Den bergart i området som har högst susceptibilitet, och som

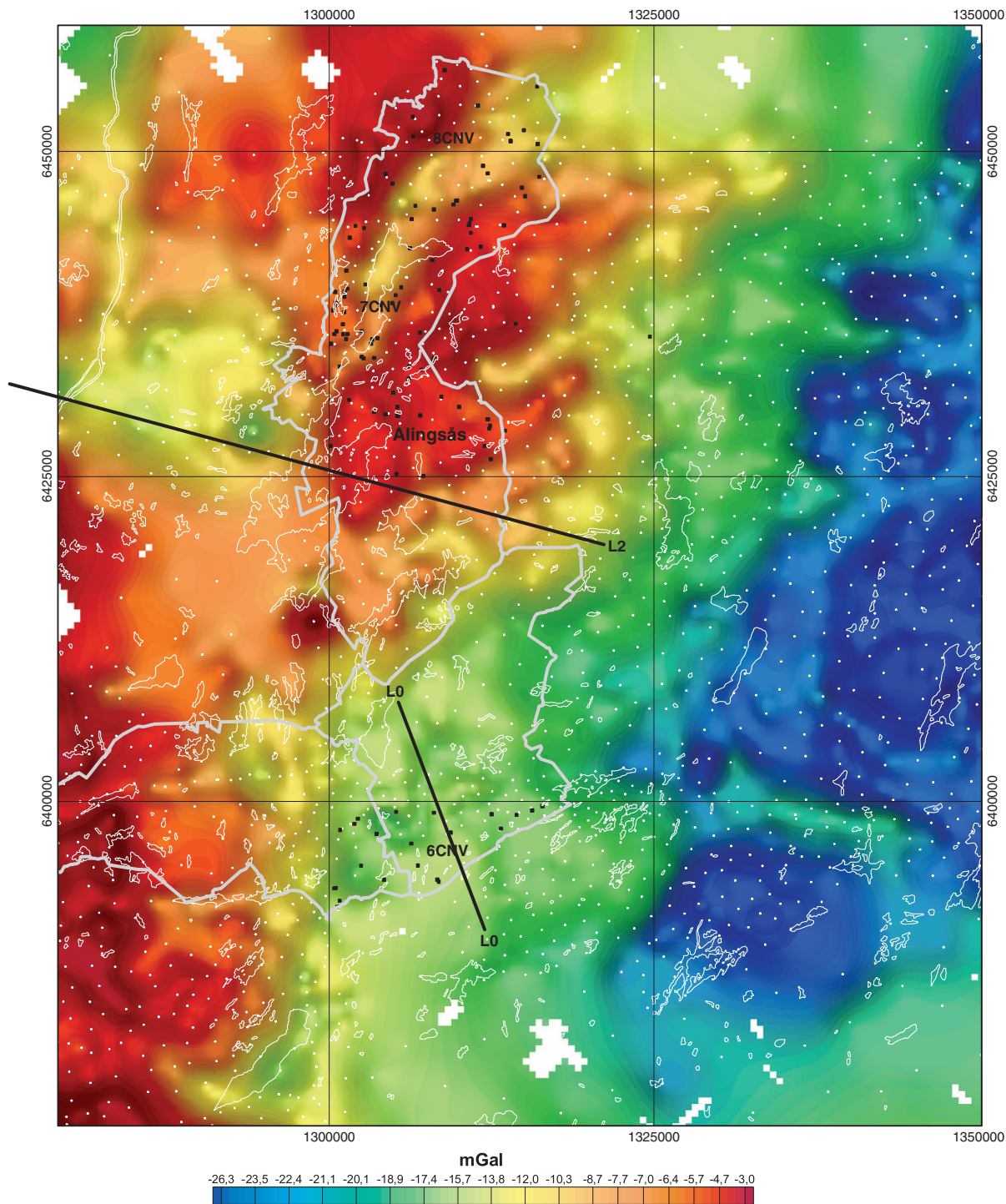


Fig. 6. Bougueranomali-karta. Läget för profilerna (L2 och L0) är markerade med svart linje. Provtagningslokaler för petrofysisk analys visas med svarta prickar.

förekommer sporadiskt i häll, är en röd anatektisk granit. Dess susceptibilitet varierar mellan 2000 och 8000×10^{-5} SI-enheter. En profilberäkning (L0, fig. 8) har utförts över området. Profilen har en sydsydostlig riktning och läget framgår av figur 5. Vid beräkningen har susceptibilitetskontrasten använts och det har antagits, att den högmagnetiska, anatektiska graniten (rosa färg i fig. 8) orsakar djupanomalin. Figur 8 visar resultatet av en av lösningarna.

Det magnetiska bandade mönstret i Härryda–Bollebygds kommuner tycks böja in mot den linjära

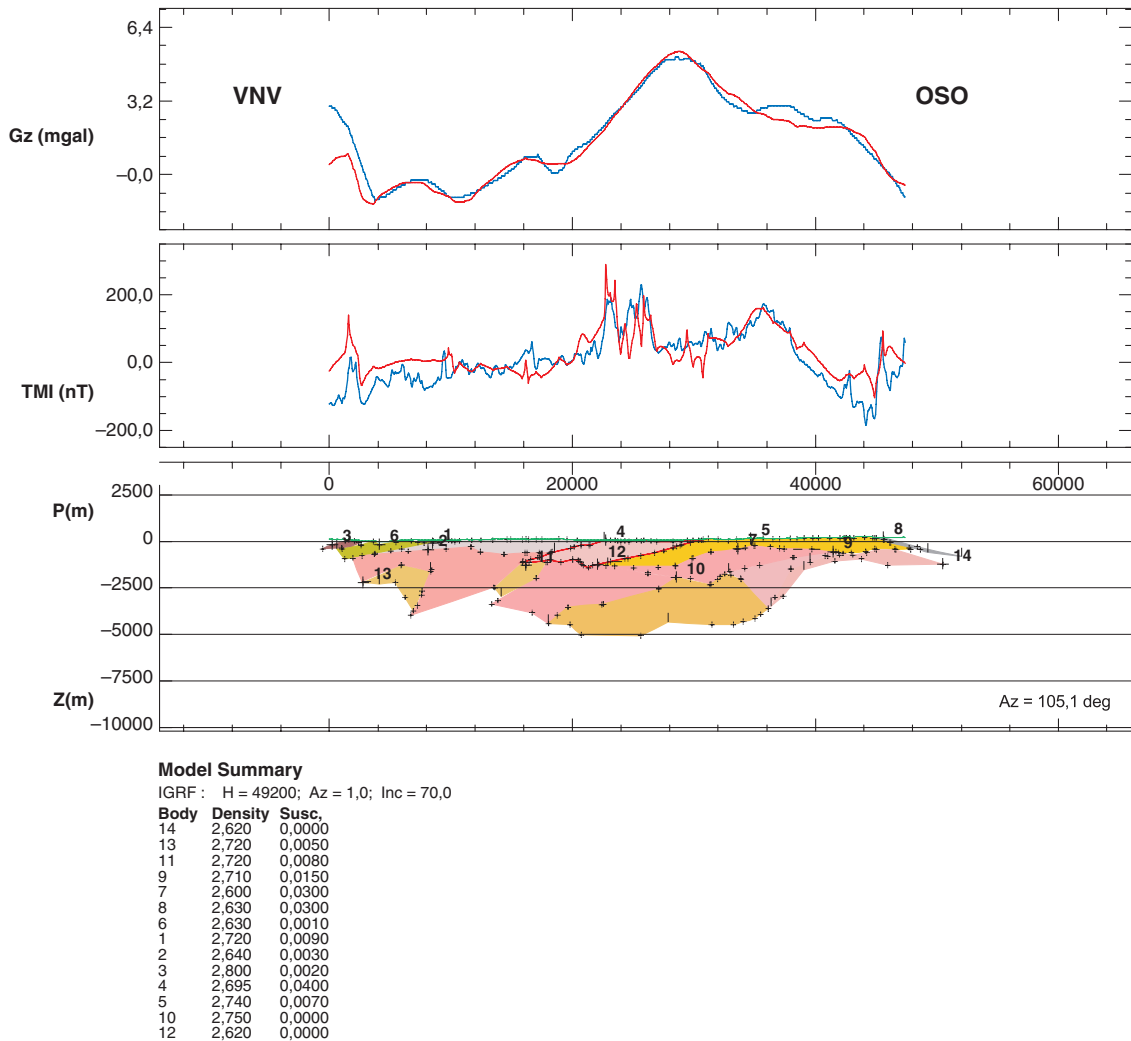


Fig. 7. Modellberäkning av magnetfält och tyngdkraftfält. Profil L2.

struktur med ostnordostlig riktning som markerar den ovan beskrivna nivåskillnaden mellan de norra och södra delarna av området. Den magnetiska bandningen sammanfaller med uppmätta foliationsriktningar på berghällar.

Spröda deformationszoner med nordnordostlig riktning framträder som negativa anomalier. I den södra delen av kartområdet, i Härryda kommun, framträder en rund högmagnetisk anomali med en negativ signatur i mitten. Den bergart som tros ge upphov till anomalin är en ögonförande granit (susceptibilitet $1\,000\text{--}1\,500 \times 10^{-5}$ SI-enheter) som uppträder tillsammans med en högmagnetisk ($5\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter) gabbro med ultramafiska inslag ($200\text{--}3\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter). En gabbro som ligger inom den negativa anomalin provtogs för bestämning av den remanenta magnetiseringens intensitet och riktning. Resultatet blev en uppåtriktad remanensriktning men alltför låg intensitet för att förklara den negativa anomalin.

Gammastrålningsmätningar utfördes på 55 lokaler inom Alingsås kommun och på 18 lokaler inom Härryda och Bollebygd kommuner. Som framgår av den ternära gammastrålningskartan (fig. 9) har de flesta bergarterna en låg gammastrålning. Strukturerna är flacka och bergarterna vanligen bandade inom undersökningsområdet, vilket betyder att mätningarna på ett flertal lokaler gjordes på det översta bandet. Detta kan bidra till en missvisande bild av bergarternas gammastrålningsegenskaper.

De högsta uranhalterna i karteringsområdet uppmättes i pegmatitgraniter. Vissa av förekomsterna syns tydligt på strålningskartan (fig. 9), och då handlar det om pegmatiter som intruderat flackt och

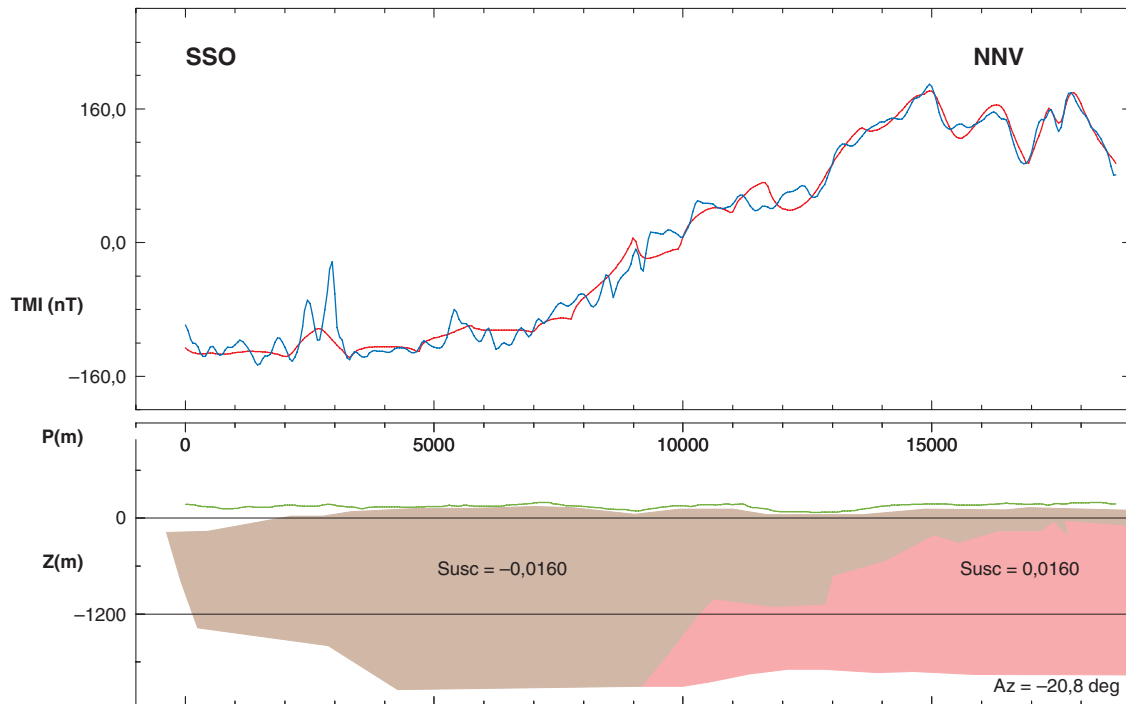


Fig. 8. Modellberäkning av magnetfält. Profil L0.

ligger som en ”mössa” högst upp. Uranhalter som överskrider 16 ppm uran (radiumindex = 1) har uppmätts söder om Äspenäs, söder om Långared, vid Porten och Grundsjöarna samt väster om Stora Mällby.

En statistisk sammanställning av de erhållna värdena för radiumindex och gammaindex visas i figur 11.

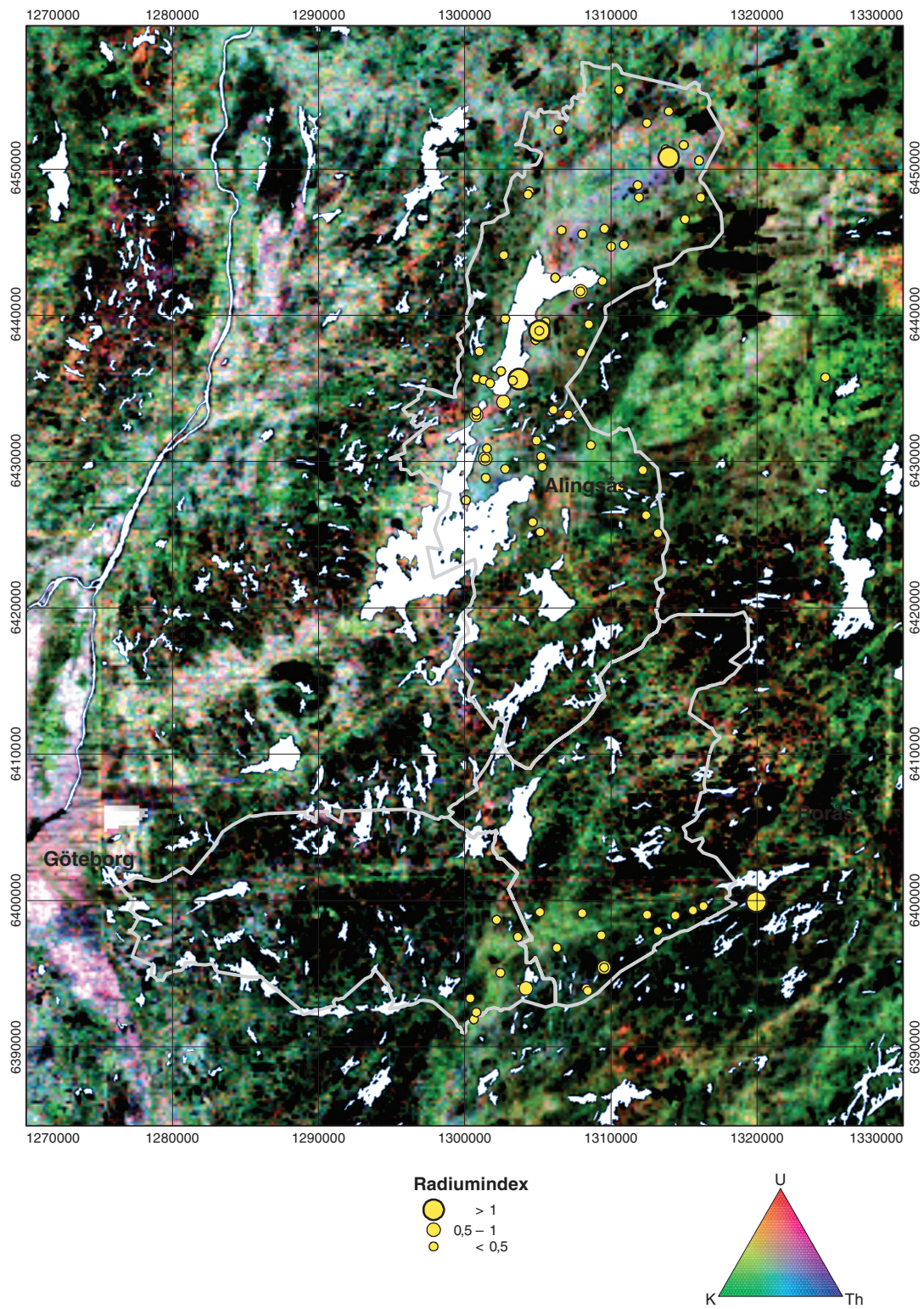


Fig. 9. Ternär gammastrålningskarta. De erhållna radiumindexvärdena visas med gult i proportionerlig storlek.



Fig. 10. Magnetisk anomalikarta där långvågiga anomalier är avlägsnade.

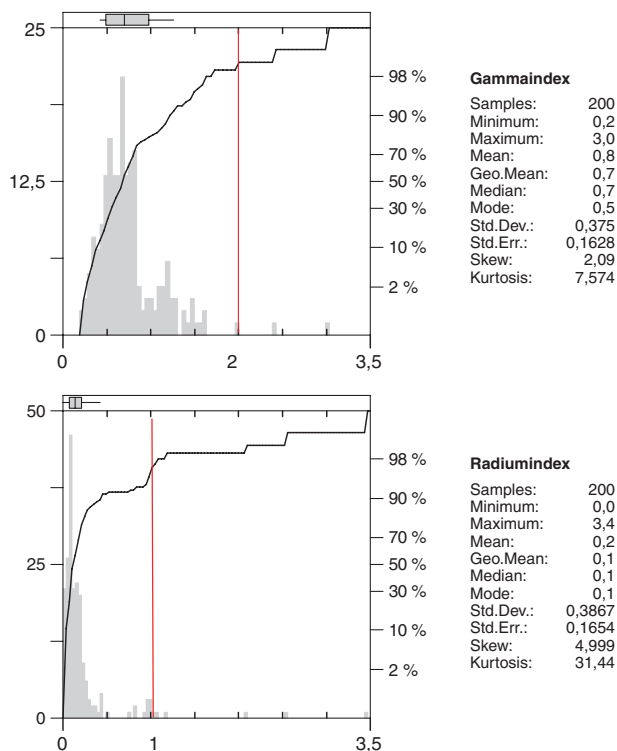


Fig. 11. Statistisk sammanställning av från området erhållna värden för gammaindex och radiumindex.

REFERENSER

- Andersson, J., Möller, C. & Johansson, C., 2002: Zircon geochronology of migmatite gneisses along the southern Mylonite Zone: a major Sveconorwegian terrane boundary in the SW Baltic Shield. *Precambrian Research* 114, 121–147.
- Christoffel, C.A., Connelly, J.N. & Åhäll, K.-I., 1999: Timing and characterization of recurrent pre-Sveconorwegian metamorphism and deformation in the Varberg-Halmstad region of SW Sweden. *Precambrian Research* 98, 173–195.
- Hansen, B.T., Persson, P.-O., Söllner, F. & Lindh, A., 1989: The influence of recent lead loss on the interpretation of disturbed U-Pb systematics in zircons from metamorphic rocks in southwest Sweden. *Lithos* 23, 123–136.
- Johansson, Å., 1993: U-Pb dating of titanites from southwest Sweden. I M.B. Stephens & C.-H. Wahlgren (red.): Ductile shear zones in the Swedish segment of the Baltic shield. Abstracts and excursion guide. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden* 76, 12–13.
- Johansson, L., Möller, C. & Söderlund, U., 2001: Geochronology of eclogite facies metamorphism in SW Sweden. *Precambrian Research* 106, 261–275.
- McEnroe, S.A., Harrison, R.J., Robinson, P., Goila, U. & Jercinovic, M.J., 2001: Effect of fine-scale microstructures in titanohematite on acquisition and stability of natural remanent magnetization in granulite facies metamorphic rocks, southwest Sweden: implications for crustal magnetism. *Journal of Geophysical Research* 106, 30 523–30 546.
- Page, L., Möller, C. & Johansson, L., 1993: 40Ar/39Ar geochronology across the Mylonite Zone in the western Halland and Bohuslän, southern Sweden. I M.B. Stephens & C.H. Wahlgren (red.): Ductile shear zones in the Swedish segment of the Baltic shield. Abstracts and excursion guide. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden* 76, 14–15.
- Pisarevsky, S. & Bylund, G., 1998: Neoproterozoic paleomagnetic directions in rocks from a key section of the Protogine Zone, southern Sweden.
- Åhäll, K.-I., Cornell, D.H. & Armstrong, R., 1998: Ion probe zircon dating of metasedimentary units across the Skagerrak: new constraints for early Mesoproterozoic growth of the Baltic Shield. *Precambrian Research* 87, 117–134.

Östra Göteborg, bergkvalitet

Mattias Göransson, Ulf Bergström, Thomas Eliasson, Fredrik Hellström och Hossein Shomali

INLEDNING

Projektområdet (fig. 1) omfattar kommunerna Alingsås, Bollebygd, Borås, Härryda, Kungsbacka*, Lerum, Mölndal, Partille, Stenungsund, Varberg* och Uddevalla* (* = del av kommun). Målet med projektet är att skapa översiktlig information om berggrundens användbarhet som vägmakadam, järn-

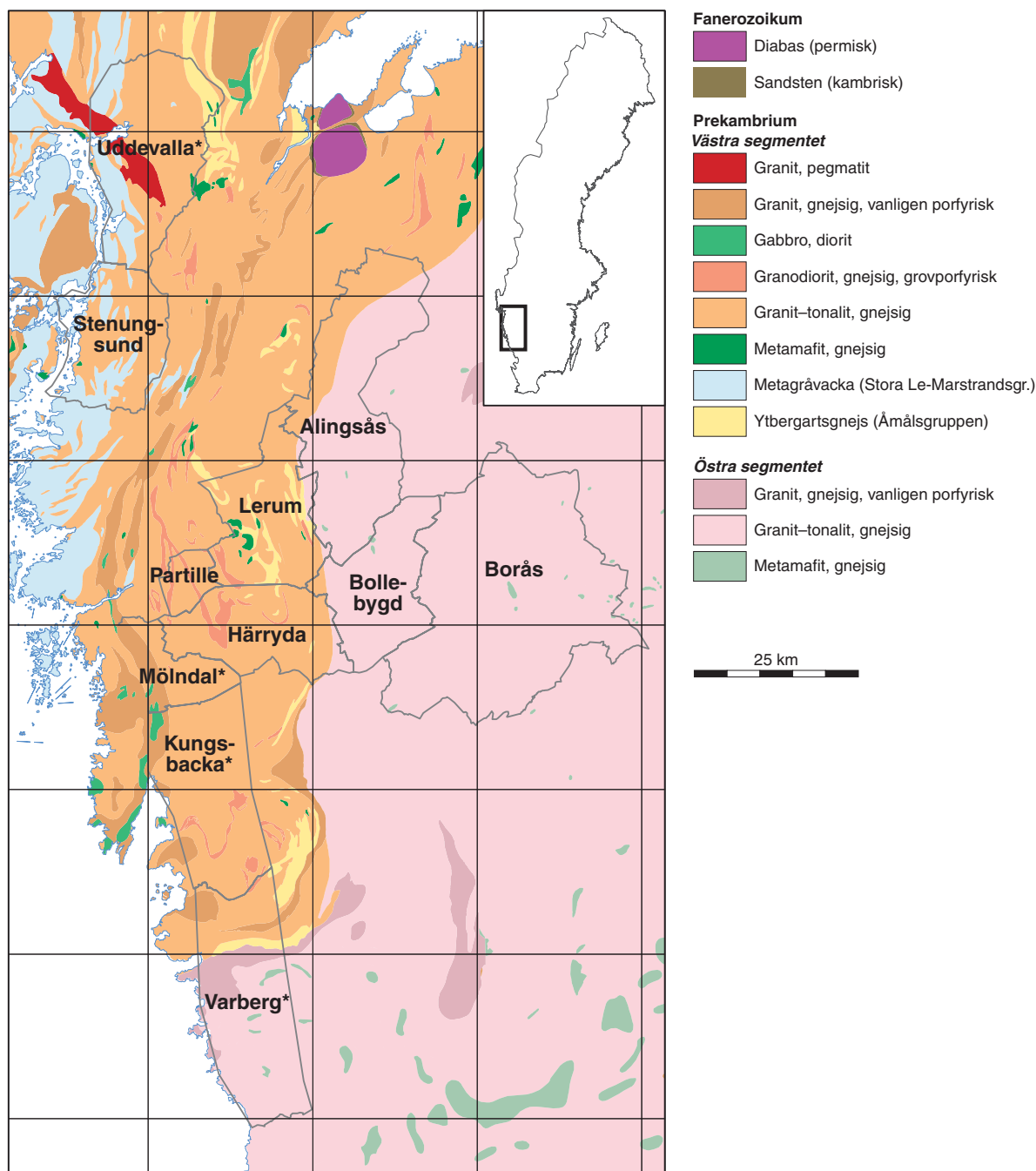


Fig. 1. Berggrundskarta över delar av Västra Götalands och Norra Hallands län modifierad från Lundqvist m.fl. (1995) och Wik m.fl. (2002). I projektet ingående kommuner är markerade.

vägsmakadam och betongballast. Som underlagsmaterial för bergkvalitetskartan användes geofysiska flygmättningsdata och berggrundskartor. Ungefär 75 procent av projektområdet täcks av moderna berggrundsgeologiska kartor i skala 1:50 000. De återstående 25 procenten, Alingsås (norra), Bollebygds (södra), Borås (södra) och Härryda (sydöstra) kommuner berggrundskarteras parallellt inom projektet "Östra Göteborg, berg".

METODIK

Bergkvalitetskartan bygger på den tidigare genomförda berggrundskarteringen och grundar sig på fältkontroll av de dominerande bergartsenheterna vid ett antal utvalda lokaler. En del lokaler har undersökts närmare, och från var och en har ca 70 kg bergmaterial provtagits för teknisk analys. Dessutom har det gjorts mätningar av sprickplanens riktning samt en bedömning av spricktätheten. Polerade tunnslip har framställts av bergarter från varje provplats, och petrografisk analys, ASR- (alkali-silikareaktivitet) och modalanalys samt mikrofotografering har utförts. I de fall där berggrunden är heterogen (flera bergartsled i samma håll), vilket är speciellt vanligt i ådergnejsområden, har två eller flera prover tagits. Spektrometermätning av gammastrålningen har skett vid alla provlokaler.

PARTILLE OCH LERUMS KOMMUNER

Inledning

Partille och Lerums kommuner är berggrundskarterade sedan tidigare och täcks av berggrundskartorna 7B Göteborg SO (Samuelsson 1978) och NO (Samuelsson 1985) samt 7C Borås SV (Ahlin 1980), samtliga i skala 1:50 000. Provtagning och geofysiska mätningar har omfattat ca 40 persondagar under år 2004 och har utförts av två geologer och två geofysiker. Under hösten har också en exkursion genomförts, gemensamt med projektet "Östra Göteborg, berg".

Berggrund

Berggrunden inom Partille och Lerums kommuner (fig. 2) domineras av bergarter som tillhör det "Västra segmentet", vilket utgörs av en samling gnejsiga och vanligen ådrade bergarter som har en ålder av ca 900 till 1 600 miljoner år. Mylonitzonen, som förekommer i kartområdets östra kant, är en bred zon (ca 3 km) med stark till mycket stark deformation (flackt liggande, ådrade gnejser), där "Västra segmentets" bergarter fortfarande till stor del kan identifieras. Nära Lerums östra kommungräns ersätts de av något äldre (ca 1 700 milj. år), ådrade, bandade och utvalsade gnejser med liknande sammansättning. De senare bergarterna tillhör det "Östra segmentet".

Det vanligaste bergartsledet består till största delen av gnejser och ådergnejser av tonalitisk, granodioritisk och granitisk sammansättning tillhörande den s.k. A-gruppen (ca 1 600 milj. år). I området runt tätorten Lerum uppträder olika ytbergarter, dvs. finkorniga grå och röda gnejser som sannolikt har både vulkaniskt och sedimentärt ursprung. I detta område förekommer också ultramafiska bergarter och gabbroider som troligtvis är likåldriga med en svit välbevarade porfyriska granitoider, de s.k. Lerumsgraniterna. Dessutom förekommer långa band av de s.k. "ögongnejserna" som kännetecknas av stora röda porfyroblastar av mikroklin (fig. 3).

I de nordöstra delarna av Lerums kommun uppträder en halvcirkulär magmatisk struktur som består av yngre, porfyriska och jämnkorniga granitoider från vad som kallas B-gruppen (ca 1 560 milj. år). De saknar normalt ådring och intruderar A-svitens bergarter (se ovan) och vissa strukturer i denna. Området har utsatts för upprepad deformation och metamorfos under högtemperaturförhållanden, varvid de äldre bergarterna erhöll en foliation och gnejsighet, omkristalliserade, ådergnejsomvandlades och till viss del migmatitiserades. Äldre foliationsriktningar har veckats i ett senare skede och därefter överpräglats av yngre deformationsmönster. Magnetfältskartan (fig. 4) visar ett bandat anomalimönster som avspeglar

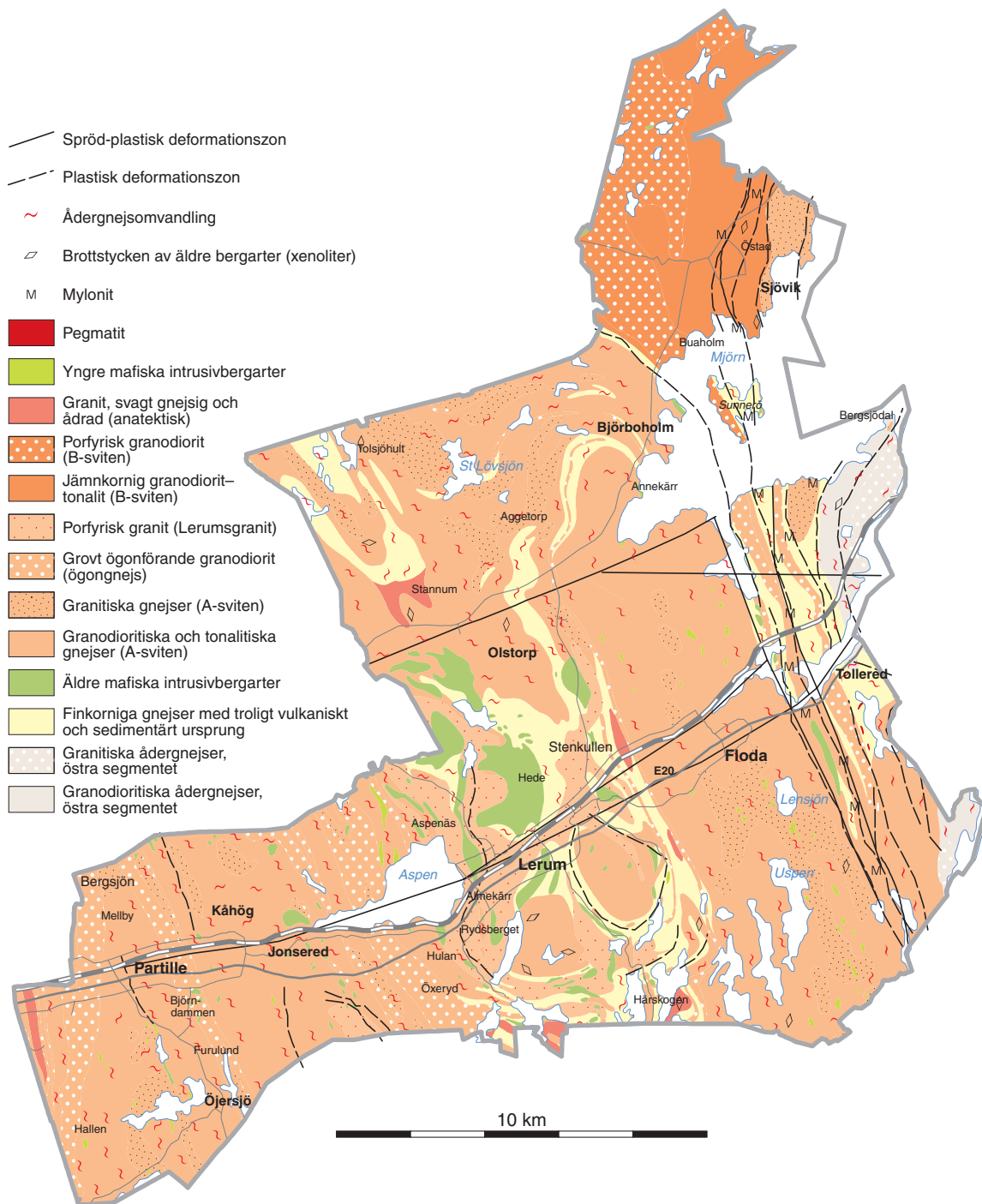


Fig. 2. Berggrundskarta över Partille och Lerums kommuner.

berggrundens nordnordostligt till nordvästligt strykande, långsträckta strukturer.

Efter bergskedjeveckningarna har det bildats ett antal zoner som domineras av en mer spröd deformation, t.ex. längs Sävåns och Lärjeåns dalgångar. Några zoner kan även identifieras som tydliga anomalier på VLF-kartan (fig. 5). Zoner med nordöstlig riktning framträder tydligast beroende på VLF-sändarens läge. Vissa lågmagnetiska, linjära anomalier indikerar sprickzoner i berggrunden, särskilt sådana som sammanfaller med VLF-anomalier.

Mylonitizonen antas ha bildats för ca 1 000 miljoner år sedan, i samband med storskaliga tektoniska rörelser mellan de "Östra och Västra segmenten" under den svekonorvegiska bergskedjeveckningen.



Fig. 3. Grovporfyrisk ögongnejs (1278401/6399766, koordinater i rikets nät).

Bergkvalitet

Kulkvarnsvärdet (FAS-metod 259-02) är ett mått på bergets nötningsmotstånd och är en viktig parameter för att bedöma bergmaterialets lämplighet som vägmakadam (Vägverket 2004). Generellt sett ger glimmerrika och granodioritiska till tonalitiska bergarter, oavsett ålder, nästan alltid höga (dåliga, 17–31 %) kulkvarnsvärden. De bästa resultaten (6–9 %) får finkorniga granitiska, deformerade bergarter, som är associerade med Mylonitzonen. Bergarterna i Mylonitzonen har i många fall en finkornig och ojämnkornig textur, vilket ger bra bergmekaniska egenskaper. Det bör dock noteras att zoner med bergmekaniskt dåligt berg (glimmerrika led, ställvis leromvandlat berg) förekommer i anslutning till dessa. Fint medelkorniga bergarter i närheten av ögongnejserna samt granitiska led inom A-gruppen (ca 1 600 milj. år) ger ofta moderata kulkvarnsvärden (ca 12 %). Karaktäristiskt för ytbergartsgnejserna är att de är jämnkorniga, vanligen glimmerrika (>15 %) och höggradigt omkristalliserade. Med en högre glimmerhalt följer sämre kulkvarnsvärden, och den utpräglade jämnkorniga texturen gör bergarterna spröda och vittringsbenägna. Man kan förvänta sig erhålla bättre bergmekaniska egenskaper djupare ner i opåverkad berggrund på dessa platser.

Generellt sett erhåller många av bergarterna höga till mycket höga (dåliga) Los Angelesstal (LA-tal, mått på sprödhet, European Standard 1998). Nästan alla bergarter (förutom mafiterna och några få tonaliter) inom A- och B-grupperna har högre LA-tal än 30 %. Bergarter som är associerade med Mylonitzonen har generellt sett bra LA-tal (<25 %). Samtliga prover som bedömts vara ASR-reaktiva kommer från bergarter som är associerade med Mylonitzonen, eller har sitt ursprung i ytbergarter. Dessa bör undvikas som betongballast alternativt testas med expansionsförsök. De enda bergarter som har visat moderata till höga strålningsvärden är pegmatiter i Mylonitzonsområdet.

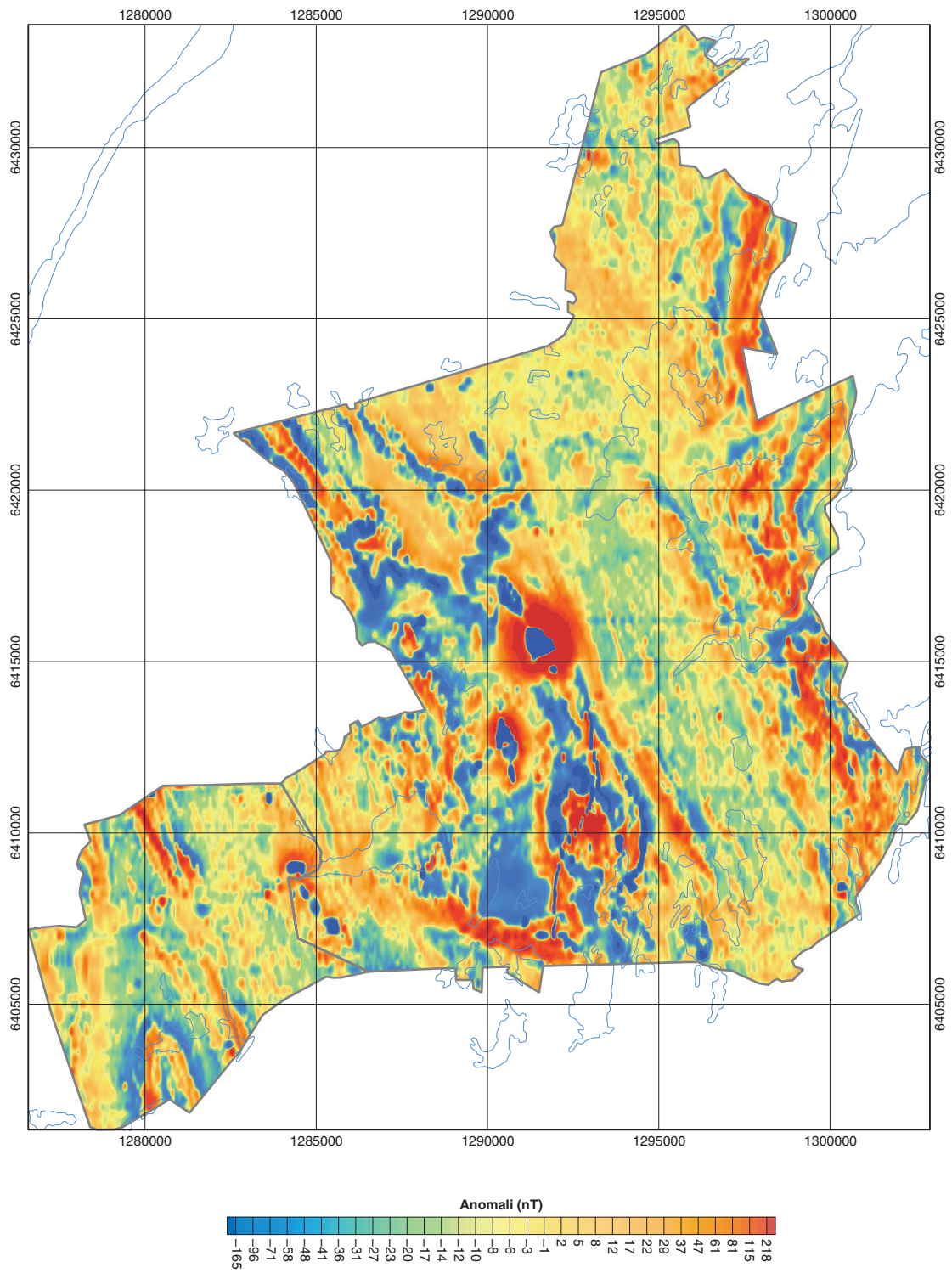


Fig. 4. Magnetisk anomalikarta över Partille och Lerums kommuner.

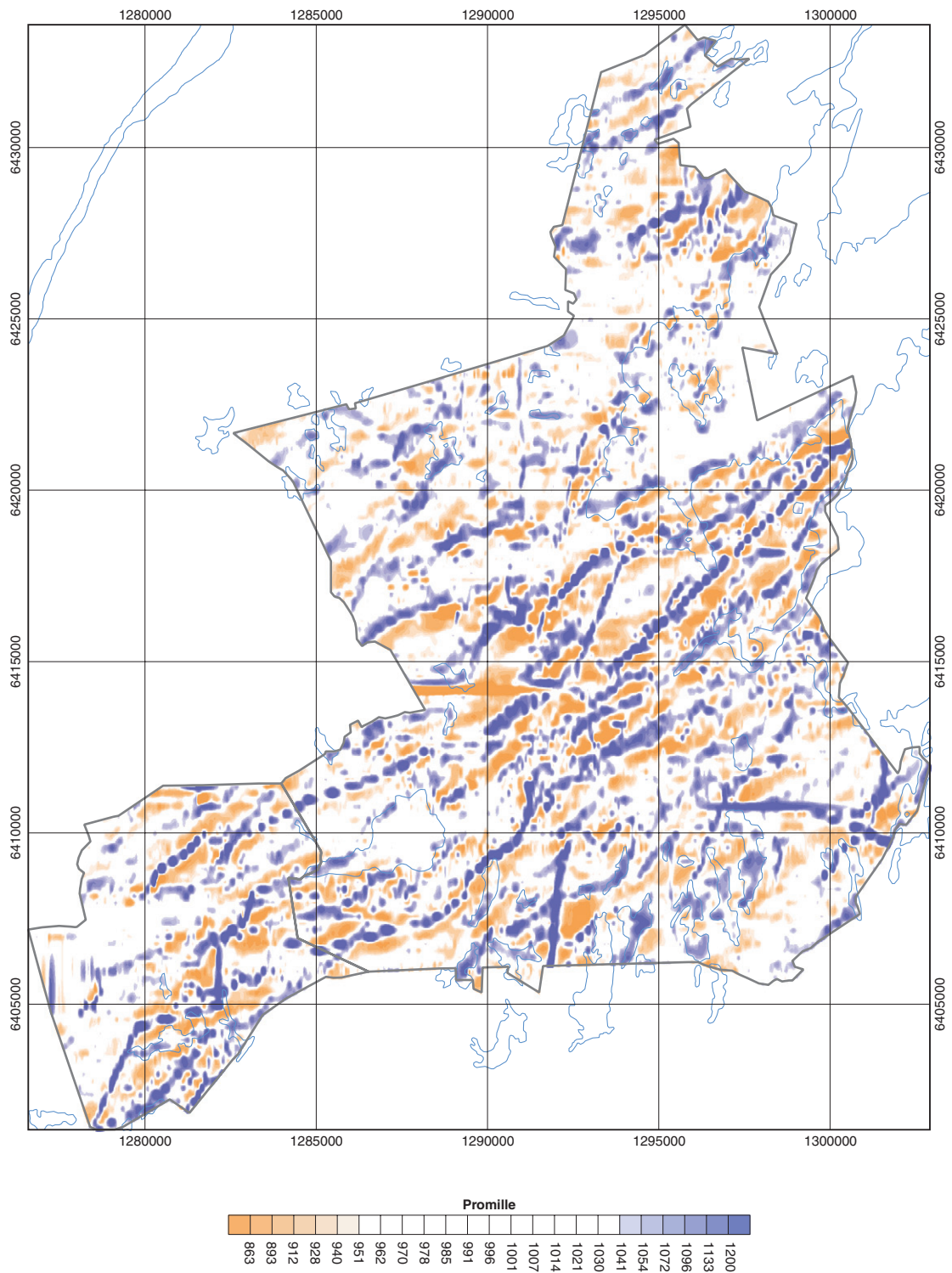


Fig. 5. Elektromagnetisk (VLF) karta över Partille och Lerums kommuner.

MÖLNDALS KOMMUN

Inledning

Den del av Mölndals kommun som ingår i projektområdet är berggrundskarterad sedan tidigare och omfattas av berggrundskartorna 7B Göteborg SO (Samuelsson 1978) och SV (SGUs kartdatabas), 6B Kungsbacka NO (Samuelsson 1982), samtliga i skala 1:50 000. Provtagning och geofysiska mätningar började 2003 och har slutförts under 2004. Under hösten har också en gemensam exkursion genomförts, med projektmedlemmar från projektet "Östra Göteborg, berg".

Berggrund

Berggrunden i Mölndals kommun domineras av granitoider, främst med granodioritisk sammansättning, tillhörande det "Västra segmentet" (fig. 6). Bergarterna är desamma som har beskrivits i stycket "Partille och Lerums kommuner", med undantag för grovporfyrisk granit (Lerumsgranit) som inte förekommer i Mölndals kommun. I de västra delarna av kommunen finns de s.k. RA- och Askimsgra-

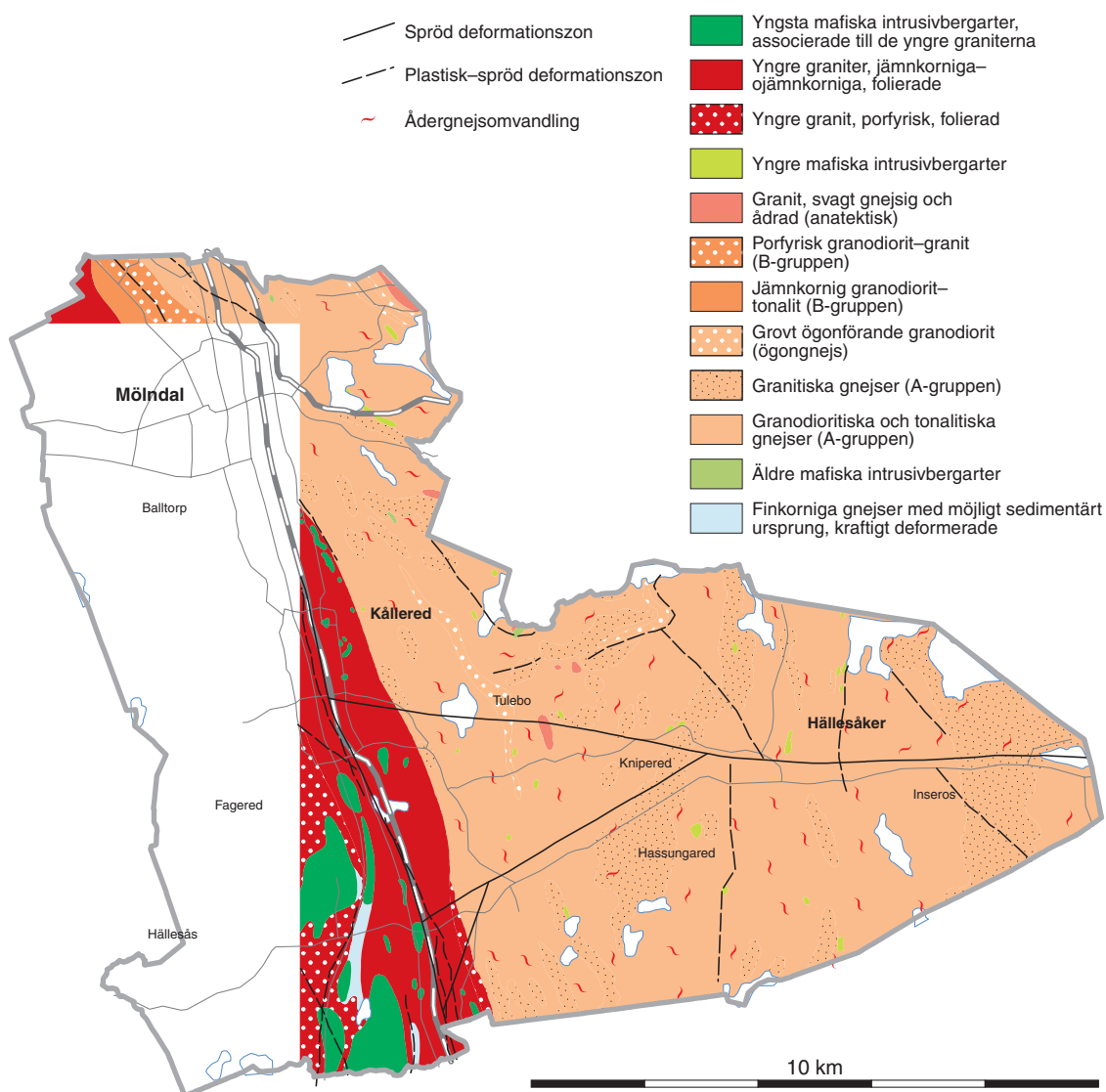
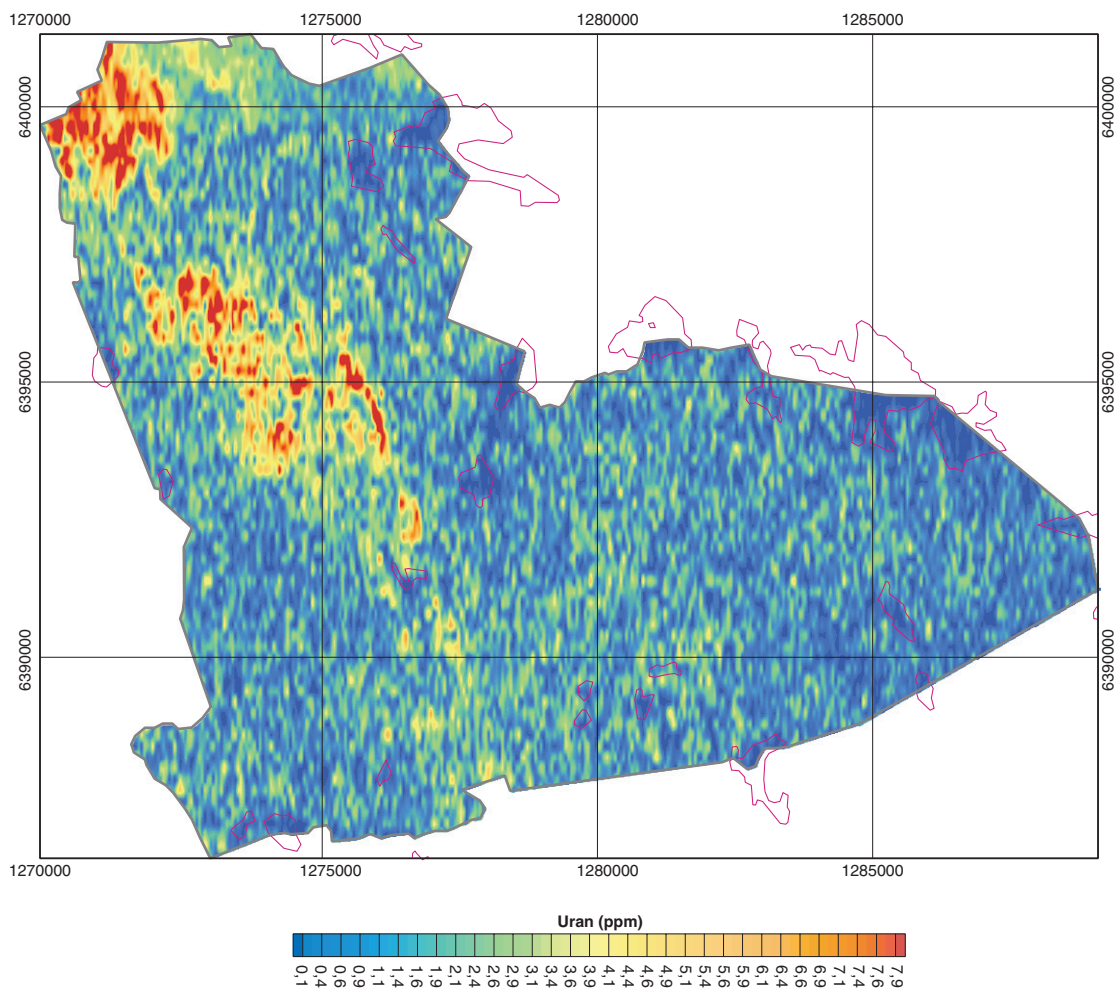


Fig. 6. Berggrundskarta över Mölndals kommun.



Figur 7. Karta över markens uranhalt i Mölndals kommun.

niterna som har en ålder av ca 1 300 miljoner år. Dessa graniter har en högre magnetiseringsgrad än de äldre graniterna, och RA-graniterna uppvisar större radium- och gammaindex än Askimsgraniterna (se fig. 7). Synorogena, mafiska bergarter bildar större kroppar intill de unga graniterna och hybridbergarter förekommer lokalt. Små förekomster av finkorniga, bandade gnejser av metasedimentärt ursprung (Samuelsson 1982) finns i de norra och södra delarna av kommunen.

Bergkvalitet

De lägsta (bästa) kulkvarnsvärdena erhålls i de deformerade, finkorniga, ojämnkorniga RA-graniterna. Även sprödheten (Los Angelesstal, European Standard 1998) för de ojämnkorniga RA-graniterna är låg (bra). De uppträder i allmänhet stråkvis bland mer massformiga, jämnkorniga varianter med något sämre tekniska egenskaper. På grund av RA-granitens något förhöjda strålning är dess lämplighet som betongballast begränsad. De ojämnkorniga RA-graniterna är dessutom de bergarter som bedömts som mest alkali-silkareaktiva, varför man bör undvika att använda dessa som betongballast utan att först ha utfört expansionstester. Ett alternativ är att använda dem tillsammans med alkaliefattig specialcement. Mer än hälften av berggrunden i det "Västra segmentet" utgörs av medelkorniga, lokalt glimmerrika granodioriter och tonaliter med dåliga tekniska egenskaper (kulkvarnsvärde 16–24 %). Små områden med granit förekommer; den har dock bättre tekniska egenskaper (kulkvarnsvärde 12–14 %).

ÖVRIGA OMRÅDEN

Undersökningar i övriga åtta kommuner (Alingsås, Bollebygd, Borås, Härryda, Kungsbacka, Stenungsund, Varberg och Uddevalla) kommer att slutföras under år 2005 och 2006. De flesta bergartsprover som tagits år 2004 är ännu ej färdiganalyserade. De hittills bästa (lägsta) kulkvarnsresultaten erhålls från finkorniga graniter, som är associerade med Mylonitzonen (Alingsås kommun).

REFERENSER

- Ahlin, S., 1980: Beskrivning till berggrundskartan Borås SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 130*, 114 s.
- European Standard 1998: EN 1097-2. Tests for mechanical and physical properties of aggregates – Part 2: Methods for the determination of resistance to fragmentation. *European Committee for Standardization*, 18 s.
- FAS-metod 259-02: Bestämning av kulkvarnsvärde. *Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige*, 5 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*.
- Samuelsson, L., 1978: Beskrivning till berggrundskartan Göteborg SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 117*, 85 s.
- Samuelsson, L., 1982: Beskrivning till berggrundskartan Kungsbacka NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 124*, 100 s.
- Samuelsson, L., 1985: Beskrivning till berggrundskartan Göteborg NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 136*, 101 s.
- Wik, N.-G., Lundqvist, I., Selinus, O., Sivhed, U., Sundberg, A. & Wikström, A., 2002: Malmer, industriella mineral och bergarter i Västra Götalands län, inklusive kommunerna Habo och Mullsjö. *Sveriges geologiska undersökning Rapport och meddelanden 108*, 231 s.
- Vägverket 2004: Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktion. *ATB VÄG 2004 Publ. 2004:111*, 541 s.

E-post: ulf.bergstrom@sgu.se thomas.eliasson@sgu.se fredrik.hellstrom@sgu.se
 mattias.goransson@sgu.se hossein.shomali@sgu.se

Östergötland, bergkvalitet

Ildikó Antal Lundin, Maria Carlsäter, Dick Claeson, Erik Jonsson och Sam Sukotjo

Inledning

Projektet omfattar delar av kartområdena 9H Nyköping SV och SO, 9F Finspång SV och SO, 9G Katrineholm SV, 8G Norrköping NV, delar av kartområdet 8F Linköping samt ett litet område runt Vimmerby (fig. 1). Syftet med projektet är att skapa databaser med information om bergkvalitet. Dessa skall utgöra ett effektivt planeringsunderlag för hushållning med naturresurser för kommuner, länsstyrelser, företag m.fl. i delar av Östergötland, i Nyköpingsområdet samt i Vimmerbyområdet. Projektet ingår i SGUs systematiska geologiska kartering inom befolkningstäta områden och tillgodoser även behov för miljömålet ”God bebyggd miljö”. Resultaten från 2003 års undersökningar redovisas i Antal m.fl. (2004).

Under sommaren 2004 har de geologiska och geofysiska fältarbetena utförts i Linköping–Mjölbyområdet och i Vimmerbyområdet. (fig. 1). Undersökningarna bestod av berggrundsgeologiskt och geofysiskt revideringsarbete samt provtagning för bergkvalitetsanalyser i Linköping–Mjölbyområdet.

Vimmerbyområdet har karterats för att skapa ett underlag för en kommande bergkvalitetsundersökning.

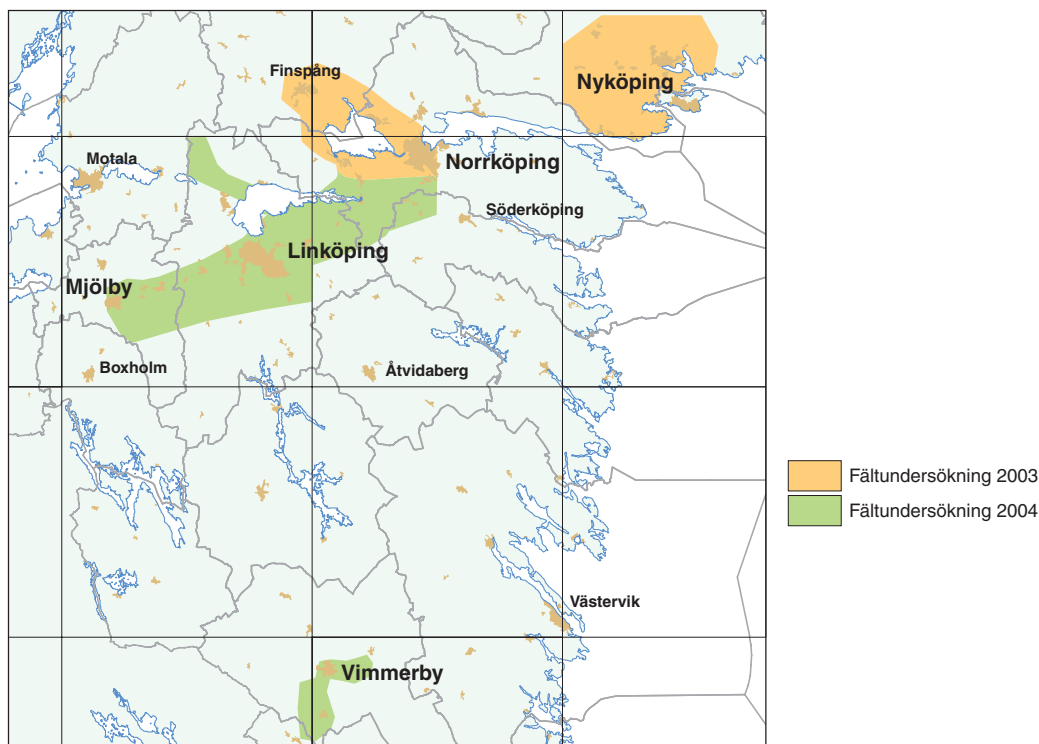


Fig. 1. Projektområdet.

Resultatet av sommarens undersökningar kommer att bearbetas under vintern 2005, varför denna redovisning endast är översiktlig.

Arbetsmetodik

En revidering av befintliga berggrundskartor över Linköping–Mjölbyområdet har genomförts. De dominerande bergartsenheterna har provtagits för teknisk analys, och analyserna utförs av MRM (mark radon miljö) i Luleå. Från området har 64 prover tagits för följande analyser: Los Angeles-, kulkvarns- och ASR-analys samt densitetsmätning. På vissa prover kommer micro-Devalanalys att utföras. Strykning och stupning på berggrundens sprickplan har mätts vid de flesta av provtagningslokalerna. Även gammastrålningsmätningar för bestämning av radium- och gammaindex har utförts på provtagningslokalerna. Mikroskopering av tunnslip från samtliga bergartsprover kommer att utföras. Uppföljning av magnetiska anomalier och gammastrålningsanomalier har utförts.

Geologisk och geofysisk översikt

Moderna berggrundskartor i skala 1:50 000 med beskrivning finns över kartområdena 8F Linköping NO (Fromm & Gorbatshev 1974, Gorbatshev m.fl. 1976), 8G Norrköping NV (Kornfält & Lundström 1974, Kornfält 1975), 8F Linköping SO (Gorbatshev 1974, 1975), 8F Linköping SV (Dahlman & Persson 1981, Persson m.fl. 1981) och 8F Linköping NV (Dahlman & Wikman 1977, Wikman m.fl. 1980). I Vimmerbyområdet finns 6F Vetlanda NO (Persson 1985, 1986), och den östra delen av undersökningsområdet täcks av den provisoriska översiktliga (PÖB) berggrundskartan Oskarshamn (Lundegårdh m.fl. 1985). En berggrundskarta över Östergötlands län i 1:250 000 har framställts av Wikström (1992). Regional berggrundsgelogisk och geofysisk information över Kalmar län i skala 1:250 000 finns i Wik m.fl. (2001) och Bergström m.fl. (2002).

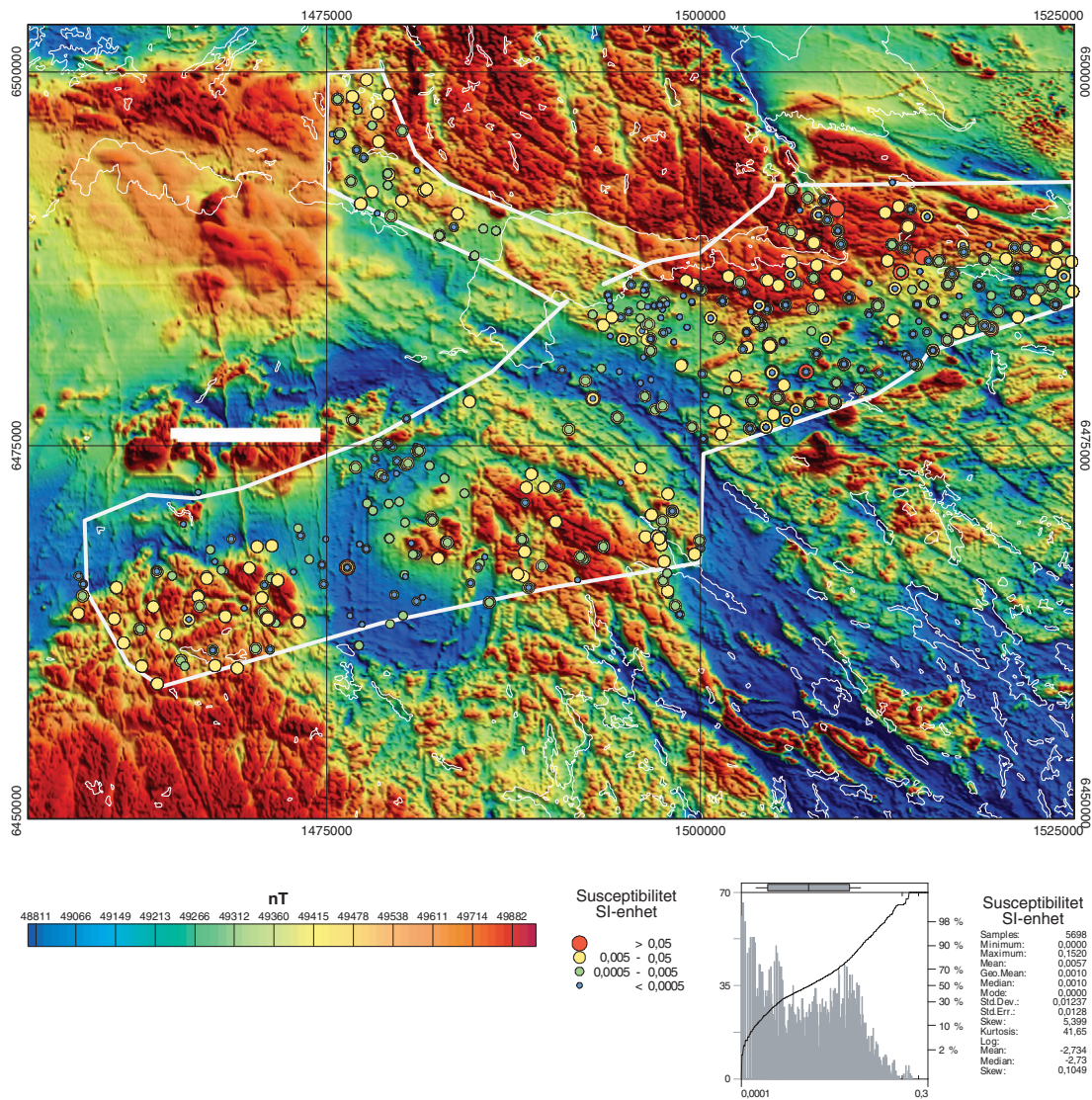


Fig. 2. Magnetisk anomalikarta över Linköping–Mjölbyområdet. Susceptibiliteten mätt på hällar visas i proportionerlig storlek.

För undersökningsområdena Linköping–Mjölby samt Vimmerby föreligger flygmätt geofysisk information från 1964, 1974, 1976, 1979, 1999 och 2003. Den omfattar magnetfält, gammastrålning och elektromagnetiska (VLF) data. Mätningar av VLF-fältet från 1999 och 2003, över de östra delarna av 8G Norrköping och 8F Linköping, har gjorts med två valda sändare. Detta innebär att en karta över markens skenbara resistivitet kan framställas över mätområdet.

De äldsta bergarterna i Linköping–Mjölbyområdet bildades under den svekokarelska bergskedjebildningen. De uppträder i de norra delarna av undersökningsområdet. Bergarterna har såväl vulkaniskt som sedimentärt ursprung. Dessa intruderades senare av djupbergarter med granitisk sammansättning. Därefter omvandlades samtliga bergarter kraftigt under högt tryck och hög temperatur vilket resulterade i migmatisering (smältning).

Projektområdet består dock till övervägande del av intrusiva bergarter tillhörande det transskandinaviska magmatiska bältet (TMB). Sammansättningen på djupbergarterna där varierar från granit till granodiorit, kvartsmonzonit och diorit. Granitoiderna är ofta medel- till grovkorniga, jämnkorniga eller ögonförande. Färgen varierar mellan röd, rödgrå och gråröd, beroende på sammansättningen.

Några, huvudsakligen nord-sydligt strykande, diabasgångar genomkorsar området. De mest fram-

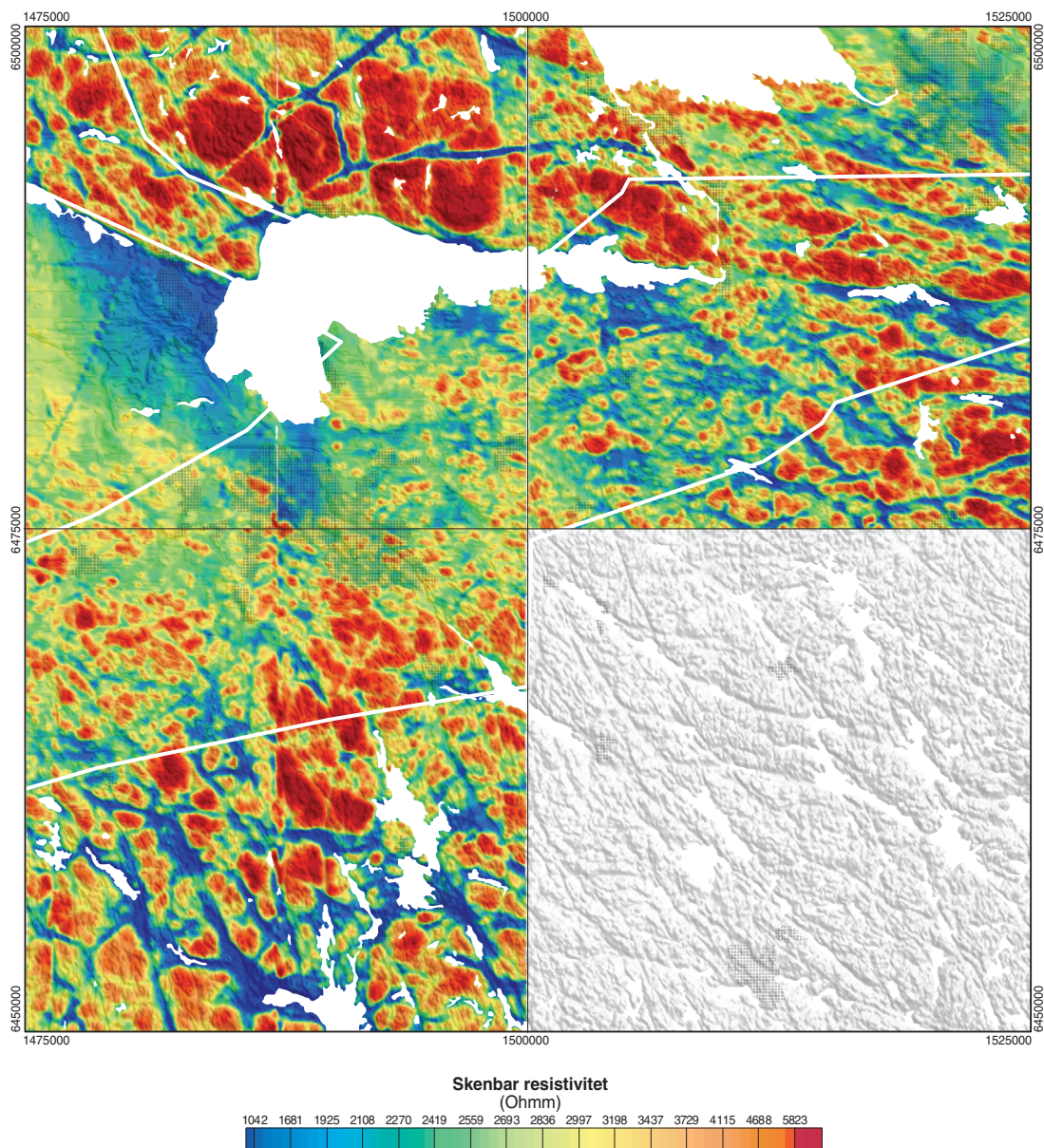


Fig. 3. Karta över markens skenbara resistivitet i Linköping–Mjölbyområdet.

trädande tektoniska lineamenten har nordvästlig eller nordnordvästlig riktning. De syns tydligt på den magnetiska anomalikartan som lågmagnetiska stråk (fig. 2). De flesta av dem har en spröd karaktär, och VLF-informationen (fig. 3) över området antyder att flertalet av dem är vattenförande. En betydande förkastningsbrant löper i huvudsakligen ost–västlig riktning och följer sjön Roxens norra strandlinje. Gammastrålningskartan över området visas i figur 4. Mestadels är det senorogena graniter och pegmatiter som har höga gammastrålningsvärden. Norr om Rystad har pegmatitiska graniter en uranhalt på 15,8 ppm och öster om Linghem är uranhalt 18,6 ppm. Öster om Rystad finns pegmatitgranit som innehåller 22,2 ppm uran.

Den högsta uranhalt i pegmatit (44,0 ppm) har uppmätts i Mosshult. En hög uranhalt (16,7 ppm) har även uppmätts söder om Lövstad. Enligt rekommendationer från de nordiska ländernas strålskyddsinstitutioner bör gammaindex för byggnadsmaterial vara mindre än 2 och radiumindex mindre än 1. (The Radiation Protection Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden 2000). En procent av alla hällmätningar inom området visar ett gammaindex större än 2, och 2,8

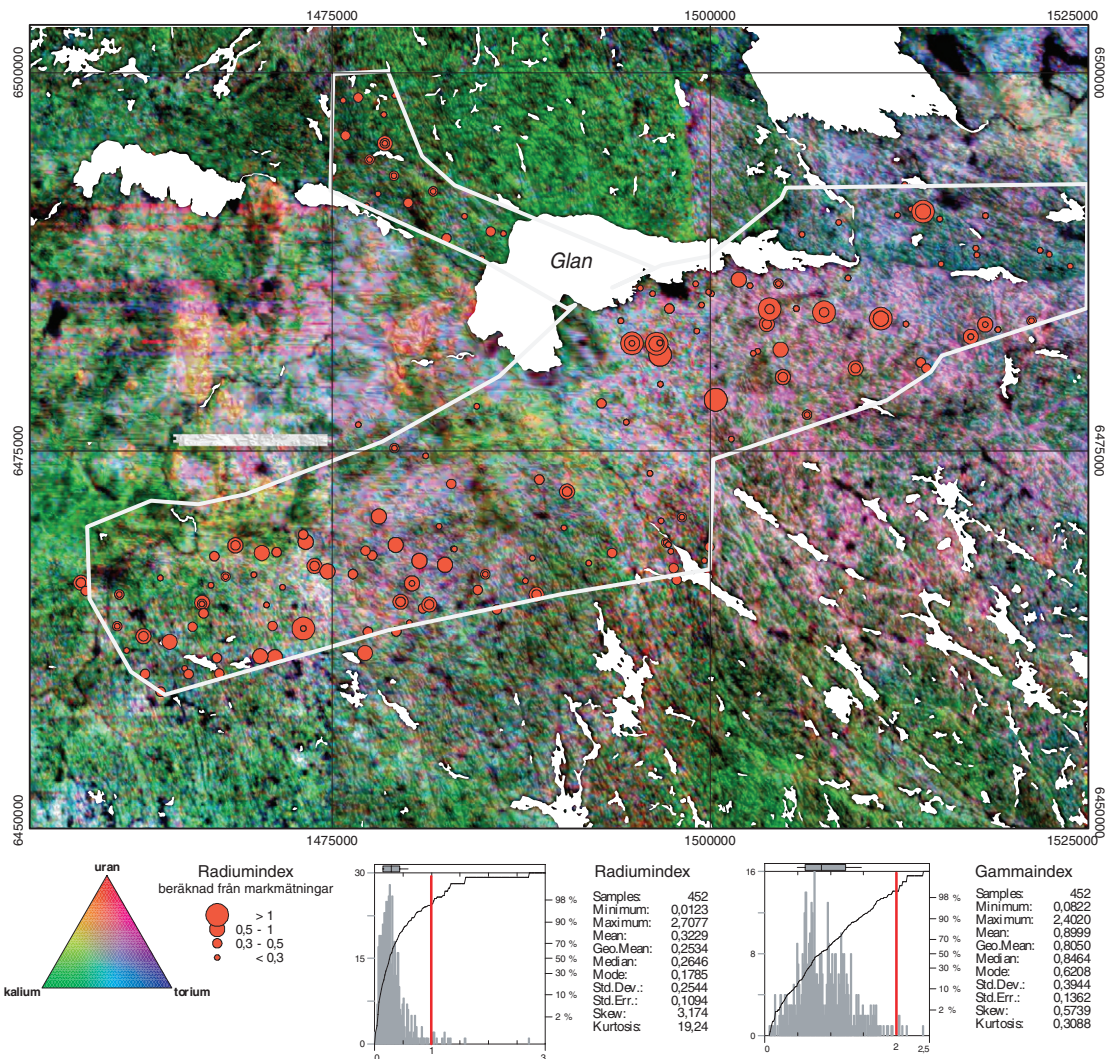


Fig. 4. Ternär karta över markens gammastrålning i Linköping–Mjölbyområdet. Uranhalter mätta på hållar visas i proportionerlig storlek.

procent ett radiumindex större än 1 (se statistisk sammanställning i fig. 4).

Bergarterna i Vimmerbyområdet består av felsiska vulkaniter och intrusiva bergarter tillhörande TMB. Vulkaniterna är vanligen mycket finkorniga till finkorniga, fältspat- eller kvartsporfyriska ryoliter, men även dacitiska till kvartslatitiska led förekommer. Sammansättningen hos de intrusiva bergarterna är huvudsakligen granitisk (monzo- och syenograniter) samt kvartsmonzonitisk till monzonitisk. De intrusiva bergarterna är i de flesta fall medel- till grovkorniga, ojämnkorniga till porfyriska och massformiga. Lokalt förekommer dock foliation och stänglighet.

Ryoliterna har generellt låg susceptibilitet (medelvärde 400×10^{-5} SI-enheter, medianvärde 180×10^{-5} SI-enheter), medan daciternas med några undantag är högre (medelvärde 1300×10^{-5} SI-enheter, medianvärde 1200×10^{-5} SI-enheter).

De intrusiva bergarterna i området har varierande susceptibilitet, granitiska led har den lägsta bulk-susceptibiliteten, (600×10^{-5} SI-enheter), kvartsmonzoniter och monzoniter i området något högre (1900×10^{-5} SI-enheter).

Diabasgångar med nord-sydliga och nordostliga riktningar liksom nordvästligt strykande spröda deformationszoner framgår tydligt på den magnetiska anomalikartan (fig. 5). Ett flertal spröda zoner, framför allt nordvästligt till nära nord-sydligt strykande, har identifierats i fält.

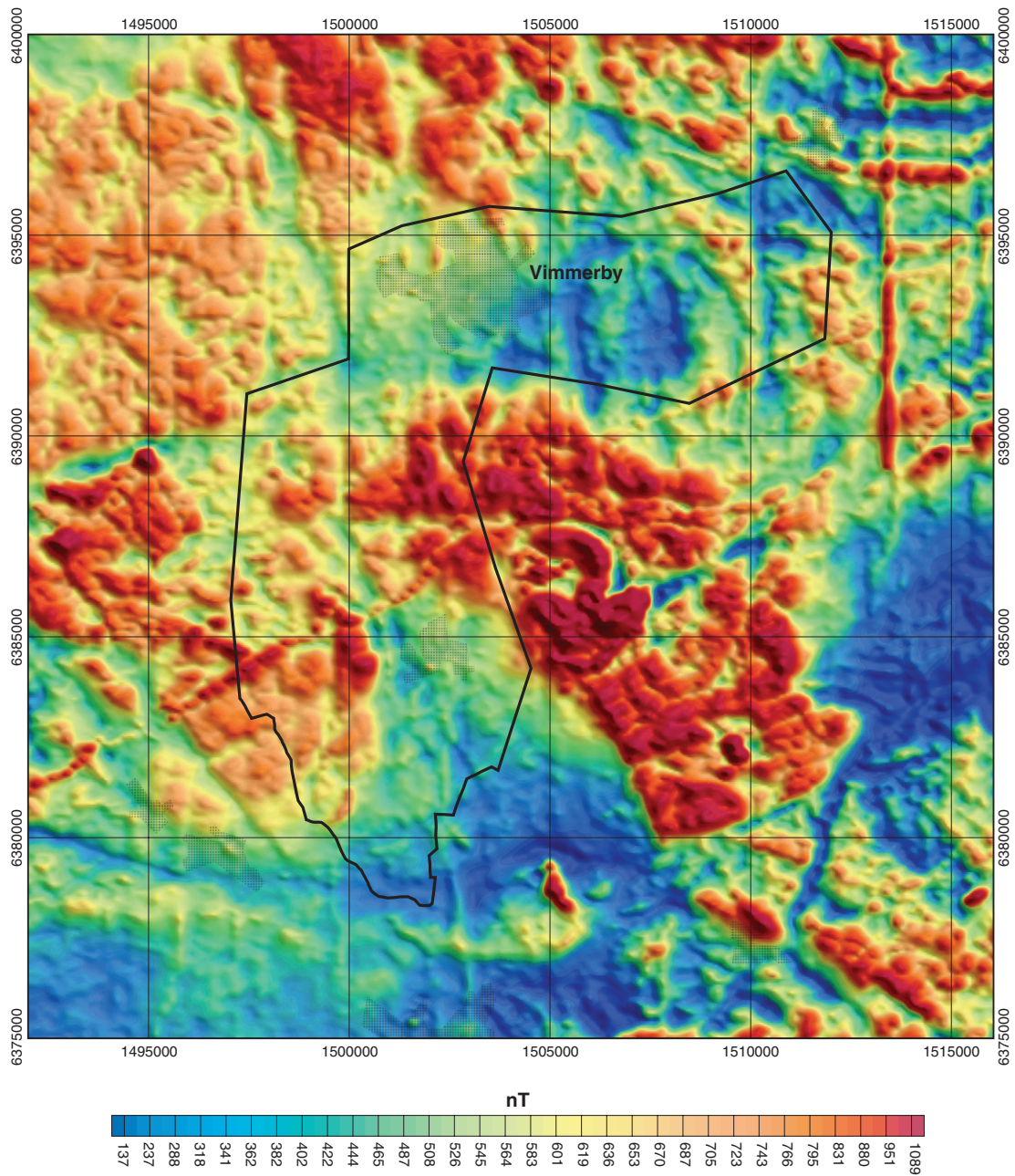


Fig. 5. Magnetisk anomalikarta över Vimmerbyområdet.

REFERENSER

- Antal Lundin, I., Claeson, D., Carlsäter, M. & Sukotjo, S., 2004: Östergötland, bergkvalitet. I H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2003. *Sveriges geologiska undersökning Rapport och meddelanden 116*, 75–90.
- Bergström, U., Juhojuntti, N., Kero, L., Lundqvist, L., Stephens, M., Sukotjo, S., Wik, N.-G. & Wikman, H., 2002: Projekt Småland. I H. Delin (red): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2001. *Sveriges geologiska undersökning Rapport och meddelanden 110*, 65–83.
- Dahlman, B. & Wikman, H., 1977: Berggrundskartan 8F Linköping NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 119*.
- Dahlman, B. & Persson, L., 1981: Berggrundskartan 8F Linköping SV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 132*.

- Fromm, E. & Gorbatshev, R., 1974: Berggrundskartan 8F Linköping NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 107*.
- Gorbatshev, R., 1974: Berggrundskartan 8F Linköping SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 113*.
- Gorbatshev, R., 1975: Beskrivning till berggrundskartan 8F Linköping SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 113*, 76 s.
- Gorbatshev, R., Fromm, E. & Kjellström, G., 1976: Beskrivning till berggrundskartan Linköping NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 107*, 111 s.
- Kornfält, K.-A., 1975: Beskrivning till berggrundskartan Norrköping NV. *Sveriges geologiska undersökning Af 108*, 54 s.
- Kornfält, K.-A. & Lundström, I., 1974: Berggrundskartan 8G Norrköping NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 132*.
- Lundegårdh, P.H., Wikström, A. & Bruun, Å., 1985: Beskrivning till provisoriska översiktliga berggrundskartan Oskarshamn. *Sveriges geologiska undersökning Ba 34*, 26 s.
- Persson, L., 1985: Beskrivning till berggrundskartorna Vetlanda NV och NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 150 och 151*, 138 s.
- Persson, L., 1986: Berggrundskartan 6F Vetlanda NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 151*.
- Persson, L., Dahlman, B. & Bruun, Å., 1981: Beskrivning till berggrundskartan Linköping SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 132*, 150 s.
- The Radiation Protection Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden, 2000: Naturally occurring radioactivity in the Nordic countries – recommendations. *ISBN 91-89230-00-0*, 81 s.
- Wik, N.-G., Daniels, J., Juhojuntti, N., Kero, L., Persson, L. & Wikman, H., 2001: Projekt Småland. I H. Delin (red.): Regional berggrundsgelogisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2000. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 105*, 75–85.
- Wik, N.-G., Bergström, U., Claeson, D., Juhojuntti, N., Kero, L., Lundqvist, L., Petersson, J., Sukotjo, S., Wedmark, M. & Wikman, H., 2003: Projekt Småland regionalt berg. I H. Delin (red.): Berggrundsgelogisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2002. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 112*, 96–116.
- Wikman, H., Dahlman, B. & Bruun, Å., 1980: Beskrivning till berggrundskartan Linköping NV. *Sveriges geologiska undersökning Af 119*, 105 s.
- Wikström, A., 1992: Berggrunden i Östergötlands län, skala 1: 250 000. *Sveriges geologiska undersökning Ab 14*.

E-post: ildiko.antal@sgu.se maria.carlsater@sgu.se dick.claeson@sgu.se erik.jonsson@sgu.se
 sam.sukotjo@sgu.se

Örebro, bergkvalitet

Martin Ahl och Lutz Kübler

INLEDNING

Projektets syfte är att skapa databaser innehållande bergkvalitetsinformation, som ett effektivt underlag till planering och resurshushållning för kommuner, länsstyrelser, företag m.fl. i Örebro, Kumla och en del av Hallsbergs kommun (fig.1). Arbetet började under 2003 och beräknas ta två och ett halvt år i anspråk. Tidigare arbeten, befintlig geologisk information, en geologisk karakteristik och 2003 års resultat redovisas i Ahl m.fl. (2003).

Årets fältarbete

I årets fältarbete har följande personer deltagit: Martin Ahl, Lutz Kübler och Gunnar Rauséus.

2003 års arbete följdes upp med kompletterande prover från ur bergkvalitetssynpunkt kritiska bergartsled. Totalt samlades 36 bergartsprover à ca 70 kg in. De skickades till MRMs laboratorium i Luleå för teknisk analys. De tekniska analyser som har genomförts där är bestämning av densitet, kulkvarnsvärde, Los Angelestal och micro-Devalvärde. Dessutom har en petrografisk besiktning av tunnslip från bergarterna genomförts för att bedöma risken för alkalisilikareaktion (ASR) i betong. De senare analyserna har genomförts av Betonginstitutet, Stockholm. Alla provernas kemiska sammansättning har också fastställts genom analyser utförda av ACME, Canada. En första granskning av analysresultaten från 2004 och 2003 ger vid handen, att materialet är väldigt heterogent med avseende på bergkvalitet, speciellt när det gäller ytbergarter som metavulkanit och metasedimentära bergarter, medan de granitoida djupbergarterna uppvisar ett mer samlat fält. I figur 2 redovisas alla tekniska analyser sorterade i bergartsgrupper med avseende på Los Angelestal och kulkvarnsvärde. Under hösten genomfördes en exkursion i projektområdet, där viktiga lokaler och bergtäkter besöktes, bland annat Dyltatäkten (fig. 3).

Det geofysiska fältarbetet ägnades huvudsakligen åt uppföljning av bergkvalitetsprovtagningen med hjälp av gammastrålningsmätningar och petrofysisk provtagning. Ett sextiotal prover för mätning av petrofysiska egenskaper har samlats in. Därmed är i stort sett samtliga bergkvalitetslokaler petrofysiskt dokumenterade. Eftersom dessa också blev analyserade med hänsyn till sina kemiska sammansättningar var det möjligt att göra en jämförelse med de resultat, som erhållits vid gamma-spektromettermätningar direkt på håll. Detta gäller för elementen kalium, uran och torium (fig. 4). Det måste påpekas att varje spektromettermätning omfattar grovt räknat ca en halv kubikmeter berg och den utförs på minst två punkter på hällen (i många fall 3 eller fler). Kemiska analyser omfattar normalt några kilo bergartsmaterial. Heterogent berg ger alltså en större diskrepans mellan de två mätmetoderna än homogent berg. Torium uppvisar den bästa korrelationen.

Det insamlade geologiska och geofysiska materialet kommer att bearbetas och utvärderas under våren 2005, då även sammanställningen av bergkvalitetskartan kommer att göras.

REFERENSER

Ahl, M., Kübler, L. & Carlsäter, M., 2004: Örebro, bergkvalitet. I H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2003. *Sveriges geologiska undersökning Rapportier och meddelanden 116*, 91–96.

E-post: martin.ahl@sgu.se lutz.kubler@sgu.se

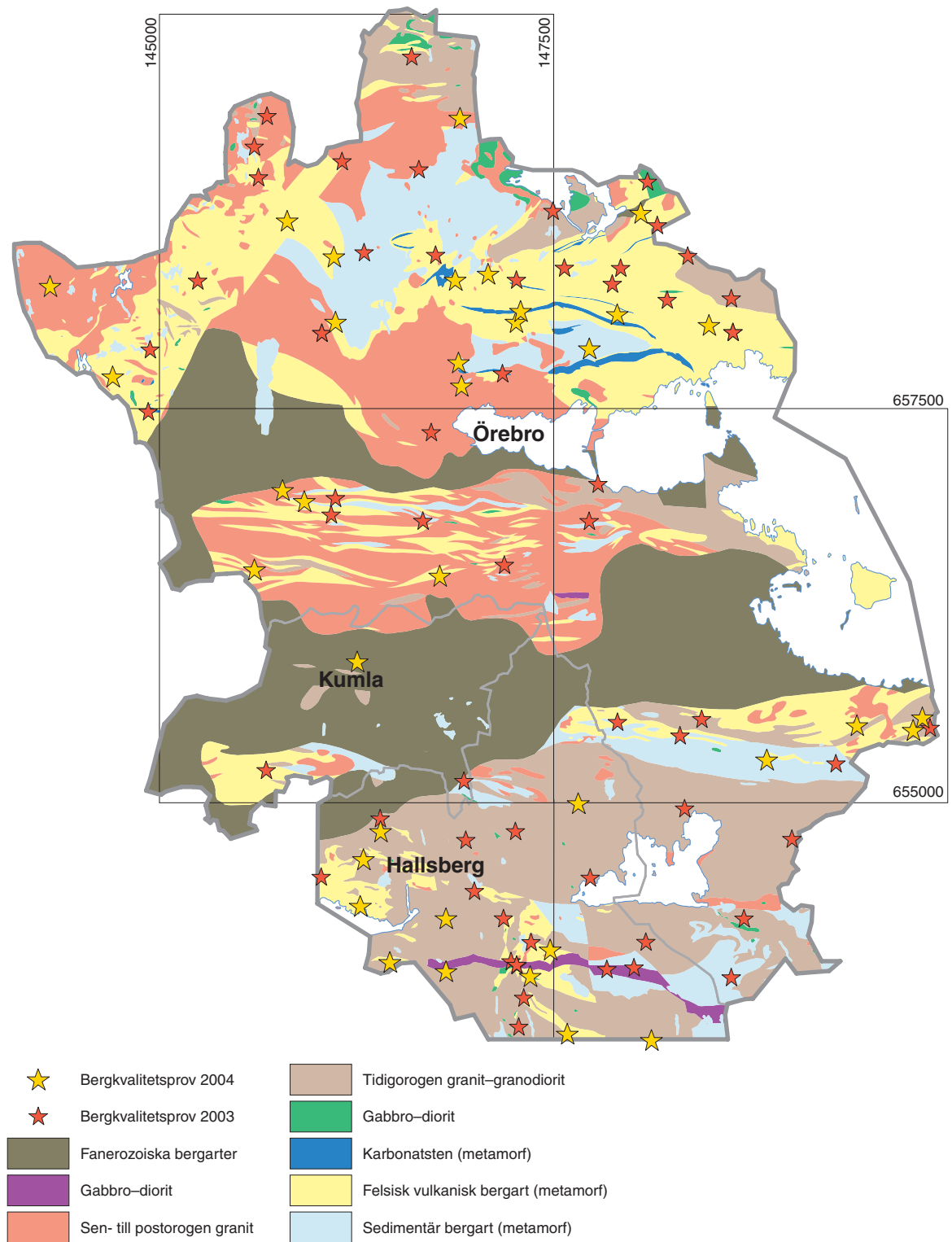


Fig. 1. Översiktskarta med 2004 års provplatser utmärkta med gula stjärnor.

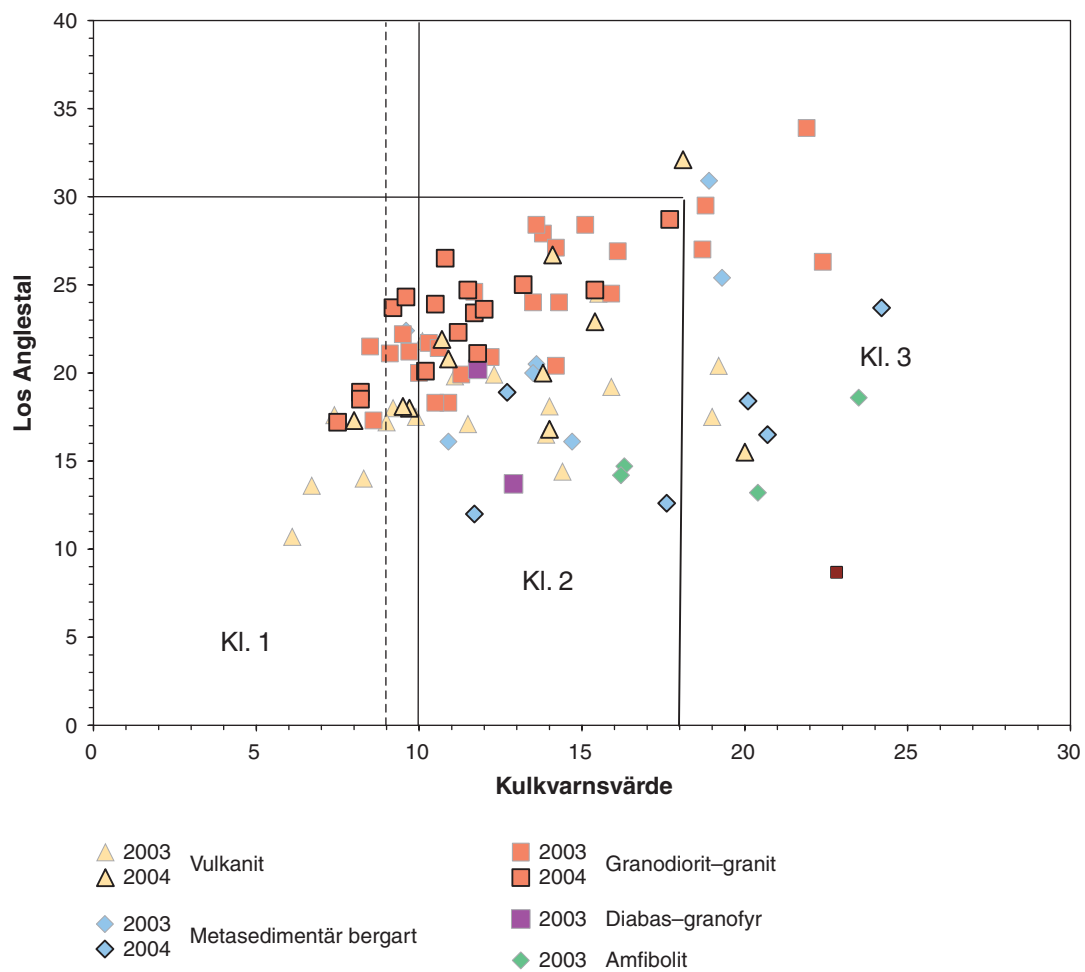


Fig. 2. Los Angelesstal mot kulkvarnsvärde. Bergkvalitetsklasser; Kl. 1 = god, Kl. 2= mindre god, Kl. 3 dålig.



Fig. 3. Dylta bergtäkt och asfaltverk (6584778/1477252). Koordinater i rikets nät.

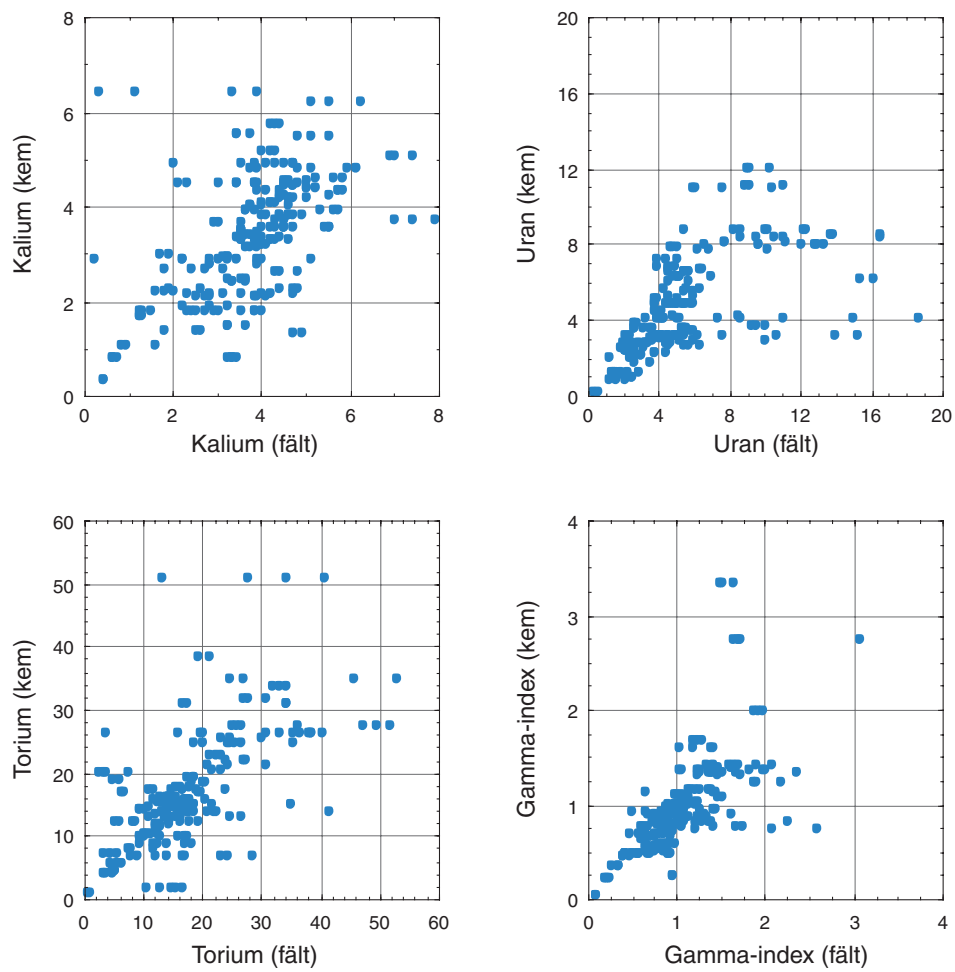


Fig. 4. Jämförelse mellan två analysmetoder för bestämning av kalium-, uran- och toriumhalter. Kemiska analyser (x-axeln) och gammaspektrometermätningar utförda direkt på häll (y-axeln).

Östra Mälardalen, berg

Magnus Ripa, Mehrdad Bastani, Hans Delin och Lena Persson

INLEDNING

PROJEKTBESKRIVNING

Under våren 2003 startade SGU ett karteringsprojekt som omfattar berggrunden i de områden som motsvaras av topografiska kartbladen (skala 1:50 000) 11H Enköping NV och NO samt 11I Uppsala NO, enligt LMVs indelning (fig. 1). Projektet avser att ge en modern och mer detaljerad bild av berggrunden i området än vad som sammanställdes inom ramen för det så kallade Bergslagsprojektet (Stephens m.fl. 2000, 2001). Den geologiska undersökningen kommer i huvudsak att bedrivas som så kallad baskartering varvid ca 4–5 km² per person och dag undersöks. Längs vägar med vägnummer <100 och i större samhällen kommer så kallad reguljärkartering att bedrivas, vilket innebär en något mer noggrann undersökning. All insamlad information kommer att lagras i SGUs databaser.

Under fältsäsongerna 2003 och 2004 bedrevs geologiska och geofysiska undersökningar i projektområdet. Resultaten av 2003 års undersökningar beskrevs av Ripa m.fl. (2004). Delområdet 11H Enköping NV är färdigundersökt, och under säsongen 2005 kommer 11H Enköping NO och 11I Uppsala NO att göras klara.

Daniel Boman, Erik Eneroth, Helena Lager, Daniel Larsson, Anders Lundgren och Niklas Olsson deltog i fältundersökningarna. Oskar Aurell biträdde vid sammanställningsarbetet.

REGIONAL GEOLOGI

Områdets berggrund domineras av bergarter som bildades under den svekokarelska orogenesen (bergskedjebildningen) för cirka 1960 till 1750 miljoner år sedan. Äldst i det aktuella området är svekofenniska ytbergarter (bergarter avsatta på jordytan), som utgörs av vulkaniska och sedimentära avlagringar bildade för cirka 1900 miljoner år sedan. Ytbergarterna intruderades av djup- och gångbergarter (intrusivbergarter bildade i jordskorpan) för cirka 1900 till 1850 miljoner år sedan. Djupbergarterna kallas tidigorogent svekokarelska. Alla ovannämnda bergarter metamorfoserades (omvandlades genom att de fördes ner i jordskorpan och där utsattes för höga temperaturer eller tryck) under kulminationen av orogenesen. Lokalt var omvandlingen så stark att bergarterna smälte. Smältorna (magmor) gav upphov till en ny generation av djup- och gångbergarter, som kallas syn- till senorogent svekokarelska. De bergarter som omvandlades har prefixet ”meta-” framför sitt namn i denna rapport, t.ex. metagranit. Efter den svekokarelska orogenesen intruderades den äldre berggrunden av flera generationer av diabasgångar. I Almungetrakten (11I Uppsala NO) finns bergarter med alkalinaffinitet. Deras relation till övriga bergarter är oklar.

KARTOMRÅDEN 11H ENKÖPING NV OCH NO

Kartområdena 11H Enköping NV och NO ligger i Västmanlands och Uppsala län. De omfattar delar av Sala, Heby, Uppsala, Enköpings, Håbo och Västerås kommuner. Ingen landdel av Håbo kommun berörs dock.

Äldre geologiskt material som berör kartområdena utgörs av Kugelberg (1862, 1863), Hummel (1865), Gumaelius (1868) och Gumaelius & Paykull (1865). Relativt modernt geologiskt material är ”Kartbladet Uppsala” (Lundegårdh & Lundqvist 1956). Modernt geologiskt material finns för omkringliggande områden, nämligen 11G Västerås NO (Ripa & Kübler 2003, Ripa m.fl. 2002), 12G Avesta SO (Persson 1997), 11H Enköping SO (Stålhös 1974), 11H Enköping SV (Stålhös 1977),

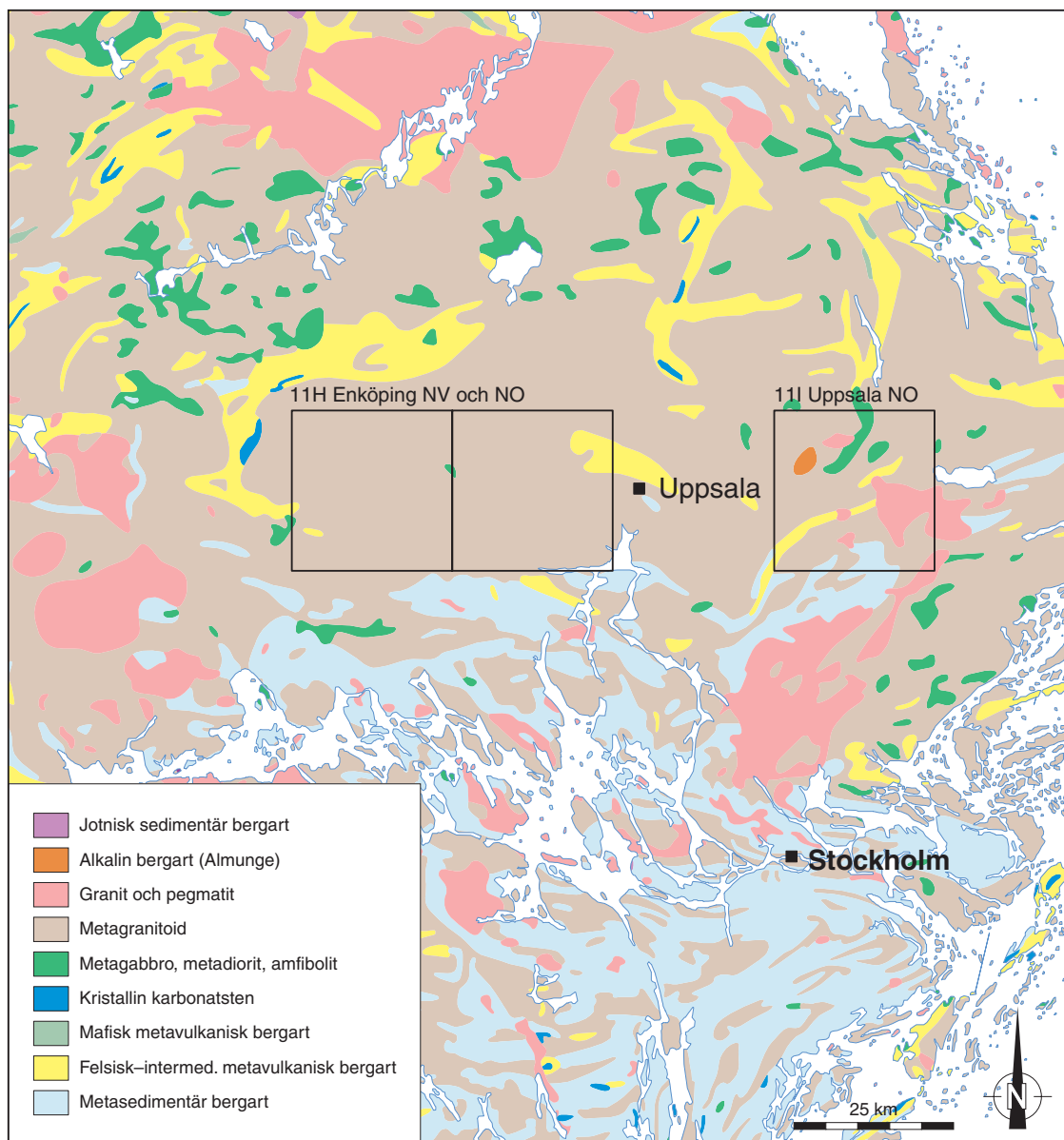


Fig. 1. Översiktlig berggrundskarta (modifierad från Lundqvist m.fl. 1994) över den del av landet där projektområdet ligger. De enskilda kartområdena är markerade med rutor.

12I Östhammar SV (Stålhös 1991), 11I Uppsala NV (Arnbom & Persson 2002) och 11G Västerås SO (Arnbom 1999). Kartområdena 12H Söderfors SV och SO undersöktes fältsäsongerna 2000 och 2001 under ledning av Stefan Bergman och Hans Delin (Bergman m.fl. 2001, 2002). Se även Stephens m.fl. (2000, 2001).

Under fältsäsongen 2004 omfattade den geologiska undersökningen ca 500 km², och 782 observationer lades in i SGUs hälldatabas (halldb).

Allmän geologi

I de hittills undersökta områdena (fig. 2) förekommer underordnade svekofenniska ytbergarter, vilka är de äldsta bergarterna i området. För övrigt dominerar djupbergarter. De kan indelas i tre typer: tidigorogena metagranitoider och metamafiter, sen- till synorogena gångbergarter samt yngre diabaser.

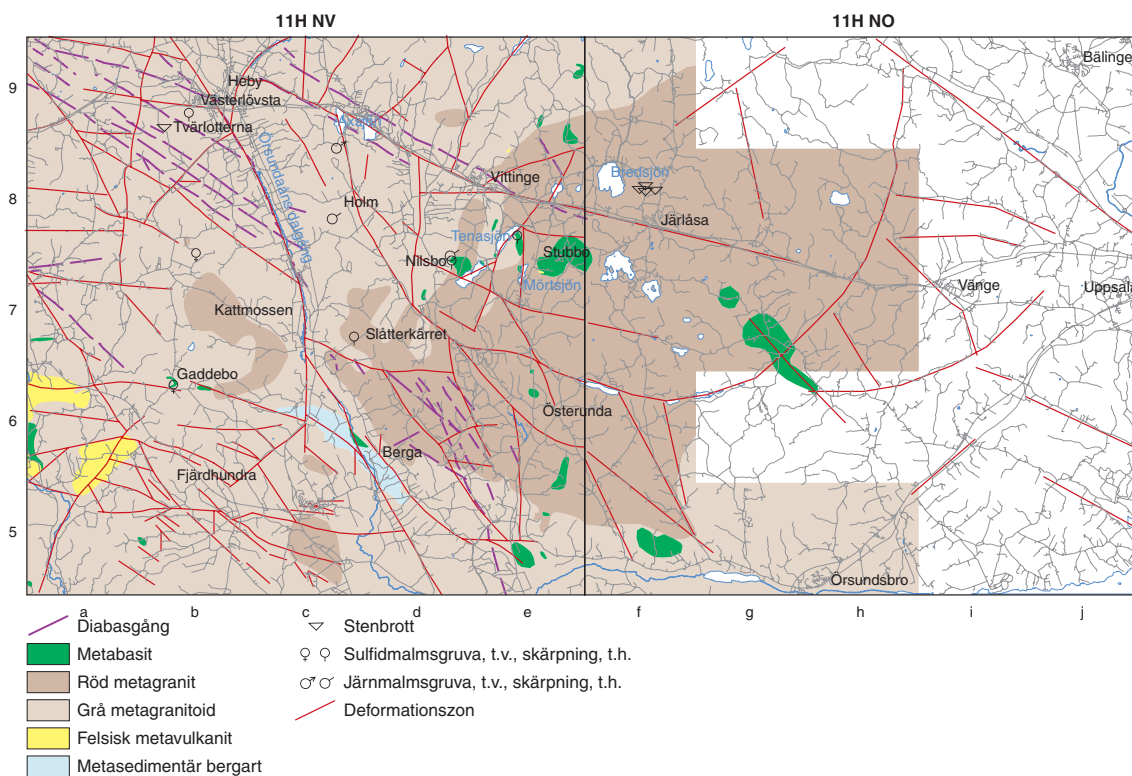


Fig. 2. Preliminär och översiktlig berggrundskarta över de delar av kartområdena 11H Enköping NV och NO som hittills är undersökta.

Geofysiska undersökningar

Årets geofysiska fältarbeten i kartområdena omfattade totalt ca 6 veckor. Fältarbetet inom delområdet 11H Enköping NV började år 2003 och slutfördes under 2004. I kartområdet 11H Enköping NO undersöktes huvudsakligen den västra delen under 2004. Arbetena bestod av gammastrålningsmätning på hållar och av provtagning för laboriemätning av bergarternas magnetiska egenskaper och densitet. Ett antal magnetiska och elektromagnetiska (VLF-) profiler mättes för uppföljning av anomalier inom området. Läget för provtagningslokalerna är markerade i figur 4. I tabell 1 finns en sammanställning av kaliumhalt, uranhalt, toriumhalt, densitet och magnetisk susceptibilitet för samtliga bergarter inom kartområdet 11H Enköping NV.

Kartområdena är täckta med moderna flygmätta geofysiska data. De omfattar mätning av det jordmagnetiska fältets totalintensitet, markens naturliga gammastrålning och det elektromagnetiska fältet inom VLF-området. Mätningarna är gjorda från flygplan på ca 30 meters höjd, längs öst–västliga linjer med 200 m avstånd och med ca 40 m mellan mätpunkterna.

Elektromagnetiska VLF-data, mätta från två sändare, finns för hela kartområdet utom i ett 1,5 km brett stråk i den sydligaste delen. VLF-data ligger till grund för kartan över markens resistivitet. Resistivitetskartan (fig. 3) visar den elektriska ledningsförmågan i marken. Informationen om markens ledningsförmåga används i första hand som underlag för tolkning av spröda deformationszoner. Vat-

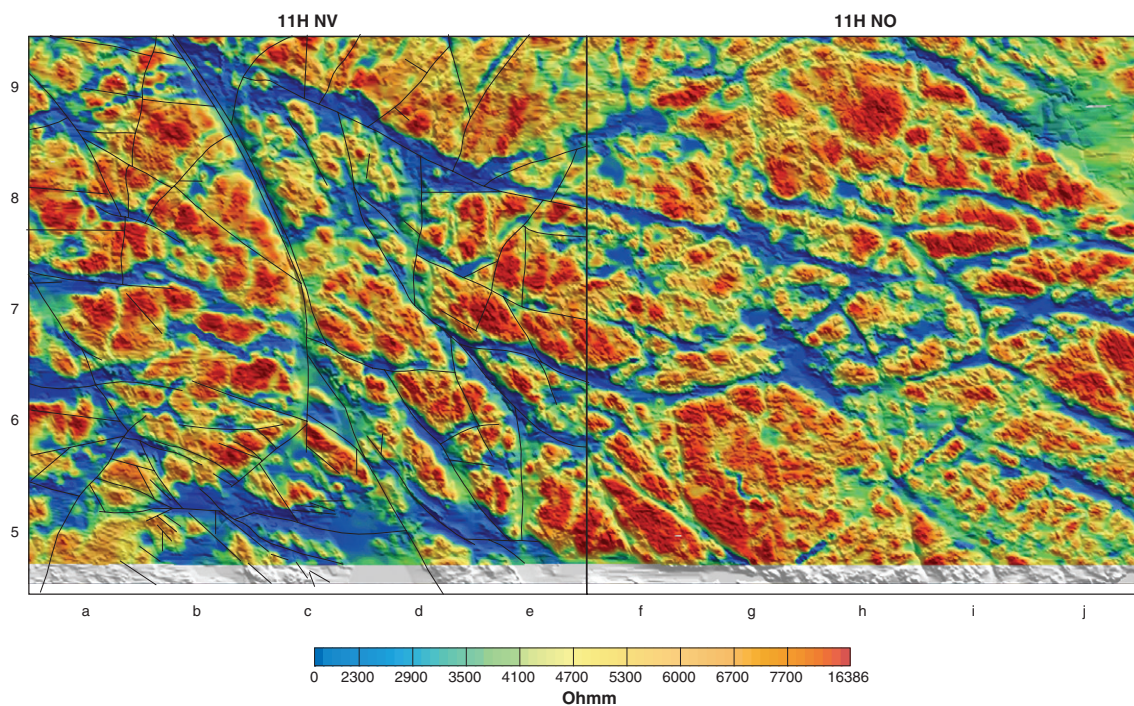


Fig. 3. Resistivitetskartan beräknad med hjälp av VLF-data över undersökningsområdena 11H Enköping NV och NO. Höjdrelieten i området visas med en skuggad gråskala. Linjerna representerar spröda deformationszoner inom delområde NV. De har huvudsakligen tolkats från höjddata och elektromagnetiska VLF-data.

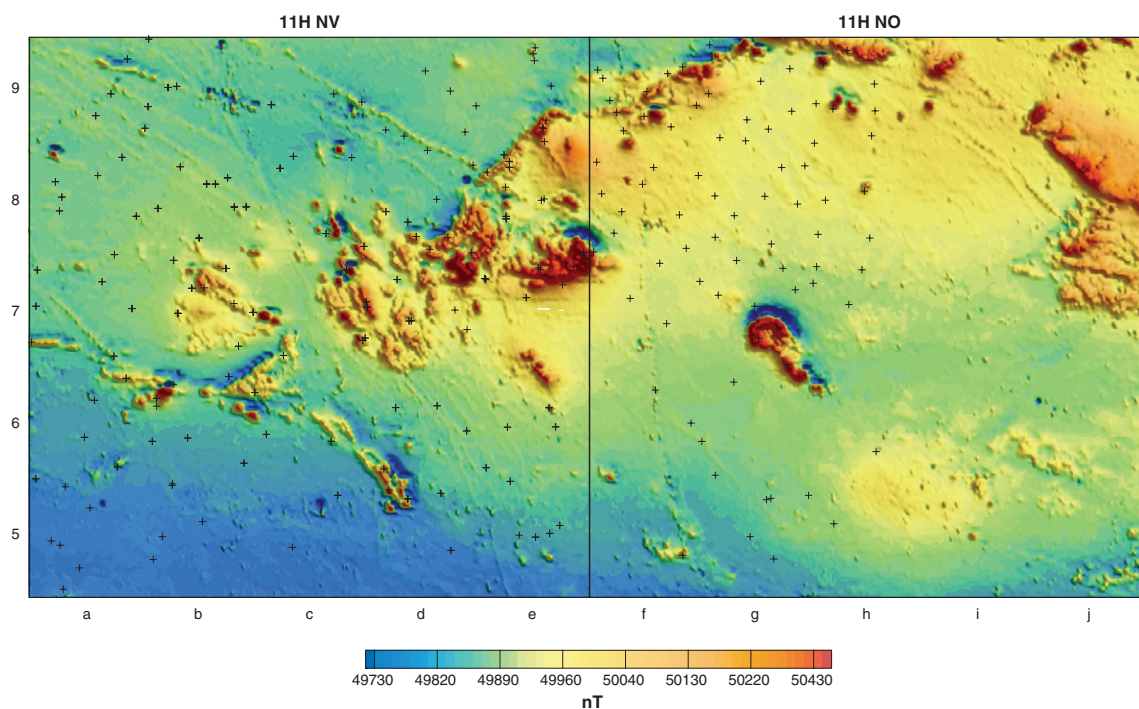


Fig. 4. Magnetisk totalfältskarta över undersökningsområdena 11H Enköping NV och NO. Svarta plustecken markerar lägena för petrofysikprovtagning och gammastrålningsmätning på hållar.

tenförande sprickzoner och deformationszoner i berggrunden uppträder på resistivitetskartan som långsträckta anomalier med låg resistivitet.

Den magnetiska totalfältskartan (fig. 4) över det aktuella området visar i allmänhet låga magnetiseringsnivåer med liten variation. De kraftigaste positiva anomalierna, som främst förekommer

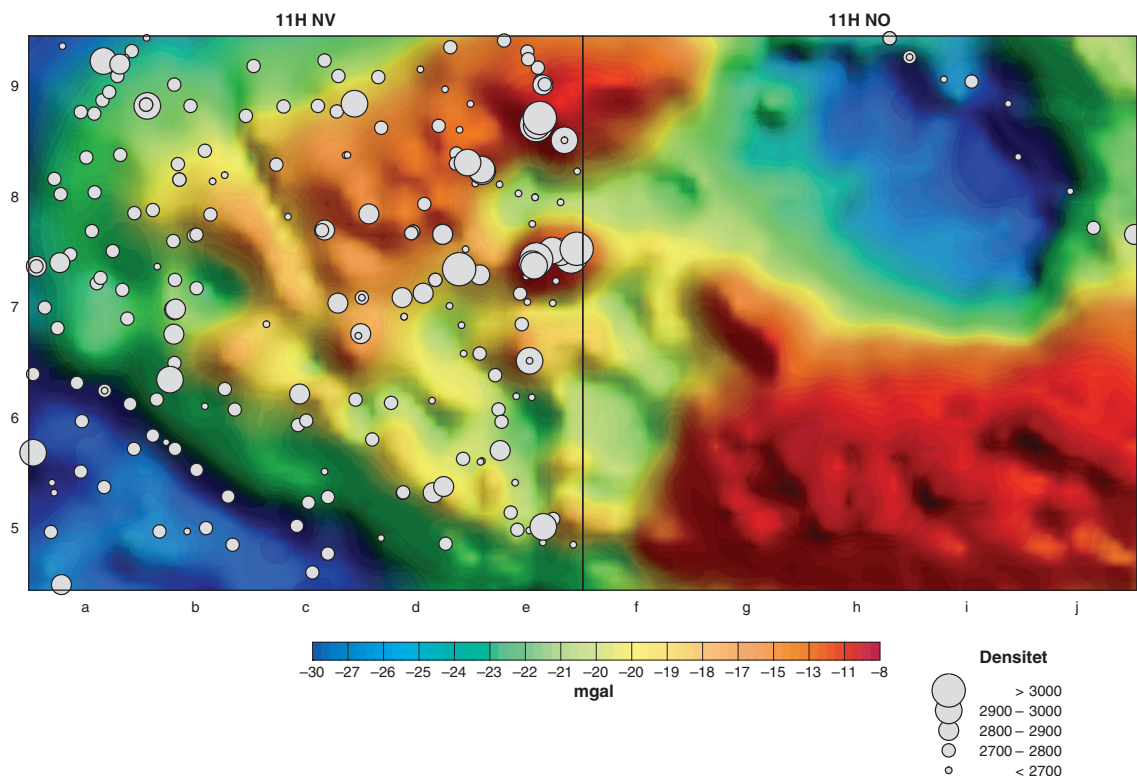


Fig. 5. Bouguer-anomalikartan över undersökningsområdena 11H Enköping NV och NO. Densitet hos bergarter visas som cirklar i proportionell storlek.

Tabell 1. Sammanställning av kaliumhalt, uranhalt, toriumhalt, densitet och magnetisk susceptibilitet för bergarter inom kartområdet 11H Enköping NV.

Berg	Antal spek	K (%)			U (ppm)			Th (ppm)			D (kg/m ³)			Susc. (SI)×10 ⁻⁵		
		min	max	medel	min	max	medel	min	max	medel	min	max	medel	min	max	medel
Granit-Granodiorit	50	2,2	3,6	2,7	0,8	6,4	3,6	3,0	16,3	10,5	2604	2796	2710	0	12700	155
Granit	26	3,2	4,4	3,7	1,5	6,8	3,3	7,7	30,7	13,9	2590	2743	2644	0	5780	202
Granodiorit	32	2,0	2,9	2,5	1,8	5,0	3,5	5,0	13,0	9,7	2678	2804	2738	0	658	20
Tonalit-Granodiorit	30	1,30	2,5	1,9	1,2	5,0	2,8	4,0	12,8	7,0	2684	2934	2778	1	5150	187
Metamafit	13	0,4	1,5	1,0	0,2	2,1	0,8	0,2	8,6	2,5	2704	3113	2956	8	15800	559
Diabas	7	0,3	1,1	0,7	0,0	1,2	0,5	0,2	2,6	1,6	2818	2923	2874	24	6160	1376
Metavulkanit	4	1,4	4,3	3,0	2,9	3,3	3,1	10,5	13,8	12,4	2716	2754	2733	1	6100	220
Metagråvacka	3	1,7	2,3	2,0	2,3	4,1	3,3	8	9,4	8,7	2704	2741	2723	0	119	35

i den östra delen av delområdet 11H Enköping NV, orsakas av mafiska bergarter. I kartområdet 11H Enköping NO finns en kraftig magnetisk anomali som orsakas av metamafit med magnetisk susceptibilitet på upp till $20\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter. Magnetfältskartan visar även ett linjärt, nordöstligt orienterat stråk av högmagnetiska anomalier i den nordöstra delen av kartområde 11H Enköping NV och vidare in i området 11H Enköping NO. Anomalierna orsakas av metagranodiorit till metatonalit med förhöjd magnetisering (magnetisk susceptibilitet ca $2\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter). Riktningen på stråket sammanfaller med den på bergarternas foliation i området, varför den troligtvis är kopplad till deformationen av berggrunden. Ett flertal parallella och långsträckta anomalier med västnordvästlig till nordvästlig riktning orsakas av diabasgångar. I området 11H Enköping NV förekommer några mindre anomalier med kraftigt förhöjd magnetisering, t.ex. SSV om Axsjön, väster om Holm (båda 8c) och öster om Flosta (7c). De orsakas av magnetitmineraliseringar.

Tyngdkraftsmätningar utfördes med ett punktavstånd på ca 1 till 1,5 km. Över Örsundaåns dal-

gång söder om Heby mättes flera detaljerade tyngdkraftsprofiler med ett punktsavstånd ned till 20 m (vissa områden). Tyngdkraftsprofilerna mättes av SGU inom ramen för programmet Markgeofysik och av Uppsala universitet (Jönberger 2003). Resultatet från mätningarna redovisas på bougueranomalikartan (fig. 5) tillsammans med densiteten hos bergartsproverna. Vid sammanställningen användes även äldre petrofysiska data från totalt 150 lokaler, vilka insamlades inom ett STU-finansierat projekt (Werner 1977). Resultat från ca 70 prover som insamlades från den västra delen av 11H Enköping NO vid den nu pågående undersökningen är ännu inte klara. Ytterligare geofysisk provtagning kommer att ske under fältsäsongen 2005 inom kartområdet 11H Enköping NO.

I området 11H Enköping NV finns de största tyngdkraftsöverskotten i de nordöstra delarna. De orsakas av metamafit som har högre densitet än de omgivande metagranitoiderna. En kraftig regional tyngdkraftsgradient med VNV-lig riktning korsar kartområdet. Tyngdkraftsunderskottet i den sydvästra delen av området kan inte förklaras av de densitetsvariationer man kan mäta på ytan, utan orsakas troligtvis av ett massunderskott på större djup. En intressant företeelse är det linjära tyngdkraftsunderskottet längs med Ösundaåns dalgång söder om Heby. Anomalin orsakas av stora mäktigheter grus, sand och lera (upp till 100 m) som har betydligt lägre densitet än den omgivande berggrunden.

Ytbergarter

Ytbergarter har en blygsam utbredning inom det hittills undersökta området. Enligt Lundegårdh & Lundqvist (1956) finns dock relativt stora områden med metavulkaniter strax nordväst om Uppsala (7–9 i).

Ett mindre område med metagråvacka finns vid Berga, ONO om Fjärdhundra (6 d). Bergarten där liknar den som finns vid Östrom i kartområdet 11G Västerås NO (Ripa & Kübler 2003, Ripa m.fl. 2002), nämligen en metagråvacka med tektoniskt avsnörda boudiner av skarnig metaarenit.

Metagråvackan sammanfaller med ett högmagnetiskt område på den magnetiska anomalikartan (fig. 4). Hällmätningar visar att den magnetiska susceptibiliteten varierar mellan ca 20 och 120×10^{-5} SI-enheter (medelvärde 35×10^{-5} SI-enheter). En så låg susceptibilitet kan inte förklara anomalins storlek. En uppföljning med magnetisk och elektromagnetisk (VLF) profilmätning visar att anomalin även är elektriskt ledande (fig. 6). En tolkning är att metagråvackan innehåller magnetkis, vilket skulle förklara både den magnetiska och den elektriska anomalin. Magnetkis har inte observerats i häll i detta område, men metagråvackan är lokalt något rostvittrande, vilket tyder på ett sulfidinnehåll.

Kvartsit finns som xenoliter i tidigorogen metagranitoid ett par kilometer norr om Vittinge (9 e).

Felsisk metavulkanit förekommer dels som större områden i kartområdets västra del (mest 6a), dels som xenoliter i tidigorogen metagranitoid, bland annat i ett stråk från Vittinge (8 e) och några kilometer åt nordost samt omedelbart väster om Tenasjön (8 e). Strax öster om Mörtsjön (7 e) finns hornblände- och fältspatporfyrisk, subvulkanisk metatonalit eller -dacit som troligen är en större xenolit. I en del fall när ytbergarter uppträder som xenoliter är deras primära karaktär som vulkanit eller klastiskt sediment svårbestämt.

I de sammanhängande, större områdena av ytbergarter i kartområdets sydvästra del dominerar jämnkornig, skiktad och ryolitisk till dacitisk metasiltsten. Lokalt finns kvarts- och kvarts-fältspatporfyrisk varieteter. I de skiktade leden kan den primära uppåtriktningen bestämmas på vissa ställen. Ställvis förekommer inlagringar av metagråvacka.

Karbonatsten och skarn finns i en liten skärpning (se nedan) strax öster om Mörtsjön (7 e), troligen som en inneslutning i tidigorogen metamafit.

Intrusiva bergarter

De intrusiva bergarterna består huvudsakligen av tidigorogena metagranitoider, metamafiter och metamafiska gångbergarter. Dessutom förekommer syn- till senorogena felsiska gångbergarter och postorogena diabasgångar.

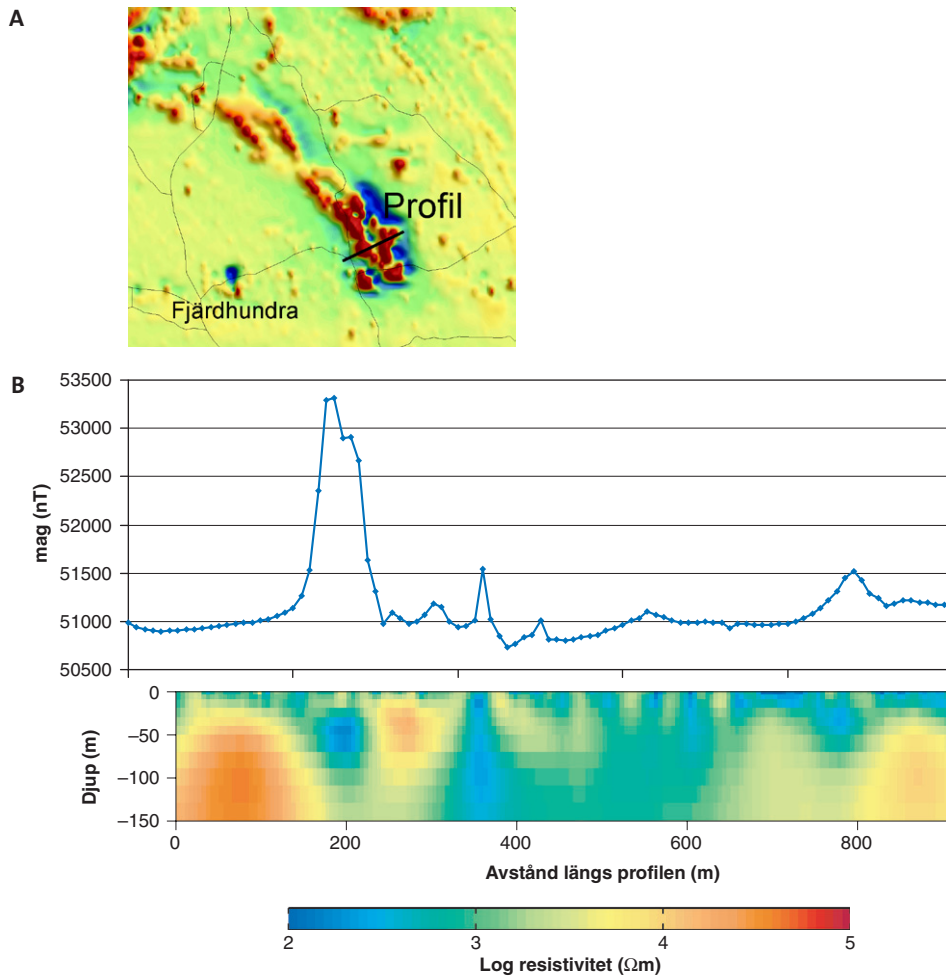


Fig. 6. Magnetisk och elektromagnetisk (VLF) profilering över en högmagnetisk anomali. **A.** profilens läge är markerad på ett detaljutsnitt av den magnetiska kartan. **B.** överst: resultat från magnetfältsmätning, underst: tolkningsmodell beräknad med hjälp av VLF-data som visar markens resistivitet längs profilen. En lågresistiv zon sammanfaller med den högmagnetiska anomalin.

Tidigorogena bergarter

Större delen av de hittills undersökta områdena domineras av grå, jämn- till ojämnkornig, medel- till grovkornig, enklavförande, hornbländeförande metagranit till metatonalit. Bergarterna är övervägande jämnkorniga. I fält är det lokalt svårt att exakt avgöra de jämnkorniga metagranitoidernas sammansättning, eftersom all fältspat är vit eller grå och de tonalitiska leden är ganska kvartsrika. Normalt sett förekommer både dominerande hornblände och underordnad biotit i de mafiska faserna, men de inbördes proportionerna varierar starkt. På vissa ställen är hornbländet grovt och bildar där nästan strökorn. Enklaverna är i allmänhet rundade, cm- till dm-stora och består av fint medelkornig, mafisk till felsisk bergart. Lokalt är det oklart om de verkligen är enklaver ("magma mingling") och har där bedömts vara inneslutningar.

På berggrundskartan har indelningen av grå metagranitoid i granit, granodiorit och tonalit i huvudsak gjorts med hjälp av densiteten hos bergartsproverna (parameterprover) och av gammastrålningsmätningar (kaliumhalt) på hållar (fig. 7). Områdena blir av praktiska skäl generaliserade, och lokalt kan därför avvikelser i granitoidernas sammansättning förekomma.

De grå metagranitoiderna tycks primärt bestå av kvarts, plagioklas, kalifältspat, hornblände, biotit, apatit, opaka mineral och zirkon. Sekundära mineral är saussurit, klorit, prehnit, sericit, muskovit, epidot, karbonat, titanit samt något oidentifierat mineral. Kvartsen är undulös och har subkorn.

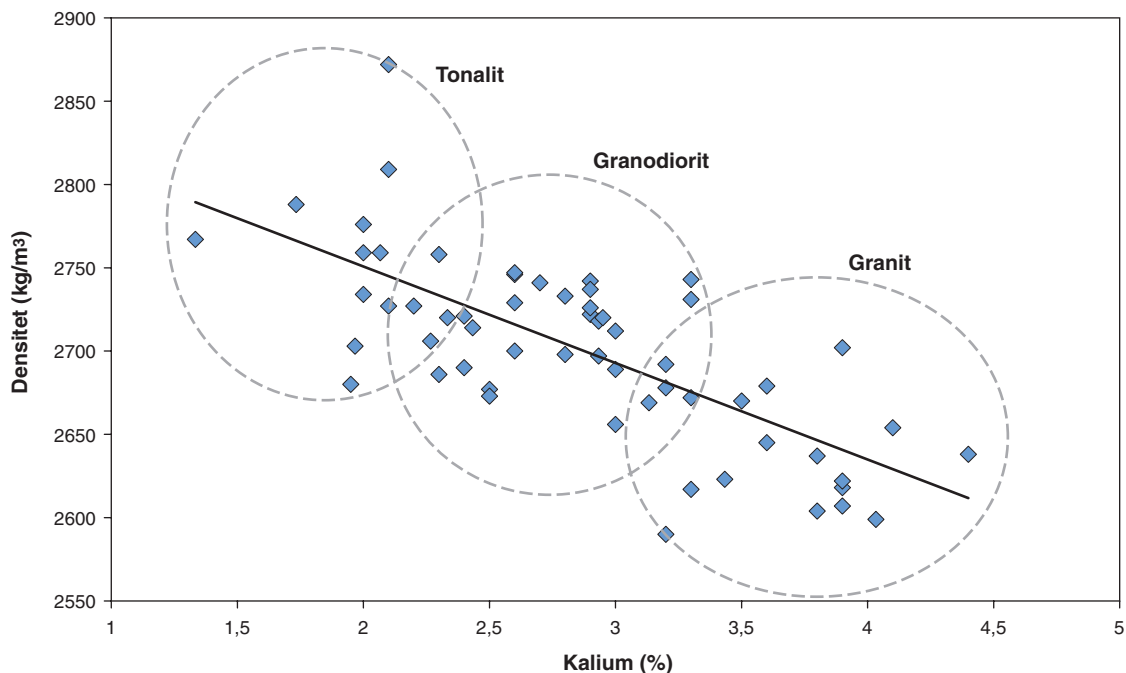


Fig. 7. Magnetisk susceptibilitet och kaliumhalt hos metagranitoider inom kartområdet 11H Enköping NV. Cirklarna visar schematiskt variationen i sammansättning.

Plagioklasen utgörs av albit och oligoklas eller oligoklas till andesin. Saussurit och sericit växte på plagioklas, klorit, prehnit och epidot på biotit, prehnit och epidot på hornblände, muskovit på sericit och epidot på saussurit. Epidoten är lokalt allanitisk och lokalt zonerad. Karbonat uppträder som sprickfyllnad.

I slip ser man att vissa prover har seriat textur, medan andra har en tendens till strökorn. Strökornen består av kalifältspat, plagioklas och hornblände eller kombinationer av de två senare. Kalifältspaten har lokala kadakrister av plagioklas, kvarts eller hornblände. Den är lokalt pertitisk och plagioklasen myrmekitisk. Till synes idiomorf plagioklas och hornblände omsluts i flera prover av kalifältspat som i sin tur omsluts av kvarts. I något prov finns partier av finkornig glimmer, epidot och kvarts, vilka kan representera retrograderade enklaver eller inneslutningar.

Ett större område (6 d–f, 7 d–h, 8 e–g) upptas av en i stort sett sammanhängande intrusion av röd metagranit till granodiorit. Smärre förekomster av röd metagranitoid finns även utanför detta område. Den röda metagranitoiden är övervägande kalifältspatporfyrisk till ojämnkornig och underordnat jämnkornig. Varieteter som i fält klassats som porfyrisk, ojämnkornig till porfyrisk eller porfyrisk till ojämnkornig kommer att markeras som porfyrisk på berggrundskartan. Ojämnkornigheten består dels av varierande kornstorlek i kalifältspaten, dels av varierande grovlek hos kvartsen. Lokalt kan ojämnkorniga varieteter uppfattas som porfyrisk och tvärtom. Granitoiden är medelkornig i jämnkorniga varieteter och grovkornig eller grov- till medelkornig för övrigt. På några ställen innehåller den hornblände, men den dominerade mafiska fasen är biotit. Granitoiden magmablandar sig med mafiska led (se nedan) och ser lokalt ut att ha intruderat de grå metagranitoiderna ovan, lokalt är övergången mellan dem gradvis eller oklar. Enklaver eller inneslutningar, som de ovan beskrivna, finns även i röd metagranitoid. U-Pb-isotopbestämningar på zirkoner i bergarten gav en ålder av 1907 ± 4 miljoner år.

Från ett område mellan Bredsjön och Järlåsa och en bit österut (8 f–g) finns lokalt relativt stora (<1 km²) områden med röd, fin- till fint medelkornig, små- till grovporfyrisk metagranit. Strökornen består i allmänhet av grov kalifältspat och lokalt finare kvarts. Kvartskornen är vanligen rundade och lokalt glomerofyriska. Lokalt finns även cm-stora biotitfläckar, vilka tolkas som strökorn. Till synes övergår bergarten gradvis och utan större åthävor i dels (lokalt) blekröd, medelkornig och kalifältspat-

porfyrisk metagranit, dels pegmatitisk metagranit. Stenbrotten nordväst om Järlåsa (8f) är öppnade i dessa bergarter (utom den pegmatitiska).

Lokalt, t.ex. nordväst om Tenasjön (8e) och vid Kattmossen (7b), finns kvartsmonzonitiska respektive syenitiska varieteter av tidigorogen felsisk metaintrusivbergart. Deras utbredning är dock begränsad till någon håll eller del av hällområde.

Den röda metagranitoiden tycks primärt att ha bestått av kvarts, plagioklas, kalifältspat, biotit, opakmineral, zirkon, apatit och hornblände. Sekundära mineral är sericit, klorit, muskovit, allanit, saussurit, epidot, prehnit, titanit, karbonat och flusspat (osäker bestämning). Kvartsen är undulös och bildar subkorn. Plagioklasen utgörs av oligoklas och albit. Sericit och saussurit växte på plagioklas, sericit även på kalifältspat, epidot, klorit, prehnit, allanit och titanit på biotit, prehnit även på hornblände, muskovit på sericit och epidot på saussurit. Allaniten är zonerad. Karbonat växte dels på plagioklas (tillsammans med muskovit), dels uppträder det som sprickfyllnad.

Kalifältspaten är pertitisk och plagioklasen myrmekitisk, det senare speciellt i kontakt mot och i lobar in i kalifältspaten. Strökornen är av kalifältspat och i något fall plagioklas. Grundmassan är ställvis seriat. Kalifältspaten har kadakrister av plagioklas.

Tidigorogen metamafit bildar ett par mindre kroppar. Den största av dem ligger vid Stubbo (7–8e). Mafiten är mörkt grå, jämnkornig till porfyrisk och fin- till medelkornig. Strökorn av både hornblände och pyroxen förekommer. Mafitkroppen vid Stubbo är huvudsakligen jämnkornig och medelkornig. Den är dock delvis finkornig, pyroxenporfyrisk med dm-stora partier av en pyritförande varietet av huvudbergarten. Till synes består alltså bergartskroppen av två intrusionsfaser med mafisk magma. Lokalt magmablandar sig mafiten med röd metagranitoid enligt ovan. Lokalt, vid ovan nämnda skärpning intill Tenasjön, är mafiten hydrotermalt omvandlad.

I slip ser metamafiten ut att primärt ha bestått av plagioklas, biotit, opakmineral, kvarts, apatit, klinopyroxen och olivin. Hornblände är lokalt tydligen sekundärt, men för övrigt troligen primärt. Andra sekundära mineralfaser är aktinolit, serpentin, sericit, klorit, prehnit, titanit, epidot, saussurit och muskovit. Plagioklasen utgörs av oligoklas till labradorit, andesin till labradorit och oligoklas till andesin. Kvartsen är undulös. Aktinolit uppträder tillsammans med sekundärt hornblände. Sericit och saussurit växte på plagioklas, klorit och epidot på hornblände, prehnit på biotit, titanit och hornblände på pyroxen, epidot på saussurit och muskovit på sericit. Epidoten är lokalt möjligen alanitisk.

I den hydrotermalt omvandlade metamafiten vid Tenasjön (8e) har bergarten först serpentinomvandlats, därefter har opakmineral och (troligen) kvarts fällts ut i ådror genom serpentinmassan. Opakmineral-kvartsådrorna har sedan boudinerats.

Lokalt, t.ex. i Kilberget strax nordväst om Österunda (6e), finns blandade, ca 0,5 m breda gångar av central och dominerande aplit med lokala bårder av underordnad amfibolit. Gångarna är borteroderade nästan överallt, men bildar tydliga topografiska lineament i terrängen.

Lokalt finns en amfibolitisk bergart, vars bergartsuppträdande är oklart, dvs. det kan antingen röra sig om gångar eller någon slags inneslutningar i omgivande berggrund.

Petrofysiska egenskaper för metagranitoid och metamafit finns redovisade i tabell 1. Metagranitoiderna i större delen av det undersökta området kännetecknas av en låg magnetisk nivå och relief. Figur 8 visar ett histogram över magnetisk susceptibilitet hos metagranitoider inom kartområdet 11H Enköping NV. Större delen av värdena grupperar sig mellan 10 och 30×10^{-5} SI-enheter (medianvärde 20×10^{-5} SI-enheter). Varieteter med högre magnetisk susceptibilitet finns främst i den östra delen av området och är där i allmänhet associerade med metamafit. Den lägsta densiteten ($< 2650 \text{ kg/m}^3$) har metagranit i ett relativt begränsat område öster och strax norr om Tenasjön (8e). På bouguernomalikartan (fig. 5) kan den identifieras som ett område med tyngdkraftsunderskott. Figur 9 visar ett histogram över magnetisk susceptibilitet hos områdets metamafiter. Diagrammet visar en bimodal fördelning och metamafit med huvudsakligen paramagnetiska mineral (t.ex. amfibol) kännetecknas av relativt låg magnetisk susceptibilitet ($30\text{--}100 \times 10^{-5}$ SI-enheter), medan förekomst av ferrimagnetiska mineral (främst magnetit) ger upphov till betydligt högre värden ($> 1000 \times 10^{-5}$ SI-enheter). I kartområdets östra del orsakas de största anomalierna, som t.ex. vid Stubbo (7–8e), strax nordväst om Ekholmssjön (7–8d) och vid Ugglebo (8–9e), av metamafit. Metamafiten vid Stubbo har en

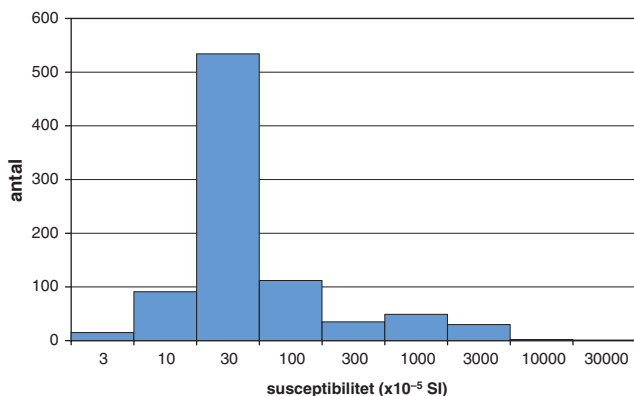


Fig. 8. Magnetisk susceptibilitet hos metagranitoider inom kartområdet 11H Enköping NV.

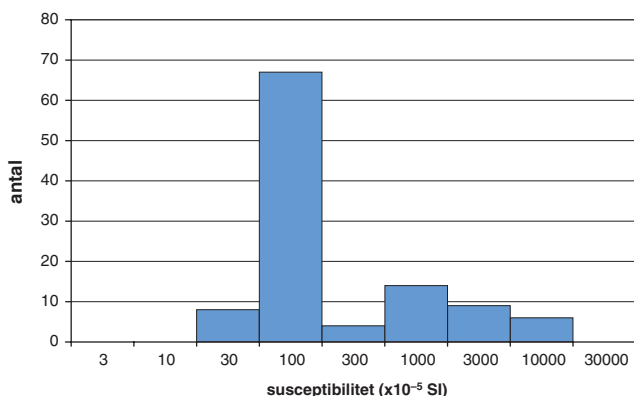


Fig. 9. Magnetisk susceptibilitet hos intrusiva metamafiter inom kartområdet 11H Enköping NV.

densitet på ca 3 000 kg/m³ och syns som ett tydligt tyngdkraftsoverskott på bougueranomalkartan. Modellberäkningar visar att metamafiten har ett djupgående på ca 1,2 km. Metamafiten vid Ugglebo sammanfaller med ett stort tyngdkraftsoverskott samt en större, långvågig magnetisk anomali, vilket tyder på att den har större utbredning på djupet än vad den enligt berggrundskartan har vid ytan.

Syn- till senorogena gångbergarter

Aplit-, pegmatit- och granitgångar av förmodat syn- till senorogen ålder förekommer i området. De synorogena är i allmänhet grå och lokalt deformerade, de senare är rödare och posttektoniska. De synorogena gångarna är eventuellt lokalt tidigorogena. Generellt har granit- och pegmatitgångar lagts som syn- till senorogena på berggrundskartan, de flesta aplitgångar likaså. En del pretektoniska apliter som till synes samexisterar med amfibolitgångar (i blandade gångkomplex?, se ovan) har lagts som tidigorogena.

Diabas

Gångar av diabas förekommer lokalt. Diabas är den yngsta, identifierade bergarten i området. Den bildar dels mäktiga gångar, vars inre delar har gabbroid karaktär, dels svärmar av flera, dm- till meter-tunna, mycket finkorniga gångar. Uppträdandet som gångsvärmar tycks vara det vanligaste.

Diabasernas utbredning framgår framförallt av den magnetiska anomalkartan (fig. 4) som visar tunna, långsträckta anomalier med västnordvästlig till nordvästliga riktningar. Diabasernas magnetiska susceptibilitet varierar omkring 1500–2000 × 10⁻⁵ SI-enheter. Även längs Örsundaåns dalgång finns en tunn, långsträckt anomali, vilken kan indikera diabas.

Primärt verkar diabas bestå av plagioklas, klinopyroxen, kvarts, opakmineral, biotit och apatit. Sekundära mineral är aktinolit, serpentin, sericit, klorit, karbonat, epidot, allanit och hornblände. Plagioklasen är andesin och andesin till labradorit. Klinopyroxenen är sannolikt augit. Klorit och

hornblände växte på pyroxen och sericit på plagioklas. Karbonat ser ut att tillsammans med klorit och aktinolit ersätta något tidigare mineral. Serpentin och opakmineral (flera?) kan möjligen härröra från olivin, och klorit plus aktinolit från ortopyroxen. Lokala amygduler består av karbonat, kvarts och klorit.

Lokalt finns små plagioklasströkorn i diabasen. Grundmassan är intergranulär med pyroxen mellan plagioklaslisterna.

Metamorfos

Den metamorfa graden i området är inte utvärderad. Som nämnts, är bergarterna lokalt relativt välbevarade. De xenoliter av ytbergarter som finns visar tecken på medelhög metamorfosgrad. Bland annat finns lokalt enstaka granater och en fin ådring, vilken kan vara ett förstadium till ådergnejsbildning. Ställvis (5 e) finns granat i tonalitiska och mafiska plutoniter. Förekomsten av granat är metamorf och tyder på ungefär amfibolitfaciesmetamorfos (se diskussion i Ripa m.fl. 2002). Frekvensen av syn- till senorogena gångar är måttlig.

Strukturer

De tidigorogena bergarterna är delvis tämligen massformiga och välbevarade, lokalt tydligt stängliga i områdets norra delar, medan foliation och stänglighet är vanliga strukturer längre söderut. På några ställen har skenbart massformiga bergarter stängliga enklaver eller inneslutningar med en tydlig orientering. Detta visar att bergarterna utsatts för deformation, även om det inte alltid syns i grundmassan för övrigt.

Kartområdet 11H Enköping NV kan grovt sett delas in i två tektoniska domäner. Den ena domänen ligger öster om Örsundaåns dalgång och norr om en ost-västlig linje genom Österunda, och däri dominerar huvudsakligen nordnordvästligt strykande foliationer. I ett område nordost om Vittinge verkar dock nordostligt strykande strukturer vara vanliga. Den andra domänen är resten av kartområdet och har i huvudsak västnordvästligt strykande foliationer. Underordnat finns ost-västliga foliationer kring Gaddebo (6b). Lineationernas strykning är i stort sett parallell med den hos foliationen i hela området. I stora drag visar berggrunden samma strukturella trender som de i kartområdet 11G Västerås NO (Ripa & Kübler 2003, Ripa m.fl. 2002). Den nordostligt strykande foliationen i områdets (11H NV) nordöstra del kan korreleras med S2-foliation inom området 11G Västerås NO, den västnordvästliga med S3 och den nordnordvästliga med S4. Den mer ost-västliga foliationen har ingen uppenbar motsvarighet väster om det nu undersökta området, men kan möjligen vara en transponering av S2 in i S3.

Geokemi

Preliminära tolkningar av de 19 prover som hittills har analyserats är, att de tidigorogena intrusivbergarterna (n=16) bildar en subalkalin trend med kalkig affinitet. De mafiska leden är aluminiumrika (>16 viktprocent Al_2O_3). De granitiska leden är peraluminösa medan mafiska till intermediära är metaluminösa. En relativ stor andel av proverna visar tecken på alkaliomvandling. Både de tidigorogena mafiterna och diabaser (n=3) har tämligen låga Mg-tal (0,33–0,49 respektive 0,44–0,53) och representerar alltså föga primitiva smältor.

Naturresurser

Med naturresurser avses här malmer, industrimineral och övriga bergmaterial.

Ett antal mineraliseringar, skärpningar och smärre gruvförsök finns i området. Några av dessa har gjorts på sulfider, några på magnetit.

Sulfider har eftersökts och i viss utsträckning brutits i Gaddebo (Björngruvan, 6 b), Sättersbo (Gruvmyrgruvan, 8 b), Nilsbo (7 d), vid Västerlövsta (9b) och på en plats strax öster om Tenasjön (8 e). I varpen på dessa platser finner man mest järnsulfider (plus kopparkis i Gaddebo), vilka uppenbarligen är associerade med metamafiska bergarter (utom vid Sättersbo där både metagranit och metanorit föreligger). Gaddebo- och Sättersbofyndigheterna är beskrivna av Tegengren m.fl. (1924). Där anges att det man eftersökte var nickelhaltig magnetkis. Sättersbo- och Nilsbofyndigheterna beskrivs av Hummel (1865) som pyrit- och magnetkisskärpningar. Pyriten användes dels till framställning av rödfärg, dels till råsmältning i Sala. Sydväst om Västerlövsta finns ett par skärpningar som enligt uppgift (A. Sundberg muntl. medd. 2004) är på blyglans. Vid fältbesök kunde dock endast sulfidfria kvartsglimmerstycken hittas i varp. Den omgivande bergarten är grå metagranitoid och röd metagranit. Vid undersökningarna hittades ett större block eller möjligen håll av förkislad och sulfidförande (pyrit och kopparkis), tidigrogen metagranitoid söder om Slätterkärret, öster om Flostas (7 c).

Spår efter järnmalmsprospektering eller -brytning finns SSV om Axsjön och väster om Holm (båda 8 c). Vid Axsjögruvan finns inte längre några gruvhål eftersom de fyllts igen. Varpen består av magnetithaltiga stycken av en mörk, kvartsrik bergart. Övriga mineral som har identifierats är flogopit och pyrit. Sannolikt ligger fyndigheten i omvandlad metavulkanit, vilken i sin tur ligger som en xenolit i omgivande tidigrogena metagranitoid. I slip ser man att det primärt förelegat en finkornig felsisk bergart. Mineraliseringsprocessen inleddes med bildandet av nu retrograderade, rektangulära till sexsidiga kristaller av ett okänt mineral. Därefter fälldes kvarts mellan dessa kristaller. Samtidigt med eller senare än kvartsbildningen retrograderades de först bildade kristallerna till en blandning av sericit, klorit och serpentin. Magnetiten sitter i den retrograda paragenesen. Någon tidigare egentlig geologisk beskrivning av gruvan finns inte, men vissa uppgifter har sammanställts av Harald Agrell (muntl. medd. 2003) En del av dessa sammanfattades av Fredriksson (1997) och Lundgren (1997). Enligt denna källa bröts under åren 1873–1876 (möjligen även 1883–1884) en ”högvärdig” magnetitmalm ur tre smala, vertikala schakt utan sidoorter. Malmen stod brant och var svårbruten. Uppskattningsvis bröts mellan 1 500 och 2 000 ton malmhaltigt berg. Troligen är magnetitskärpningen väster om Holm på något sätt relaterad till brytningen vid Axsjön. Vid undersökningarna upptäcktes en liten magnetitmineralisering strax norr om Nilsbofyndigheten (se ovan). Mineraliseringen finns i xenoliter av skarnomvandlad, felsisk metavulkanit i metatonalit.

Vid Tvärloetterna, sydväst om Västerlövsta (9 b) finns ett aktivt stenbrott (Stingtorpets Grus AB, Heby) i ljust grå till ljust röd, jämnkornig tidigrogen metagranitoid. Mellan Järlåsa och Bredsjön finns ett flertal nedlagda, både smärre och större stenbrott och försök. De har samtliga anlagts i röd, porfyrisk granit (se ovan).

Bergets sprickighet (sprickor per meter) har inte noterats vid denna undersökning, så det är oklart i vilken mån bergarterna kan användas som byggnadssten. Jämnkorniga och homogena partier av metagranit och metagranitoid torde vara bra som krossmaterial.

KARTOMRÅDET 11I UPPSALA NO

Kartområdet 11I Uppsala NO ligger i Uppsala och Stockholms län och omfattar delar av Uppsala och Norrtälje kommuner samt en liten del av Sigtuna kommun (fig. 10). Som karteringsunderlag användes fastighetskartan i skala 1:12 500. Lägena för flygbildstolkade hållar överfördes till fältkartorna. Dessutom användes jordartskartan (Rudmark 1999) över området för att visa en översiktlig hållbild. För lägesbestämning av observationslokaler användes GPS.

Äldre geologiska kartor i skala 1:50 000 med beskrivningar som berör området finns i Paykull (1864), Sidenbladh (1868), Svedmark (1887) och Blomberg (1889). Moderna berggrundsgeologiska kartor med beskrivning finns över de angränsade kartområdena 11I Uppsala SV och SO (Stålhös 1972), 11I Uppsala NV (Arnbom & Persson 2002) och 12I Östhammar SV och SO (Stålhös 1991). En översiktlig berggrundskarta med beskrivning har framställts av Persson & Stålhös (1991). Almungeområdets alkalina bergarter har beskrivits bland andra av Gorbatshev & Norin (1958), Gorbatshev

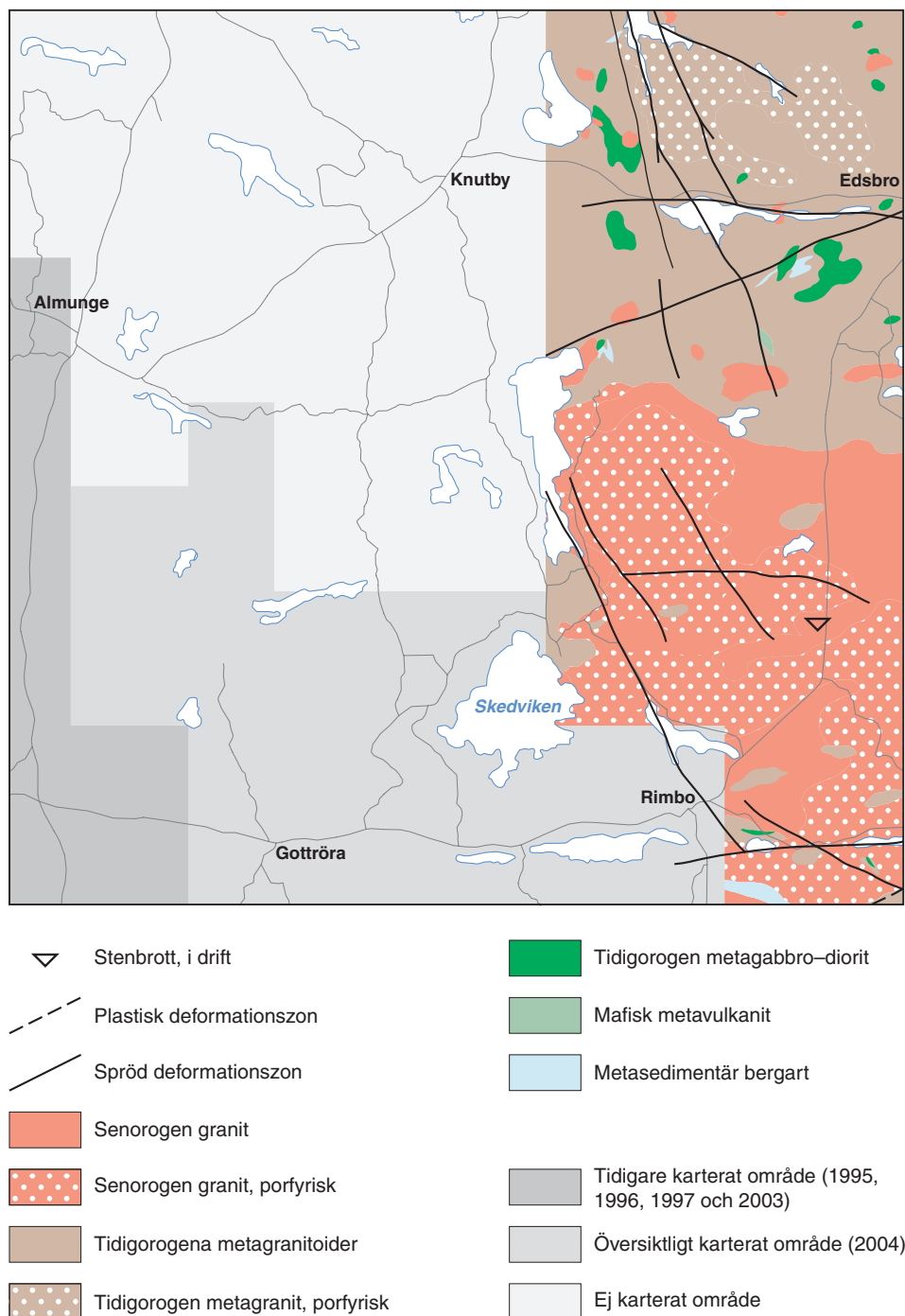


Fig. 10. Karteringsläget för 11I Uppsala NO samt en förenklad berggrundskarta över den östra delen av området.

(1960, 1970) och Jonsson (2001). En tänkbar impaktstruktur vid sjön Skedviken har undersökts av Claesson (1985). Daniels (1997) har gjort en geofysisk modellering av Almungekomplexet. En geologisk översiktsstudie av Uppsala län har sammanställts av Antal m.fl. (1998). I Bergslagsprojektet redovisas en sammanfattning av de regionala berggrundsgeologiska och geofysiska förhållandena (Stephens m.fl. 1999, 2000, 2001).

Delar av kartområdet 11I NO har undersökts tidigare av Bergman (1995, 1996, 1997). Den del av kartområdet som tillhör Sigtuna kommun karterades av Magnus Ripa under fältsäsongen 2003.

Flygburna geofysiska mätningar utfördes 1984 över norra delen av kartområdet. Flygmätningarna omfattar det magnetiska fältets totalintensitet, VLF signalen från en sändare och markytans naturliga

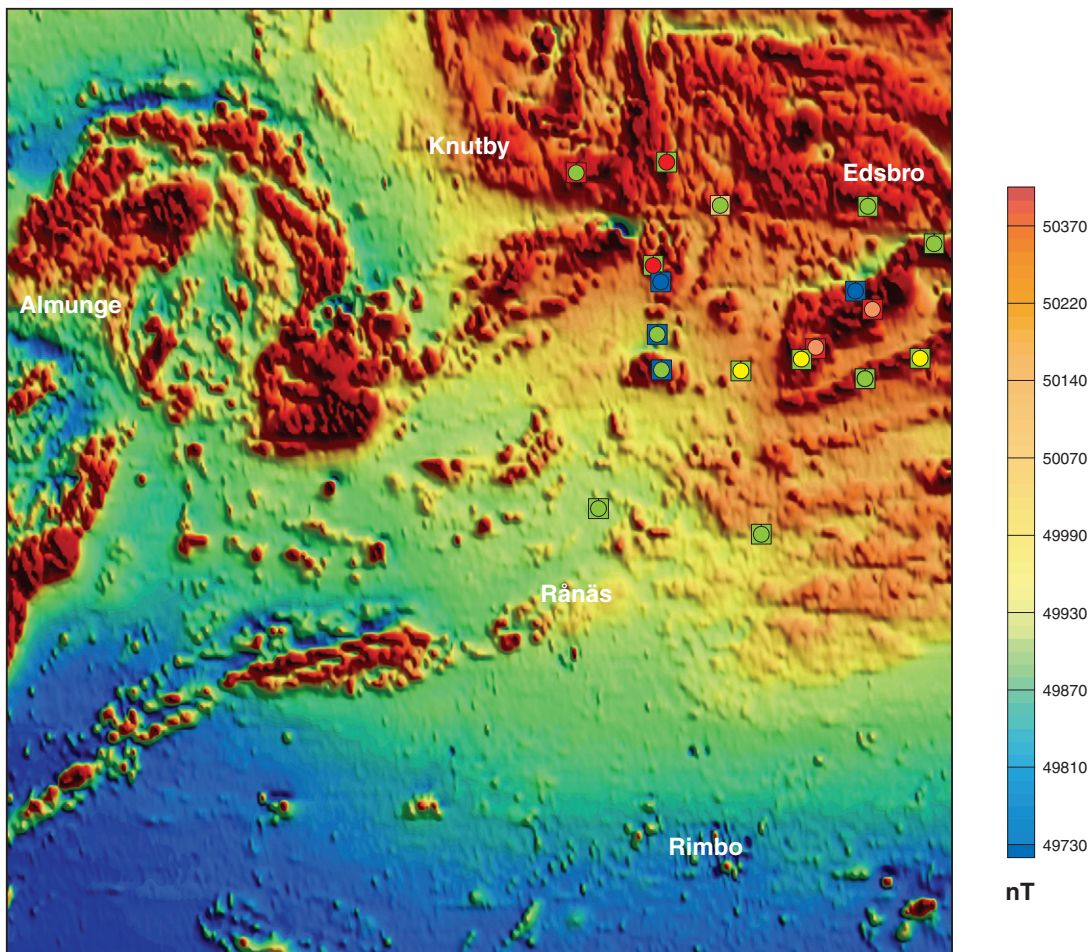
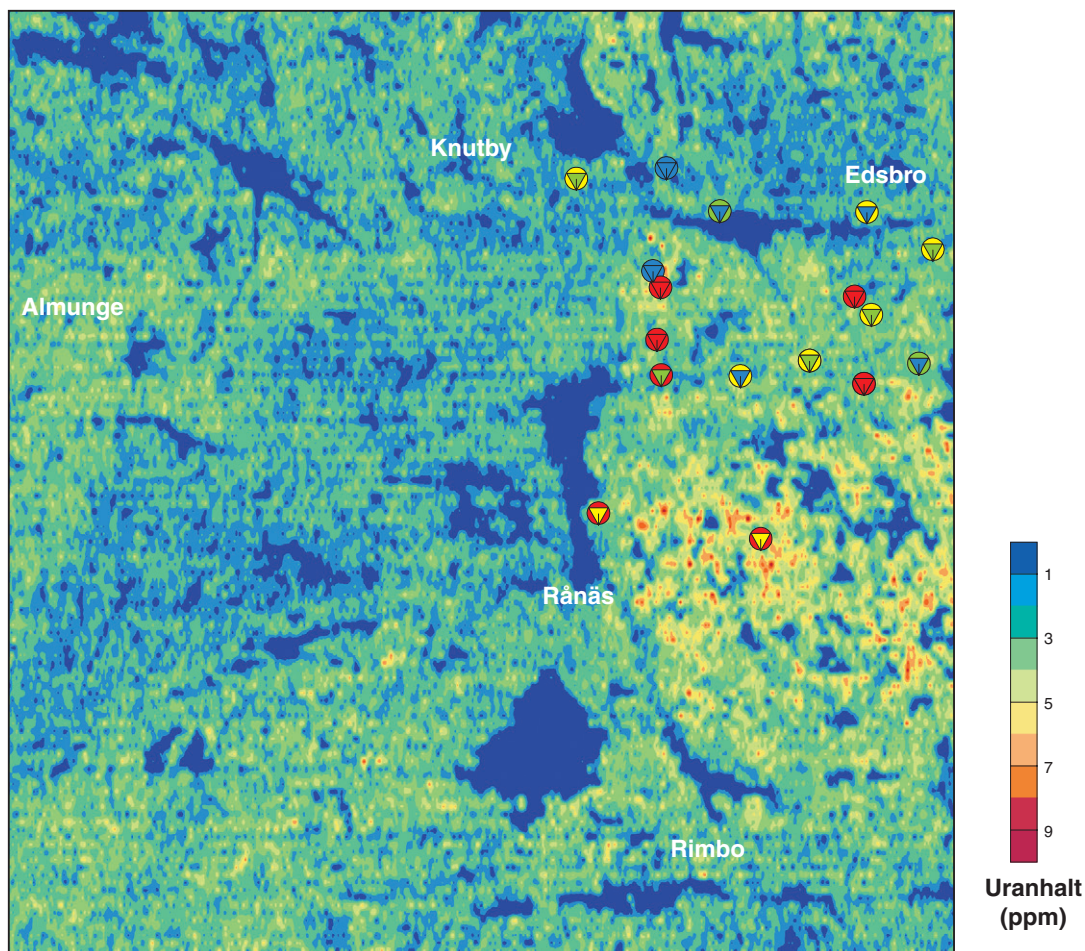


Fig. 11. Magnetisk totalfältskarta över kartområdet 11I Uppsala NO. Fyrkantiga symboler med en logaritmisk skala representerar lägen för provtagningslokaler samt uppmätt susceptibilitet på bergprover. Runda färgsymboler visar variationen i densitet.

gammastrålning. Mätningarna är utförda i ost–västlig riktning, från flygplan på ca 30 meters höjd över markytan och längs linjer med ett inbördes avstånd av ca 200 meter. Tyngdkraftsfältet har mätts på 470 lokaler med ett punktavstånd av ca 1–1,5 km. Tätare tyngdkraftsmätningar (punktavstånd 500–1 000 m) utfördes i Almungeområdet år 1996 i samband med en undersökning av det alkalina bergartskomplexet i Almunge (Daniels 1997).

Fältarbetet startade i slutet av juli 2004 och omfattade ca 25 personveckor. Det gjordes ca 480 hällobservationer i området, och de fördelar sig över en karterad yta på ca 300 km². En del av ytan är för närvarande endast översiktligt karterad (fig. 10) och kommer att kompletteras sommaren 2005. Observationerna är lagrade i SGUs häll databas. Ytterligare ca 700 observationer har gjorts under tidigare arbeten 1994, 1995, 1996 och 2003. En preliminär skiss över berggrunden i det under 2004 karterade området visas i figur 10.

Årets geofysiska fältarbetsinsats i kartområdet 11I NO omfattar totalt en arbetsvecka. Arbetet utfördes av extrageofysiker Niklas Ohlsson. Fältarbetet har huvudsakligen inriktats på provtagning för bedömning av fysikaliska bergartsegenskaper och på spektrometermätningar på berghällar för bestäm-



K (%)	U (ppm)
● >3	▼ >9
● 2-3	▼ 6-9
● 1-2	▼ 3-6
● <1	▼ <3

Fig. 12. Markens uranhalt i kartområdet 111 Uppsala NO med lägen för spektromettermätningar. Runda symboler representerar kaliumhalt och trekantiga färgsymboler visar uranhaltens variation.

ning av kalium-, uran- och toriumhalter. Totalt har 20 spektromettermätningar utförts, och prover för att bestämma densitet och magnetiska egenskaper av olika bergarter har tagits från 20 lokaler under 2004. Figur 11 visar det magnetiska fältets totalintensitet samt läget för provtagningslokalerna. Markens uranhalt samt läget för spektromettermätningar (från 2004) visas i figur 12.

Bergarter

Allmänt

Berggrunden i området domineras av tidigorogena intrusivbergarter med stråk av svekofenniska metavulkaniska och metasedimentära bergarter. I kartområdets sydöstra del, norr om Rimbo, finns en större intrusion av senorogen granit och pegmatit. Öster om Almunge förekommer en intrusiv svit med alkalina bergarter av okänd ålder.

Ytbergarter

I den färdigkarterade delen av kartområdet (fig. 10) finns endast några små förekomster av metasedimentära och metavulkaniska bergarter. Söder om Rimbo förekommer metasedimentära bergarter som är starkt migmatitomvandlade.

Felsiska metavulkaniska bergarter förekommer i ett antal hållar i kartområdets sydvästra delar (översiktligt karterade). Både mörkt grå, homogen metadacit (fältbedömning), partier med finbandad, skarnförande "hälleffinta" och strökornsförande metaryolit till metadacit har observerats. Enstaka meterbredda lager av ljus grå kvartsit uppträder i metavulkaniterna. Bergarterna tycks bilda större sammanhängande stråk, som delvis fortsätter in i kartområdet 11I NV, varifrån bland annat dacitiska metavulkaniter har beskrivits av Arnbom & Persson (2002). Förekomsterna skall undersökas närmare under sommaren 2005. Sydväst om Edsbro (fig. 10) finns en liten förekomst med mörkt grå, finkornig mafisk metavulkanit som har ganska hög susceptibilitet ($5\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter) och hög densitet ($2\,810 \text{ kg/m}^3$). Spektrometermätningar visar att den innehåller 1,6 % kalium, 3,1 ppm uran och 8,3 ppm torium.

Marmor (främst dolomitmarmor) förekommer som relativt tunna inlagringar i metavulkaniterna ovan. I några av dem finns små stembrott som bearbetats i äldre tid.

Tidigorogena intrusivbergarter

De tidigorogena intrusivbergarterna omfattar mer eller mindre deformerad och omvandlad gabbro, diorit, tonalit, granodiorit och granit. De två sistnämnda bergarterna är vanligast och dominerar i den norra delen av det karterade området (fig. 10). Norr om sjön Sottern finns en intrusion av gråröd, småporfyrisk metagranitoid som är mycket starkt stänglig. Metatonalit uppträder som mindre partier, vanligen med kontinuerliga övergångar till övriga metagranitoider. Ovan nämnda granitoider förekommer även som små kroppar och spridda xenoliter i senorogen granit i den södra delen av undersökningsområdet (se nedan).

Metagabbro till metadiorit förekommer som några relativt små kroppar i den nordöstra delen av kartområdet. Dessutom uppträder de rikligt som xenoliter av varierande storlek, huvudsakligen omgivna av tidigorogena metagranitoider. De mafiska bergarterna har genomgående en låg strålningsnivå (<1 % kalium, <3 ppm uran) och hög densitet (>2 900 kg/m^3).

Metamafiska gångar är allmänt förekommande i den äldre berggrunden. Mäktigheten varierar från någon decimeter till flera meter.

Senorogena intrusivbergarter

Från trakten omkring Rimbo och ca 10 km mot norr domineras berggrunden av ljus grå till röd, senorogen granit. Den har delats in i två enheter på kartan (fig. 10), med eller utan strökor. I hållar finns dock ingen skarp gräns mellan de båda, utan skillnaden i utseende är mer en fråga om kornstorlek. I några hållar finns gångar av ljus grå aplit, som slår i genom den porfyriska graniten. Gångarna utgör troligen en sen fas av granitintrusionen. I vissa delar av granitområdet är bergarten starkt blandad med xenoliter av äldre bergarter, mest metagranitoider. Sydväst om Rimbo tycks graniten övergå kontinuerligt i starkt migmatitomvandlade sedimentbergarter som växlar med partier av migmatitgranit. Senorogen granit, aplit och pegmatit förekommer även som små kroppar och mycket talrika gångar i äldre bergarter i den norra delen av området.

Den senorogena graniten har en högre strålningsnivå än den tidigorogena granitoiden. En tydlig förhöjning av uranhalt i det område som domineras av den senorogena graniten syns på strålningskartan (fig. 12). Spektrometermätningar visar att den senorogena graniten har högre kaliumhalt (>3) och högre uranhalt (6–9 ppm) jämfört med den tidigorogena granitoiden (2–3 % kalium och 3–6 ppm uran). Pegmatitgångar i både tidigorogena och senorogena bergarter ger upphov till lokala strålningsförhöjningar (uranhalt upptill 40 ppm).

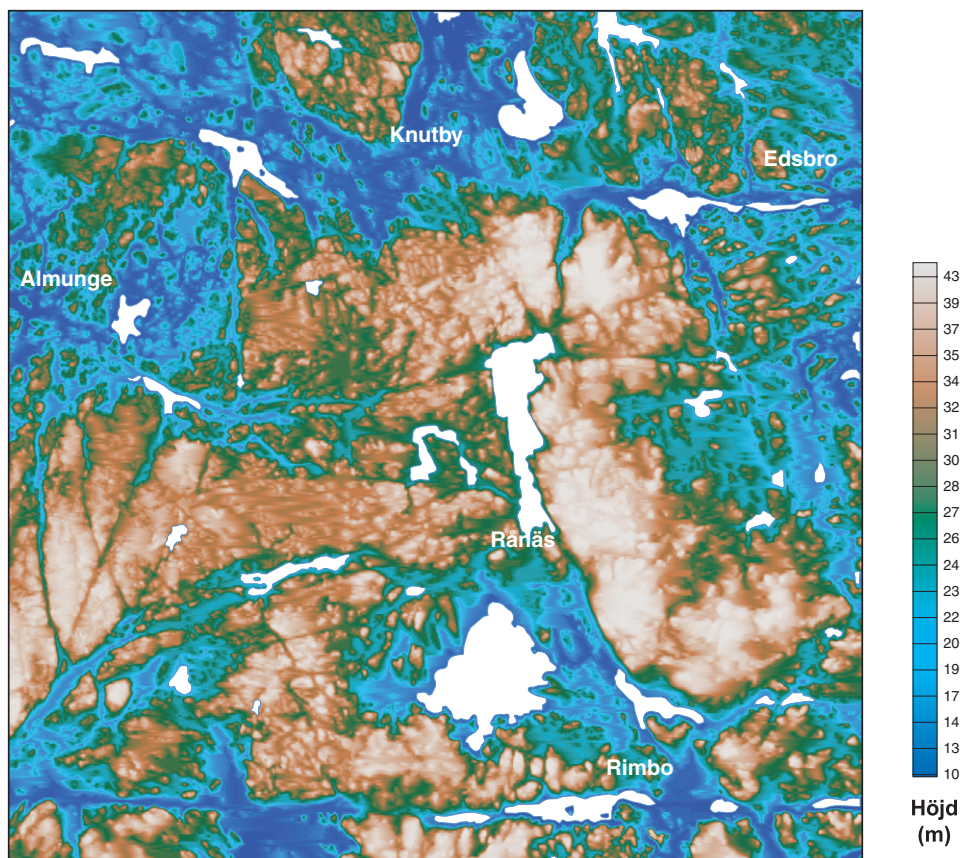


Fig. 13. Höjdreliëfkarta över området 11I Uppsala NO.

Metamorfos

Metamorfosgraden i kartområdets berggrund har inte undersökts närmare, men enligt Stålhös (1991) har de äldre bergarterna (svkofenniska ytbergarter och tidigorogena intrusivbergarter), i det närliggande kartområdet 12I Östhammar, generellt omvandlats i amfibolitfacies. Arnbom & Persson (2002) beskriver en omfattande hydrotermal omvandling av metavulkaniter i området 11I NV. En del av metavulkaniterna har en utbredning som fortsätter in i området 11I NO, och sannolikt har den hydrotermala omvandlingen påverkat bergarterna även där. I den sydligaste delen av kartområdet finns små inslag av metasedimentära bergarter som är åderförgnejsade eller starkt migmatitomvandlade. De utgör det norra gränsområdet för stora förekomster med liknande bergarter som har beskrivits av Stålhös (1972) i kartområdet 11I SO.

Strukturer

De äldre bergarterna i det karterade området präglas av en måttligt stark foliation med en ostnordostlig huvudriktning. I området norr om sjön Sottern har berggrunden en starkt utbildad stänglighet med medelbrant stupning, huvudsakligen mot söder. På den magnetiska anomalikartan (fig. 11) syns en nordostlig strukturtrend, som korsar kartområdet ungefär diagonalt. Enligt årets fältobservationer motsvaras detta, åtminstone i de västra delarna, av ett delvis avbrutet stråk med felsiska metavulkaniter. I det allra sydostligaste hörnet av kartområdet har en zon med mycket stark plastisk deformation observerats. Dessutom har ett fåtal spridda, små, plastiska skjuvzoner iakttagits i håll.

Kartområdet genomkorsas av ett tydligt mönster av spröda deformationszoner, som i många fall syns som topografiska sprickdalar (fig. 13). Zonerna är av naturliga skäl dåligt blottade (sjöar, lerfyllda dalgångar m.m.), och spröd deformation har bara observerats i håll i enstaka fall.

Naturresurser

Malm- och industrimineral

Kartområdet är fattigt på kända mineraliseringar. Endast ett fåtal små, äldre dolomitbrott samt en järnoxidförekomst finns beskrivna (Sidenblad 1868). Ingen av dessa ligger inom det färdigkarterade området.

Krossberg

Nordost om Rimbo finns en större bergtäkt, huvudsakligen i senorogen granit. Lokalen kommer att undersökas närmare under 2005. En liten täkt i tidigorogen metagranodiorit har observerats i den översiktligt karterade delen av området. Krossprodukten är avsedd för lokalt bruk (skogsbilvägar).

REFERENSER

- Antal Lundin, I., Bergman, S., Gierup, J., Persson, C., Thunholm, B., Stephens, M.B. & Johansson, R., 1998: Översiktsstudie av Uppsala län. Geologiska förutsättningar. *SKB R98*, 49 s.
- Arnbom, J.-O., 1999: Beskrivning till berggrundskartan 11G Västerås SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 204*, 46 s.
- Arnbom, J.O. & Persson, L., 2002: Beskrivning till berggrundskartan 11I Uppsala NV. *Sveriges geologiska undersökning Af 210*, 49 s.
- Bergman, S., 1995: Berggrunden på kartbladet 11I Uppsala NO. I C.-H. Wahlgren (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1994. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter & meddelanden 79*, 39–40.
- Bergman, S., 1996: Kartbladet 11I Uppsala NO. I C.-H. Wahlgren (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1995. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter & meddelanden 84*, 41–42.
- Bergman, S., 1997: Kartbladet 11I Uppsala NO. I C.-H. Wahlgren (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1996. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter & meddelanden 89*, 17–18.
- Bergman, S., Delin, H., Kübler, L., Ripa, M. & Söderman, J., 2001: Projekt Svealand. I H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2000. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 105*, 16–28.
- Bergman, S., Delin, H., Karis, L., Kübler, L., Ripa, M. & Söderman, J., 2002: Projekt Svealand. I H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2001. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 110*, 10–39.
- Blomberg, A., 1889: Beskrivning till kartbladet Penningby. *Sveriges geologiska undersökning Aa 100*, 45 s.
- Claesson, O., 1985: The Skedviken structure. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 85405*, 8 s.
- Daniels, J., 1997: Gravity and magnetic modelling of the Almunge alkali complex. Opublicerad avhandling. *Uppsala universitet, avdelningen för fasta jordens fysik*, 56 s.
- Fredriksson, K.-E., 1997: Järnbruken i Ramsjö och Molnebo. *Civiltryckeriet, Upsala Nya Tidning*, 81 s.
- Gorbatshev, R., 1960: On the alkali rocks of Almunge. A preliminary report on a new survey. *Bulletin of the Geological Institute of Uppsala XXXIX*, 69 s.
- Gorbatshev, R., 1970: K-Ar age of biotite from the Almunge alkaline intrusion. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 92*, 501–502.
- Gorbatshev, R. & Norin, E., 1958: Alkalisyenitområdet vid Almunge. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 93031*, 7 s.
- Gumaelius, O., 1868: Några ord till upplysning om bladet Sala. *Sveriges geologiska undersökning Aa 26*, 127 s.
- Gumaelius, O. & Paykull, C.W., 1865: Några ord till upplysning om bladet Sigtuna. *Sveriges geologiska undersökning Aa 16*, 56 s.
- Hummel, D., 1865: Några ord till upplysning om bladet Skattmansö. *Sveriges geologiska undersökning Aa 15*, 60 s.
- Jonsson, E., 2001: Vårt närmaste alkalina massiv: Almungeintrusionen i Uppland. *Stockholms Amatörgeologiska Sällskap Berg & Mineral 11*, 8–15.

- Juhlin, C., Palm, H., Müllern, C.F. & Wällberg, B., 2002: Imaging of groundwater resources in glacial deposits using high-resolution reflection seismics, Sweden. *Journal of Applied Geophysics* 51, 107–120.
- Jönberger, J., 2003: The Importance of Gravity for Integrated Geophysical Studies of Aquifers. Examensarbete. *Institutionen för Geovetenskaper Uppsala universitet, ISSN 1650-6553*, 66 s.
- Kugelberg, O.F., 1862: Några ord till upplysning om bladet Skultuna. *Sveriges geologiska undersökning Aa 3*, 32 s.
- Kugelberg, O.F., 1863: Några ord till upplysning om bladet Enköping. *Sveriges geologiska undersökning Aa 7*, 40 s.
- Lundegårdh, P.H. & Lundqvist, G., 1956: Beskrivning till kartbladet Uppsala. *Sveriges geologiska undersökning Aa 199*, 117 s.
- Lundgren, H., 1997: Okänd malmgruva gömmer sig i Axsjö. *Uppsala Nya Tidning 970312*.
- 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*.
- Paykull, C.W., 1864: Några ord till upplysning om bladet Lindholm. *Sveriges geologiska undersökning Aa 13*, 55 s.
- Persson, L., 1997: Berggrundskartan 12G Avesta SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 189*.
- Persson, L. & Stålhös, G., 1991: Beskrivning till provisoriska, översiktliga berggrundskartan Uppsala. *Sveriges geologiska undersökning Ba 47*, 30 s.
- Ripa, M. & Kübler, L., 2003: Berggrundskartan 11G Västerås NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 217*.
- Ripa, M., Kübler, L., Persson, L. & Göransson, M., 2002: Beskrivning till berggrundskartan och bergkvalitetskartan 11G Västerås NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 217*, 70 s.
- Ripa, M., Bastani, M. & Persson, L., 2004: Östra Mälardalen berg. I H. Delin (red.): Berggrundsgelogisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2003. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter & meddelanden 116*, 10–19.
- Rudmark, L., 2000: Beskrivning till jordartskartan 11I Uppsala NO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 125*, 53 s.
- Sidenbladh, E., 1868: Några ord till upplysning om bladet Rånäs. *Sveriges geologiska undersökning Aa 27*, 61 s.
- Stephens, M.B., Ahl, M., Bergman, T., Lundström, I., Persson, L., Ripa, M. & Wahlgren, C.-H., 2000: Syntes av berggrundsgelogisk och geofysisk information, Bergslagen och omgivande områden. I H. Delin (red.): Regional berggrundsgelogisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1999. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 102*, 78–97.
- Stephens, M.B., Ahl, M., Bergman, T., Lundström, I., Persson, L., Ripa, M. & Wahlgren, C.-H., 2001: Syntes av berggrundsgelogisk och geofysisk information, Bergslagen och omgivande områden. I H. Delin (red.): Regional berggrundsgelogisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2000. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 105*, 63–74.
- Stålhös, G., 1974: Berggrundskartan Enköping SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 110*.
- Stålhös, G., 1977: Berggrundskartan Enköping SV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 118*.
- Stålhös, G., 1991: Beskrivning till berggrundskartorna Östhammar NV, NO, SV, SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 161, 166, 169, 172, 249* s.
- Svantesson, S.-I., 1999: Jordartskartan 11H Enköping NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ae 131*.
- Svedmark, E., 1887: Beskrivning till kartbladet Norrtelge. *Sveriges geologiska undersökning Aa 94*, 69 s.
- Werner, S., Aaro, S. & Lagmanson, M., 1977: Gravimeterundersökningar inom Bergslagsgeotraversen. *Slutrapport STU 75-5084*.

E-post: magnus.ripa@sgu.se mehrdad.bastani@sgu.se hans.delin@sgu.se lena.persson@sgu.se

Östra Mälardalen, bergkvalitet

Malin Sträng, Daniel Andersson, Mehrdad Bastani, Fanny Hartvig, Sven Lundqvist, Claes Mellqvist och Lena Persson

INLEDNING

Projektet "Östra Mälardalen, bergkvalitet" startade under 2003 och skall enligt planen pågå t.o.m. 2006. Syftet med projektet är att ta fram bergkvalitetskarter över östra Mälardalen. Det utgör en del av SGUs kartering inom befolkningstäta områden och miljömålet "God bebyggd miljö". Bergkvalitetskarter kommer att skapas över följande (eller delar av) kommuner: Nykvarn, Nynäshamn, Heby, Sala, Södertälje, Värmdö och Österåker. För Sigtuna och Vallentuna kommuner är bergkvalitetskarter framtagna under 2004. Totalt omfattar projektet ca 2 200 km² (fig. 1).

Inom Värmdö och Österåkers kommuner har arbetet inletts med berggrundsundersökningar, eftersom det saknas moderna berggrunds-karter för delar av dessa kommuner. Även i Heby kommun har en kompletterande berggrundsundersökning genomförts. Efter att berggrunds-karteringen är avslutad kan bergkvalitetsundersökningarna utföras. Under 2004 har bergkvalitetsprovtagningar genomförts i Nynäshamns, Sala, Heby och Värmdö kommuner, och berggrundsundersökningar har gjorts i Värmdö, Österåker och Heby.

I fältarbetet har följande personer deltagit: Daniel Andersson (extrageolog), Mehrdad Bastani, Hans Delin, Fanny Hartvig, Claes Mellqvist, Sven Lundqvist, Lena Persson, Niklas Ohlsson (extrageofysiker) och Malin Sträng.

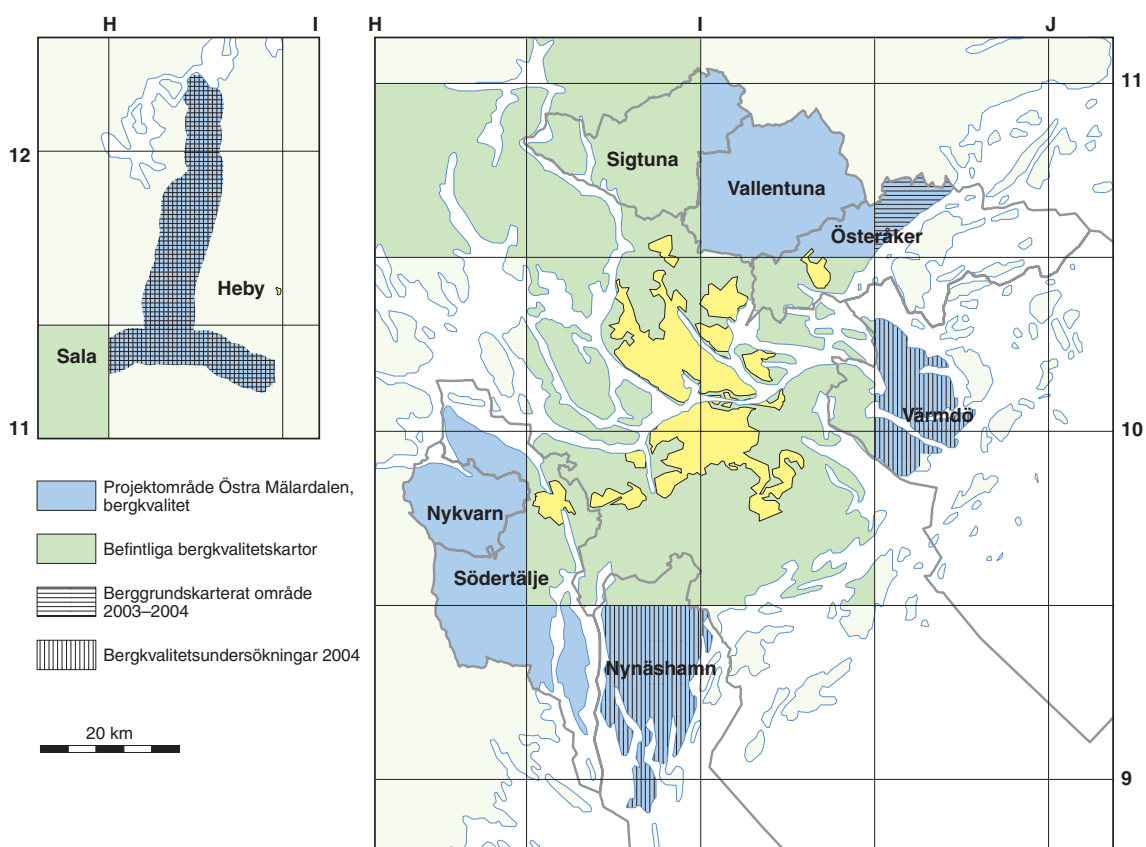


Fig. 1. Projektområdet.

BERGGRUNDSGEOLOGI

Berggrundskartering har under 2004 huvudsakligen genomförts i Värmdö och Österåkers kommuner samt i relativt blygsam skala inom Heby kommun. I kartområdet 12H Söderfors har en förtätning gjorts av observationerna från den nyligen avslutade berggrundskarteringen där (Bergman m.fl. 2001, 2002, 2003). I kartområdet 11H Enköping NV pågår berggrundsundersökningar inom ramen för projekt ”Östra Mälardalen, berg” (Ripa m.fl. 2004).

Berggrunden inom karteringsområdena domineras av bergarter bildade under den så kallade svekokarelska orogenesen. Huvuddelen av bergarterna kan hänföras till grupperna tidigorogena intrusivbergarter (granit till gabbro) samt svekofenniska ytbergarter (främst ådergnejsomvandlade till migmatitiserade sedimentära bergarter).

Värmdö kommun

Värmdö kommun har en totala landyta på 438 km² och består av 10 252 öar. Berggrundskarteringen i detta projekt bedrivs på de öar som har broförbindelse (undantaget Djurö och Björnö) inom kartområdena 10J Värmdö NV och SV. De västra delarna av kommunen hör till kartområdena 10I Stockholm NO och NV, över vilka moderna berggrundskartor finns (Persson m.fl. 2001). Dessa delar av kommunen ingår därför inte i projektet.

Tidigare undersökningar av berggrunden inom kommunen har utförts av bland annat Nathorst (1881), Svedmark (1883), Sundius (1939), Möller & Stålhös (1964, 1969), Stålhös (1969) samt Persson m.fl. (2001).

Berggrunden i kommunen domineras av två bergartsgrupper (fig. 2). På Ingarö i söder består det karterade området huvudsakligen av gnejsiga granitoider som varierar i sammansättning från granodiorit till tonalit samt av en gabbro till diorit, som är tidsmässigt associerad med granitoiderna (fig. 3a). I de norra delarna av Ingarö och norrut till trakterna av Värmdö kyrka dominerar sedimentära bergarter som blivit ådergnejsomvandlade och i viss mån migmatitiserade (fig. 3b). Norr därom dominerar gnejsiga granitoider av samma typ som på Ingarö.

I det undersökta området på Värmdölandet förekommer spridda, mindre områden med en senorogen, grå, fint medelkornig, jämnkornig och folierad granitoid (markerat med rött i fig. 2), huvudsakligen med granodioritisk sammansättning (fig. 3c). I flertalet hållar är granodioriten blandad (”minglad”) med en dioritisk bergart (fig. 3d). Dioriten är daterad inom projektet till en ålder av 1 794±8 miljoner år (U-Pb-metoden på zirkon). I en håll i Hemmesta uppvisar ovan nämnda granodiorit en fläckig struktur, bestående av ljusa fläckar med en mörk kärna av i huvudsak biotit (Sträng m.fl. 2004).

Berggrundens foliation i det karterade området har huvudsakligen en västnordvästlig till västsydvästlig riktning.

Mikroskopering och kemisk analys av prover från kommunen pågår.

Hela Värmdö kommun är täckt med moderna flyggeofysiska data. Figur 4 visar den flygmätta magnetiska anomalikartan över kommunen. Den centrala delen av kartområdet skiljer sig tydligt från de norra och södra delarna av kommunen, genom att ha ett mer varierat magnetiskt mönster. Berggrunden i norr och söder består av granitoider med mestadels låg susceptibilitet. I den centrala delen av kommunen, på Värmdölandet, visar anomalikartan ett tydligt veckmönster med omväxlande negativa och positiva anomalier. Berggrunden där består av ådergnejsomvandlade sedimentära bergarter och det magnetiska mönstret återspeglar berggrundens strukturella drag. De negativa magnetiska anomalierna motsvaras huvudsakligen av migmatitomvandlade bergarter.

Figur 5 visar den flygmätta radiometriska toriumkartan över kommunen. De migmatitomvandlade delarna av de sedimentära bergarterna på Värmdölandet har i många fall förhöjda toriumhalter och framträder tydligt på toriumkartan. Granitoiderna i norr och i söder på Ingarö uppvisar generellt en lägre gammastrålning, förutom några graniter med högre toriumhalter i den norra delen av området.

Figur 6 visar resistivitetskartan beräknad från VLF-data. Hällfrekvensen är hög inom hela kom-

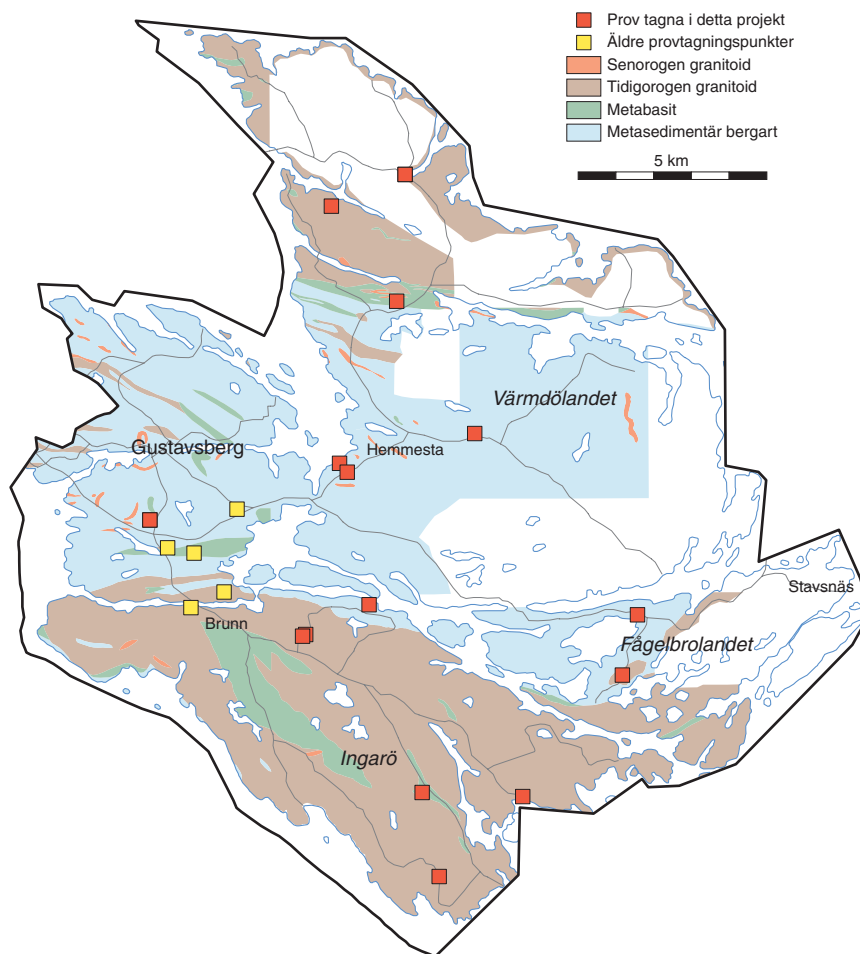


Fig. 2. Preliminär, förenklad berggrundskarta över projektområdet inom Värmdö kommun.

munen, varför resistivitetskartan huvudsakligen visar berggrundens resistivitet. Även på denna karta framkommer en tydlig skillnad mellan de omvandlade sedimentära bergarterna på Värmdölandet och granitoiderna i den norra delen av kommunen samt på Ingarö, i den södra delen. Granitoiderna har betydligt högre resistivitet i jämförelse med de sedimentära bergarterna.

Österåkers kommun

Österåkers kommun har en total landyta på 310 km², inräknat ett antal mindre och större öar varav Ljusterö och Ingmarsö är de största. Berggrundskartering i detta projekt bedrivs endast på fastlandet. De västra delarna av kommunen ligger inom kartområdena 11I Uppsala SO och 10I Stockholm NO, över vilka relativt moderna berggrundskartor finns (Stålhös 1972, Persson m.fl. 2001), och ingår därför ej i projektet. Tidigare undersökningar av berggrunden inom kommunen har utförts av bland annat Törnebohm (1882) och Blomberg (1889).

Under 2004 har berggrundskartering utförts i de delar av kommunen som saknar en modern berggrundskarta, dvs. inom kartområdet 11J Norrtälje SV. Berggrunden där är mycket heterogen, med snabba växlingar mellan olika bergarter. Huvuddelen av bergarterna kan hänföras till gruppen tidigorogena intrusivbergarter. Två huvudtyper av intrusiva led förekommer inom det undersökta området, granitoider och diorit till gabbro. En preliminär översiktlig berggrundskarta över Österåkers kommun presenteras i figur 7. Granitoiderna varierar i sammansättning från granit till tonalit. Relativt homogena områden med ögonförande granit till granodiorit förekommer i områdets södra och västra

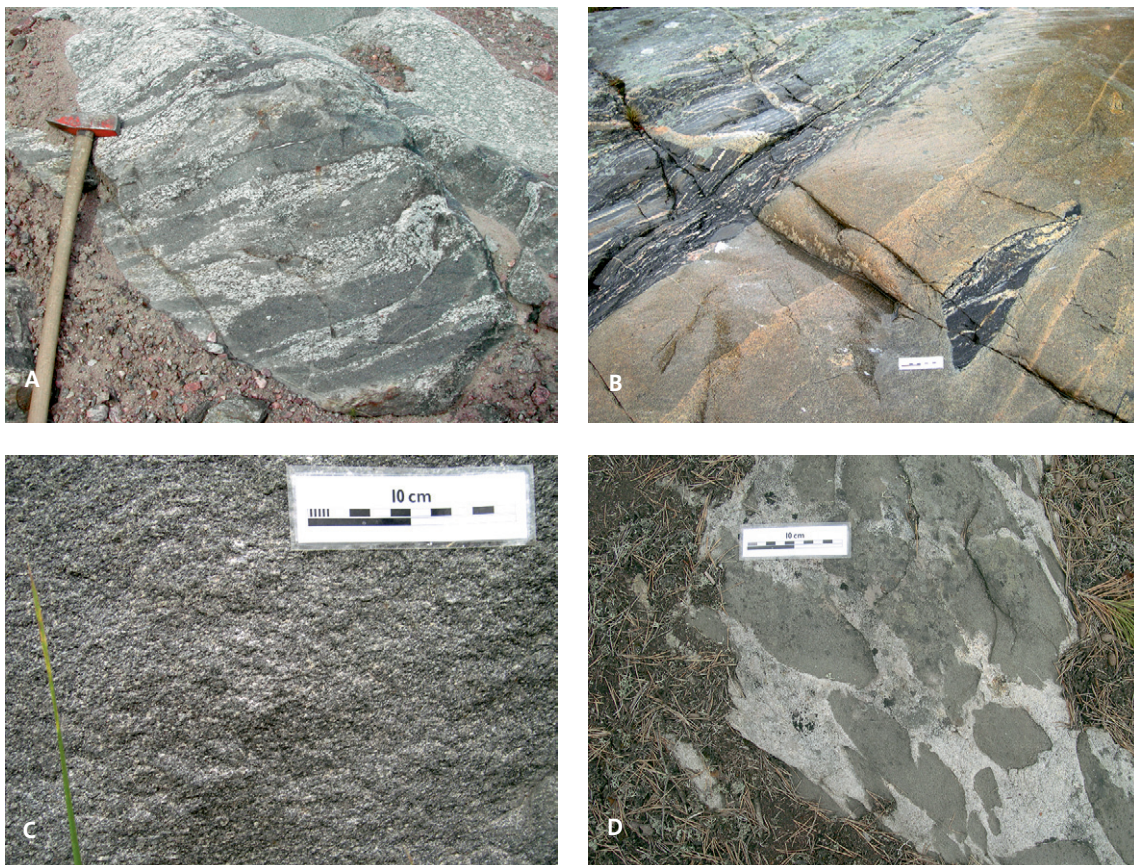


Fig. 3. Fotografier av bergarter i Värmdö kommun. Koordinater i rikets nät. **A.** "Magma mingling"-strukturer med basiska enklaver i porfyrisk granit. Notera innehållet av strökorn av fältspat i enklaverna. Strökornens närvaro tolkas som att den basiska magman intruderat i en ej färdigkristalliserad granitisk magma och plockat upp enstaka fältspatkristaller ur granitmagman (6585354/1658413). **B.** Slirig migmatitgranit med xenoliter av åderförgnejsad sedimentbergart (6584975/1650850). **C.** Medelkornig, svagt folierad yngre granit till granodiorit (6580685/1652030). **D.** Mörka runda enklaver av finkornig till fint medelkornig diorit i en medelkornig mellanmassa av granit till granodiorit. Dateringslokal (6584615/1651215).

delar. Ögonen består i allmänhet av rektangulära till ovala strökorn av kalifältspat (fig. 8a). Ställvis är denna bergart även rik på hornblände. I de östra delarna av området är granitoiderna jämnkorniga och har granodioritisk till tonalitisk sammansättning (fig. 8b).

Gabbro till diorit uppträder som ett större massiv runt sjön Ruggen och som två sammanhängande stråk med nordostlig utsträckning. Den totala ytan av de basiska leden uppgår till ca en tredjedel av områdets yta. Strax norr om sjön Ruggen förekommer ett mindre område med homogen medel- till grovkornig svart gabbro. I övrigt är dioriten till gabbro mycket heterogen med varierande kornstorlek och textur. Ställvis är den porfyrisk med strökorn av plagioklas eller hornblände. I kontaktzoner till intilliggande granitoider uppträder de basiska djupbergarterna på ett flertal ställen som intrusivbreccia med kantiga brottstycken av diorit till gabbro i en kvarts-fältspatmassa (fig. 8c).

Granitoider och basiter, vilka förmodligen har sina ursprung i två likåldriga magmakammare, visar ofta tecken på magmablandning. Enklaver av diorit till gabbro, i form av mindre droppar och sliror eller gångar och större kroppar, uppträder i granitoiderna (fig. 8d). Även omvända förhållanden förekommer, dvs. granitoider omgivna av gabbro till diorit. De breccierade basiska bergarterna kan å andra sidan tolkas som att de helt eller delvis var avkylda innan granitoiderna intruderade. För en mer omfattande diskussion rörande djupbergarternas inbördes genetiska förhållande hänvisas till Stålhös (1972) och referenser däri.

De intrusiva bergarterna är med få undantag stängliga eller folierade. Foliationen är generellt sett relativt brantstående och huvudsakligen orienterad i nordostlig eller ost-västlig riktning. Ytterligare

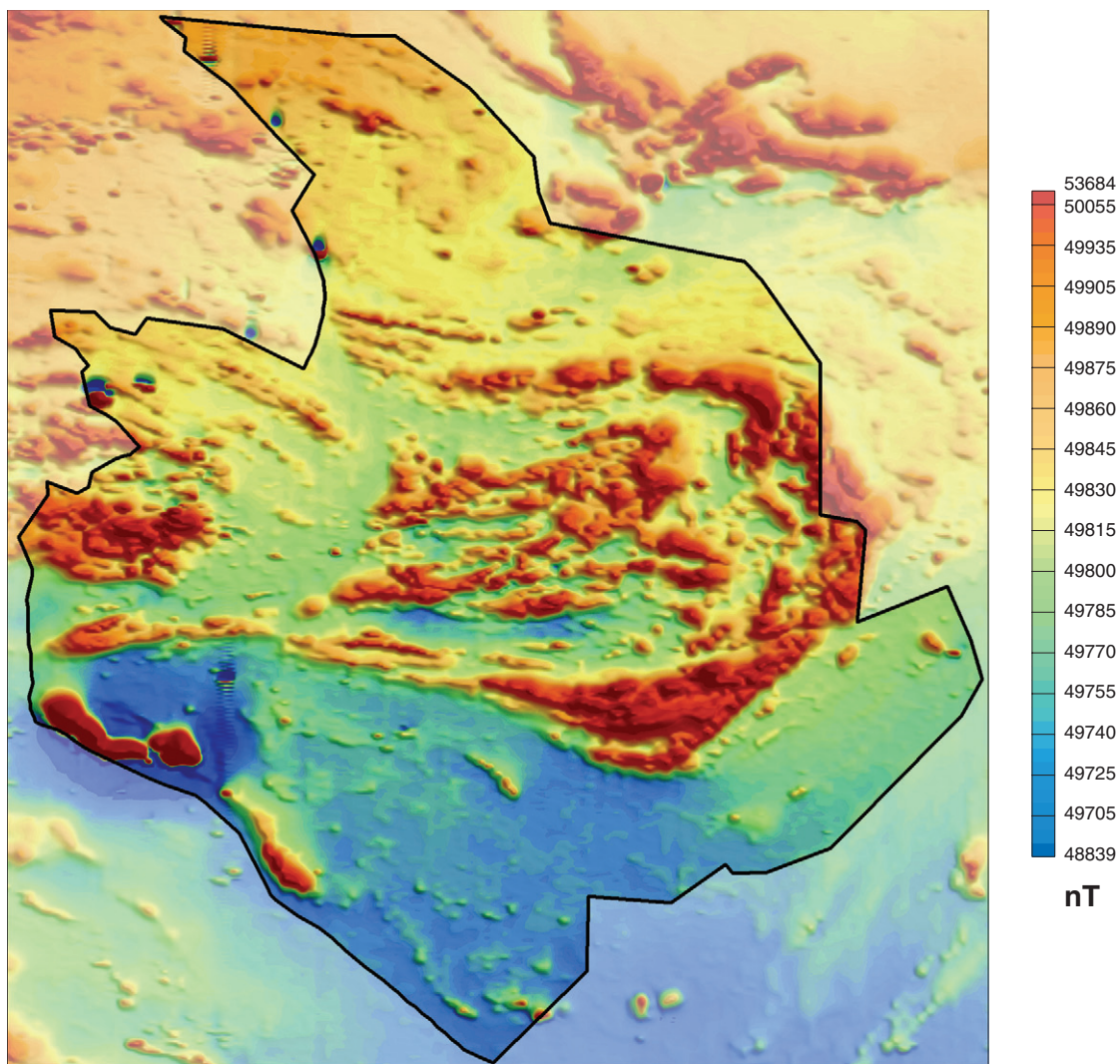


Fig. 4. Magnetisk anomalikarta över projektområdet inom Värmdö kommun.

basiska led utgörs av gångar, vanligen decimeter- till meterbreda, deformerade, avslitna och amfibolitomvandlade. Gångarna uppträder spridda över området och har ej särskiljts från de basiska djupbergarterna på kartan.

Det geofysiska fältarbetet inom Österåkers kommun pågick under en vecka och inriktades främst på provtagning för bestämning av bergarternas fysikaliska egenskaper. Dessutom gjordes spektrometermätningar på berghällar för bestämning av kalium-, uran- och toriumhalterna.

De största magnetfältsanomalierna i Österåkers kommun orsakas av diorit och gabbro (fig. 9). Susceptibiliteten hos de basiska bergarterna varierar mycket, från 40 upp till mer än $10\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter. Granitoiderna har betydligt lägre susceptibilitet och en mindre variation (10 – $2\,170 \times 10^{-5}$ SI-enheter).

Figur 10 visar markens uranhalt från radiometriska flygmätningar inom Österåker kommun. Uranhalten är generellt låg i hela kommunen. Årets spektrometermätningar på hällar inom undersökningsområdet visar också ganska låga halter av uran för alla bergarter. Basiterna har den lägsta uranhalt (0,5 ppm) och graniterna den högsta (4,9 ppm). Markmätningarna visar också, att kaliumhalten varierar mellan 0,5 och 1,4 % i de basiska bergarterna, mellan 1,0 och 2,1 % för granodioriterna till kvartsdioriterna och mellan 2,8 och 3,7 % för graniterna inom undersökningsområdet.

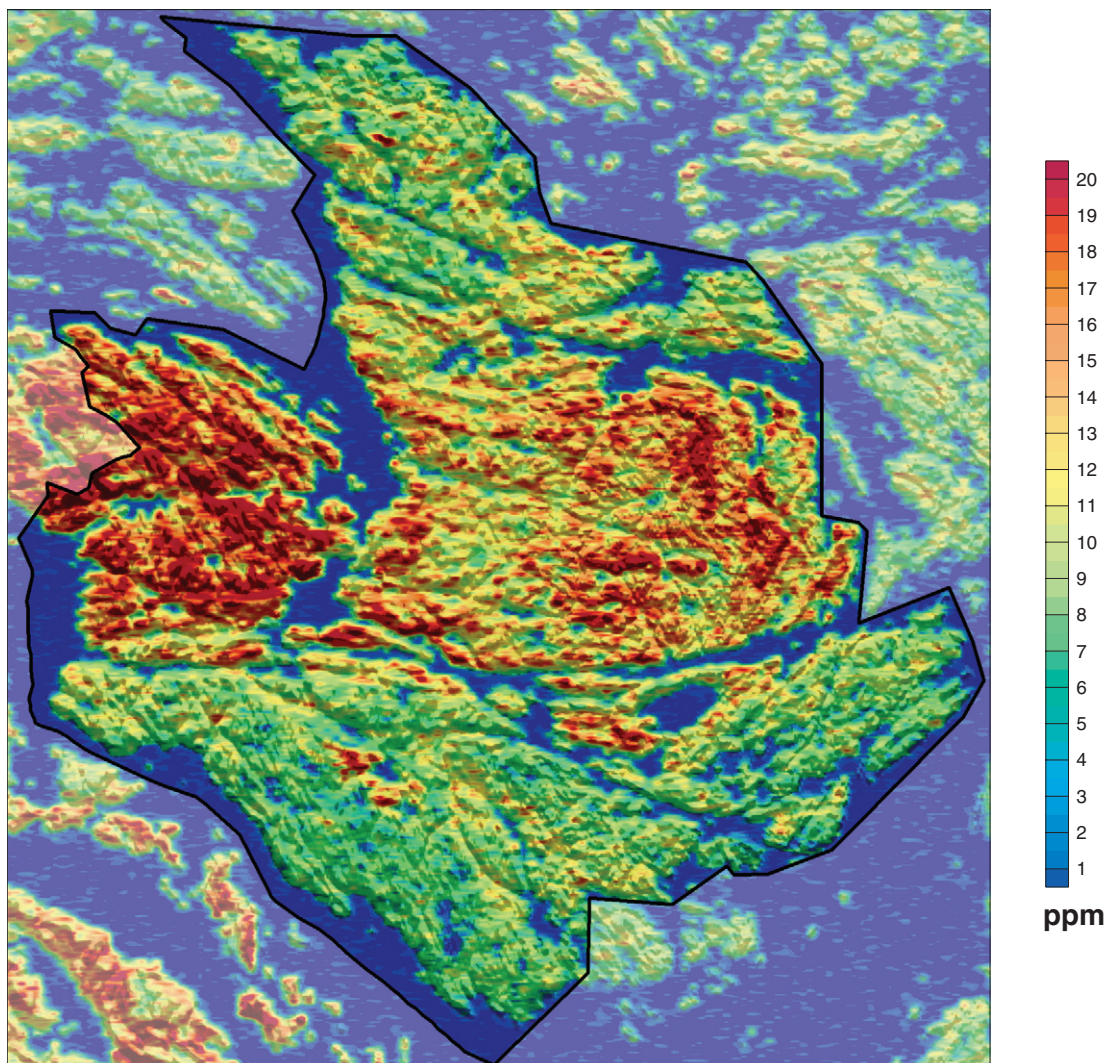


Fig. 5. Radiometrisk toriumkarta över projektområdet inom Värmdö kommun.

BERGKVALITET

Provtagning för teknisk analys har utförts på de dominerande bergartsenheterna, företrädesvis i vägskärningar samt bergtäkter. Vid varje provtagningslokal har ca 70 kg bergmaterial tagits. På dessa prover görs följande analyser: Kulkvarnsanalys (nöttningsmotståndet), Los Angeles-analys (sprödhet), densitetsmätning, ASR-analys (alkaliskiselreaktivitet) samt på en del prover Micro Deval-analys (nöttningsmotstånd). De tekniska analyserna görs av MRM (mark radon miljö) i Luleå. Gammastrålningsmätningar har utförts på de flesta lokalerna. Där det har varit möjligt har även mätningar av sprickplanens strykning och stupning samt en bedömning av spricktätheten gjorts. Tunnslip från samtliga prov har framställts och mikroskopering av dessa pågår.

Nynäshamns kommun

Nynäshamns kommun har en landareal på 356 km². Över de nordligaste delarna av kommunen finns bergkvalitetskarter redan utgivna (Persson m.fl. 2002). Inom detta projekt har de delar av kommunen som ligger inom kartområdet 9I Nynäshamn undersökts. Moderna berggrundskarter finns över hela kommunen (Stålhös 1979, Persson m.fl. 2001), och de bedöms vara av så god kvalitet att någon ny

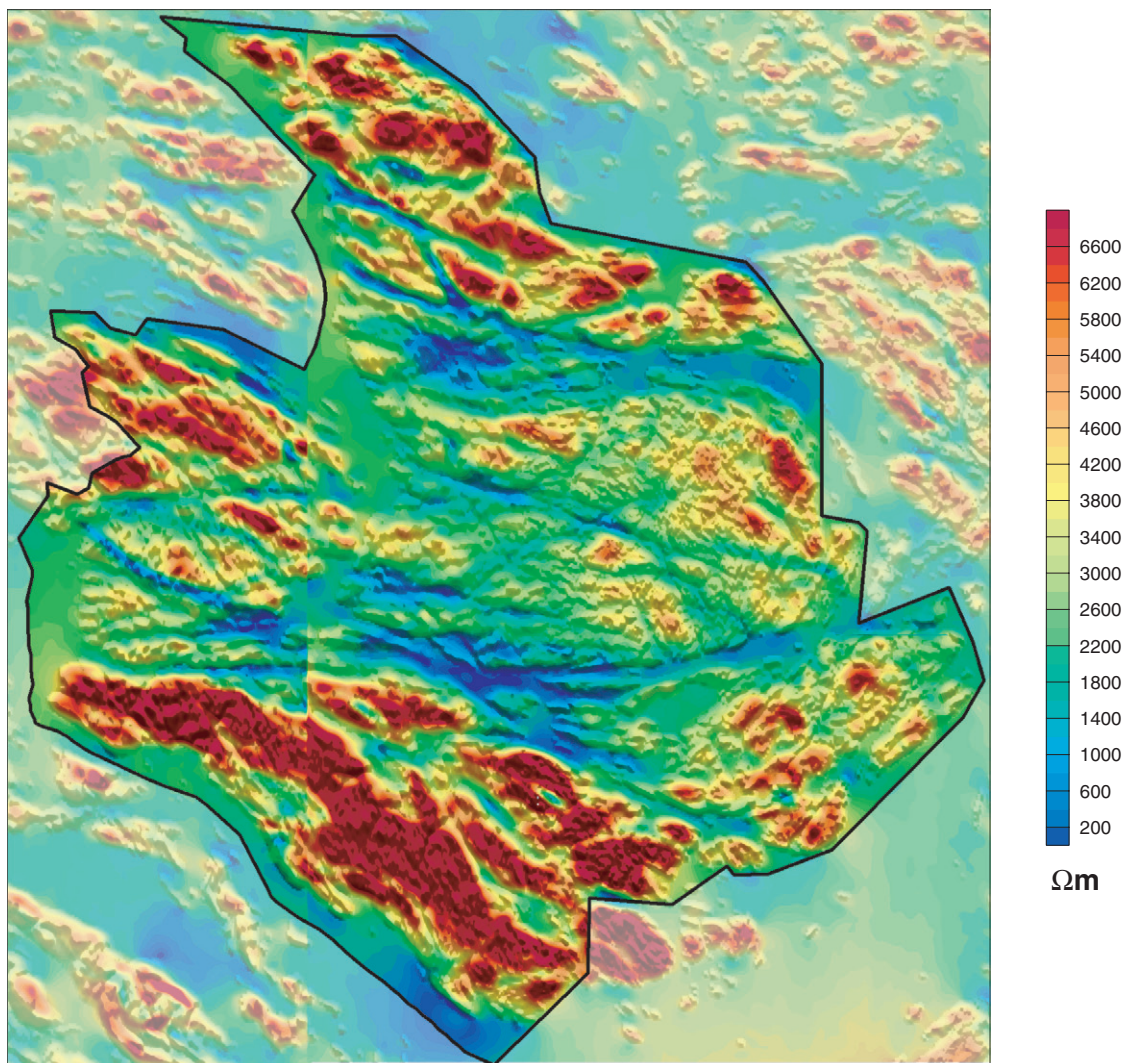


Fig. 6. Resistivitetskartan över projektområdet inom Värmdö kommun.

berggrundskartering ej är nödvändig. Bergkvalitetskartan över Nynäshamns kommun skall färdigställas under 2005. Inom detta projekt har 25 prover tagits inom kommunen för bergkvalitetsanalys (fig. 11). Analys av dessa och sammanställning av resultaten pågår för närvarande. Ytterligare ett prov (tidigare arbeten) från berggrunden i kommunen finns markerat på bergkvalitetskartan 10I Stockholm (Persson m.fl. 2002).

Det geofysiska fältarbetet inom Nynäshamns kommun pågick under tre veckor och omfattade petrofysikprovtagning och gammastrålningsmätningar på berghällar. Berggrunden i undersökningsområdet består till största delen av sedimentgnejs, vanligen kraftigt migmatitomvandlade. De uppvisar höga toriumhalter i likhet med sedimentgnejserna på Värmdö. Figur 12 visar den flygmätta radiometrisk toriumkartan över området med samtliga spektrometermätta hällar markerade. Områden med förhöjda toriumhalter förekommer inom hela kommunen men främst längst söderut på Torö. Spektrometermätningar på berghällar visar att kaliumhalten varierar mellan 0,1 och 6,6 % (medel 3,1%). Uranhalten är generellt låga och varierar mellan 0,5 och 10 ppm (medel 2,5 ppm), medan toriumhalten varierar mellan 0 och 155 ppm (medel 23 ppm). På flera hällar har ett gammaindex större än 2 uppmätts.

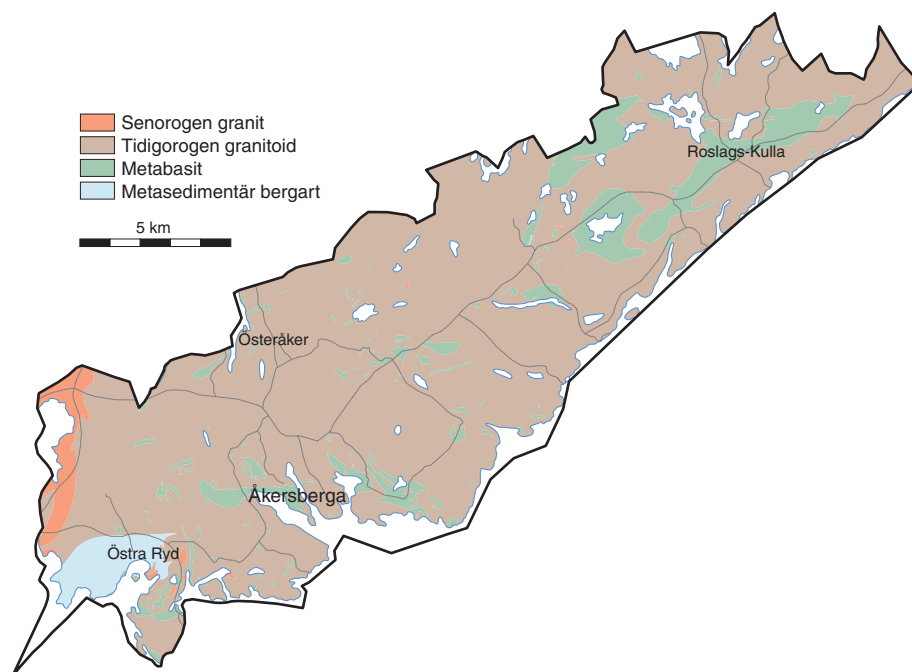


Fig. 7. Preliminär, förenklad berggrundskarta över projektområdet inom Österåkers kommun.

Sala–Heby kommuner

I Sala och Heby kommuner har ett område (totalt 367 km²) längs vägarna 67 och 72 inom kartområdena 11H Enköping NV samt 12H Söderfors SV och NV undersökts (fig. 1). Bergkvalitetskartan över Sala–Heby skall färdigställas under 2005 och 23 prover för bergkvalitetsanalys har tagits (fig. 13). Analys av dessa och sammanställning av resultaten pågår för närvarande. Den provtagna bergart som uppvisar den bästa motståndskraften mot nötning och är minst spröd är en diabas. För övrigt uppvisar de äldre granitoiderna i de södra delarna av området samt felsiska vulkaniter i allmänhet en god motståndskraft mot nötning. Sämst värden av de provtagna bergarterna uppvisar två gabbroider.

Värmdö kommun

Inom Värmdö kommun berggrundskarteras samma område som har provtagits för bergkvalitet. Bergkvalitetskartor finns redan framtagna över de västra delarna av kommunen, inom kartområdet 10I Stockholm (Persson m.fl. 2002). Bergkvalitetskartan över Värmdö kommun ska färdigställas under 2006. Det har tagits 17 prover för bergkvalitetsanalys inom detta projekt (fig. 2). Analys av dessa och sammanställning av resultaten pågår för närvarande. Ytterligare 5 prover (tidigare arbeten) finns markerade på bergkvalitetskartan 10I Stockholm (Persson m.fl. 2002). Generellt sett har de yngre, fint medelkorniga granodioriterna (fig. 3c) den bästa motståndskraften mot nötning och är också minst spröda.



Fig. 8. Fotografier av bergarter i Österåkers kommun. Koordinater i rikets nät. **A.** Ögonförande, hornbländerik granit till granodiorit (6604587/1654318). **B.** Rödgrå, medel- till grovkornig, ojämnkornig, folierad till stänglig granitoid och grå, finkornig, jämnkornig, folierad granitoid med utdragna basiska linser. Vira Bruk (6608958/1654611). **C.** Breccierad, heterogen gabbro, läkt av kvarts-fältspatmassa (6607610/1650120). **D.** Heterogen, finkornig folierad gabbro till tonalit, porfyritisk med strökorn av både plagioklas och hornblände. Söder om sjön Viren (6606850/1654208).

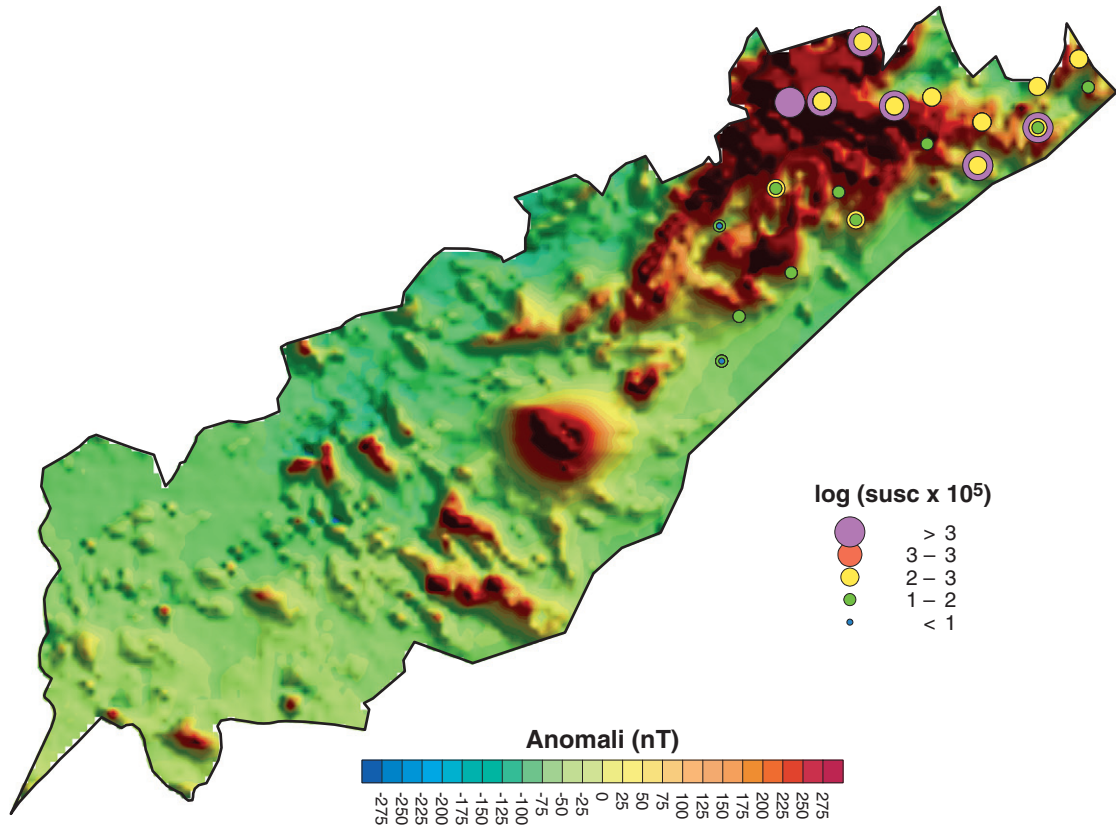


Fig. 9. Magnetisk anomalikarta över projektområdet inom Österåker kommun. Symbolerna visar värden mätta på hållar. Logaritmisk skala.

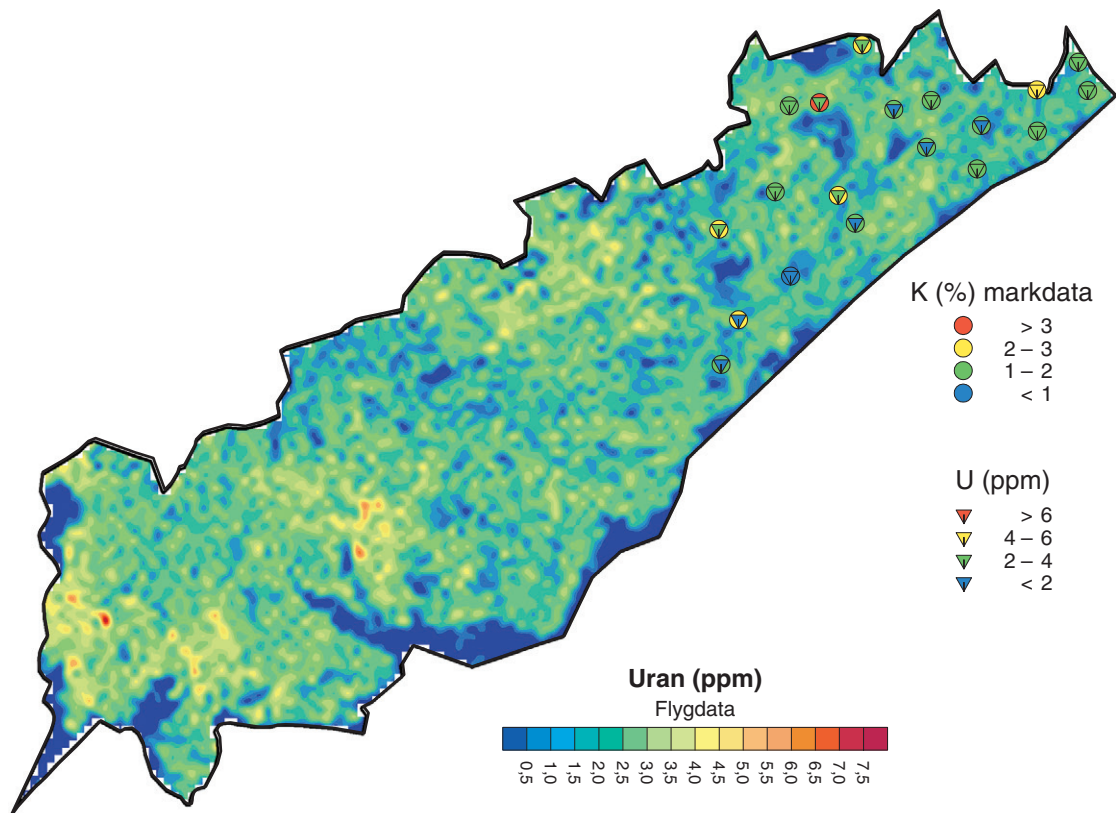


Fig. 10. Radiometrisk urankarta över projektområdet inom Österåker kommun. Symbolerna visar värden mätta på hållar.

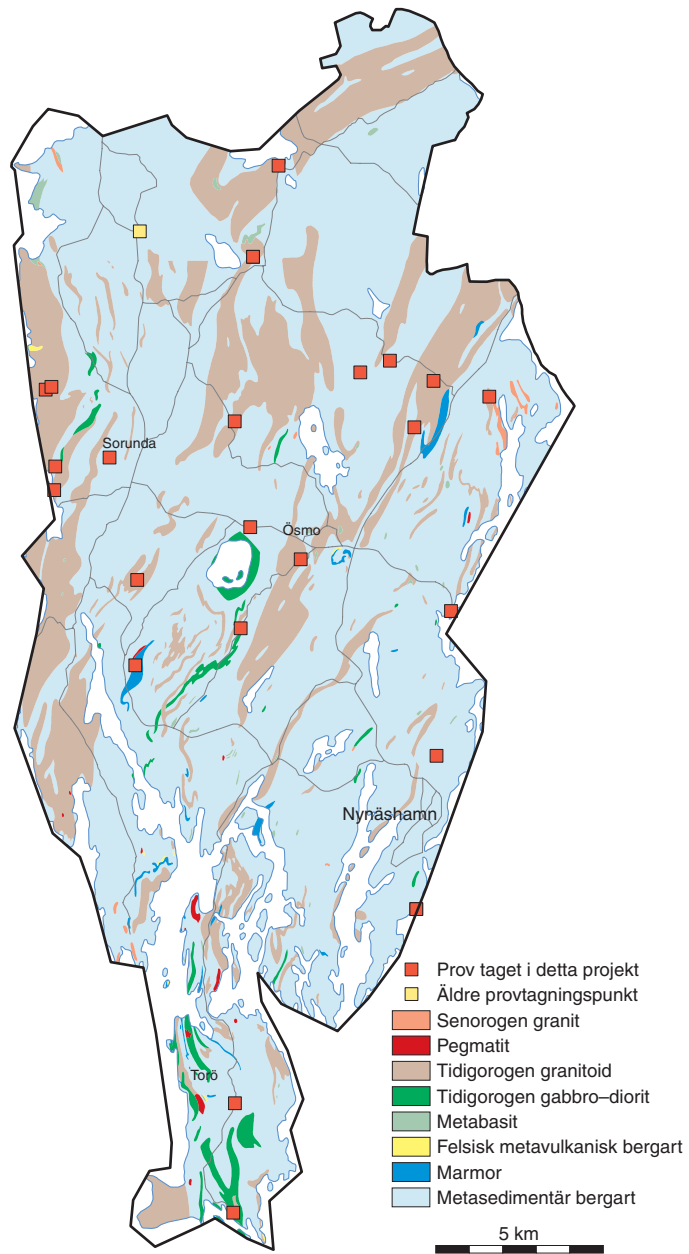


Fig. 11. Förenklad berggrundskarta över projektområdet inom Nynäshamns kommun.

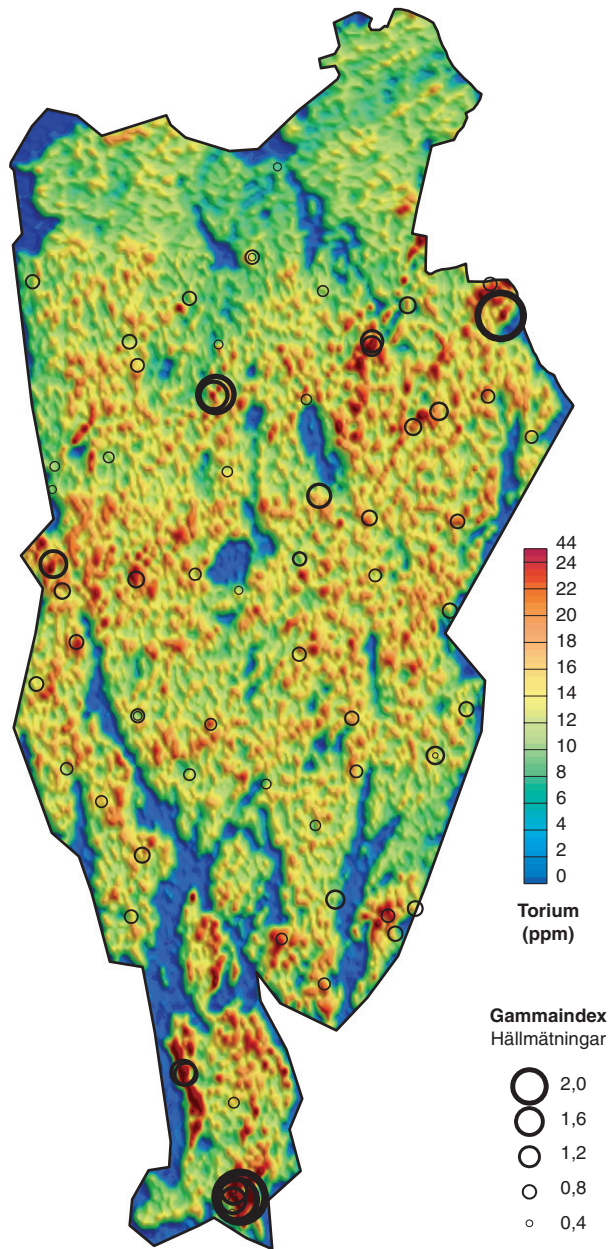


Fig. 12 Radiometrisk toriumkarta över projektområdet inom Nynäshamns kommun.

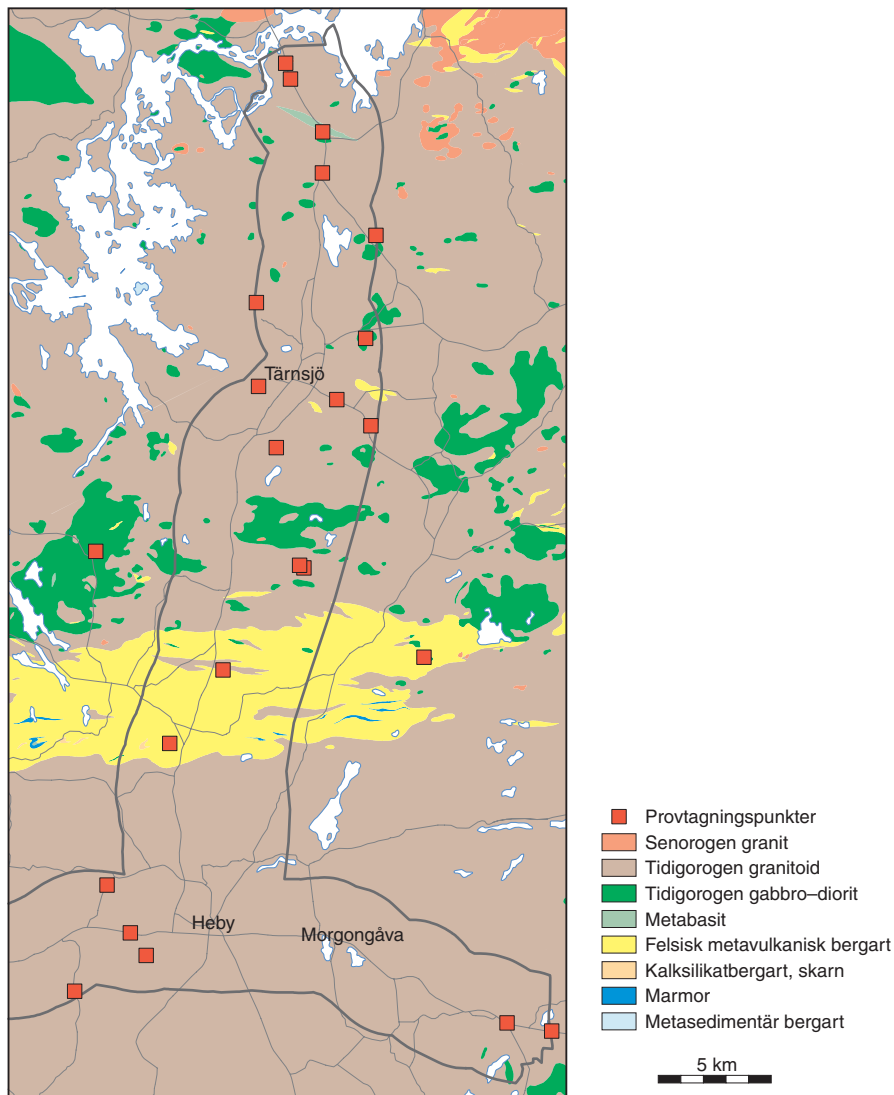


Fig. 13 Förenklad berggrundskarta över projektområdet inom Sala och Heby kommuner.

REFERENSER

- Bergman, S., Delin, H., Kübler, L., Ripa, M. & Söderman, J., 2001: Projekt Svealand. I H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2000. *Sveriges geologiska undersökning Rapport och meddelanden 105*, 16–28.
- Bergman, S., Delin, H., Karis, L., Kübler, L., Ripa, M. & Söderman, J., 2002: Projekt Svealand. I H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2001. *Sveriges geologiska undersökning Rapport och meddelanden 110*, 10–39.
- Bergman, S., Delin, H., Kübler, L., Ripa, M. & Söderman, J., 2003: Projekt Svealand. I H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2002. *Sveriges geologiska undersökning Rapport och meddelanden 112*, 10–27.
- Blomberg, A., 1889: Beskrivning till kartbladet Penningby. *Sveriges geologiska undersökning Aa 100*, 45 s.
- Möller, H. & Stålhös, G., 1964: Beskrivning till geologiska kartbladet Stockholm NO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 1*, 147 s.
- Möller, H. & Stålhös, G., 1969: Beskrivning till geologiska kartbladet Stockholm SO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 3*, 122 s.

- Nathorst, A.G., 1881: Beskrivning till kartbladet Gustafsberg. *Sveriges geologiska undersökning Aa 73*, 34 s.
- Persson, L., Sträng, M. & Antal, I., 2001: Berggrundskartan 10I Stockholm, skala 1:100 000. *Sveriges geologiska undersökning Ba 60*.
- Persson, L., Antal, I., Göransson, M., Lundqvist S. & Sträng, M., 2002: Bergkvalitetskartan 10I Stockholm, skala 1:100 000. *Sveriges geologiska undersökning Ba 60 Bk*.
- Ripa, M., Bastani, M. & Persson, L., 2004: Projekt Östra Mälardalen. I H. Delin (red.): Berggrundsgelogisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2003. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 116*, 10–19.
- Sträng, M., Bastani, M., Hartvig, F. & Persson, L., 2004: Projekt Östra Mälardalen, bergkvalitet. I H. Delin (red.): Berggrundsgelogisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2003. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 116*, 97–104.
- Stålhös, G., 1969: Beskrivning till Stockholmstraktens berggrund. *Sveriges geologiska undersökning Ba 24*, 190 s.
- Stålhös, G., 1972: Beskrivning till berggrundskartorna Uppsala SV och SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 105–106*, 165 s.
- Stålhös, G., 1979: Beskrivning till berggrundskartan Nynäshamn NV/SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 125*, 106 s.
- Sundius, N., 1939: Sydöstra delen av Stockholms skärgård. *Sveriges geologiska undersökning C 419*, 93 s.
- Svedmark, E., 1883: Beskrivning till kartbladet Vaxholm. *Sveriges geologiska undersökning Aa 88*, 62 s.
- Törnebohm, A.E., 1882: Beskrifning till blad n:o 6 af geol. öfersigtskarta öfver Mellersta Sveriges Bergslag. *Sveriges geologiska undersökning C 6*, 36 s.

E-post: malin.strang@sgu.se
sven.lundqvist@sgu.se

mehrdad.bastani@sgu.se
claes.mellqvist@sgu.se

fanny.hartvig@sgu.se
lena.persson@sgu.se

Gävleborgs län

Stefan Bergman, Lena Albrecht, Martin Ahl och Lutz Kübler

INLEDNING

Arbetet med projekt Gävleborgs län inleddes 2004, och målsättningen är att framställa en bergkvalitetskarta med tillhörande databaser över södra Gästrikland samt att framställa översiktliga berggrundskartor och databaser över kartområdena 15G Bollnäs och 16H Bergsjö (fig. 1). Området i södra Gästrikland utvaldes efter en behovsanalys i Gävleborgs län under hösten 2003. Arbetet i detta område är en del av SGUs systematiska geologiska kartering inom befolkningstäta områden och är ett led i arbetet med miljö kvalitetsmålet ”God bebyggd miljö”. I områden där översiktliga berggrundskartor ska göras, undersöks ca 25–30 km² per dag. Som karteringsunderlag används topografiska kartor i skala 1:50 000. Nedan redovisas de under år 2004 genomförda arbetena i de tre kartområdena. För lägesbestämning av observationslokaler användes GPS.

Området domineras av bergarter som bildades under den svekokarelska orogenesisen (bergskedjebildningen) för ca 1 960 till 1 750 miljoner år sedan. Äldst i det aktuella området är svekofenniska ytbergarter (bergarter avsatta på jordytan), som utgörs av vulkaniska och sedimentära avlagringar bildade för minst ca 1 900 miljoner år sedan. De större områden med ursprungligen sedimentära bergarter som finns i norra delen av området (fig. 1) tillhör den södra delen av ”Bottniska bassängen”. Ytbergarterna intruderades av djup- och gångbergarter (intrusivbergarter bildade i jordskorpan) för ca 1 900 till 1 840 miljoner år sedan. Djupbergarterna kallas tidigorogent svekokarelska. Ovan nämnda bergarter omvandlades genom att de fördes ner i jordskorpan och där utsattes för höga temperaturer eller tryck (metamorfos) under kulminationen av orogenesisen. I vissa områden var omvandlingen så

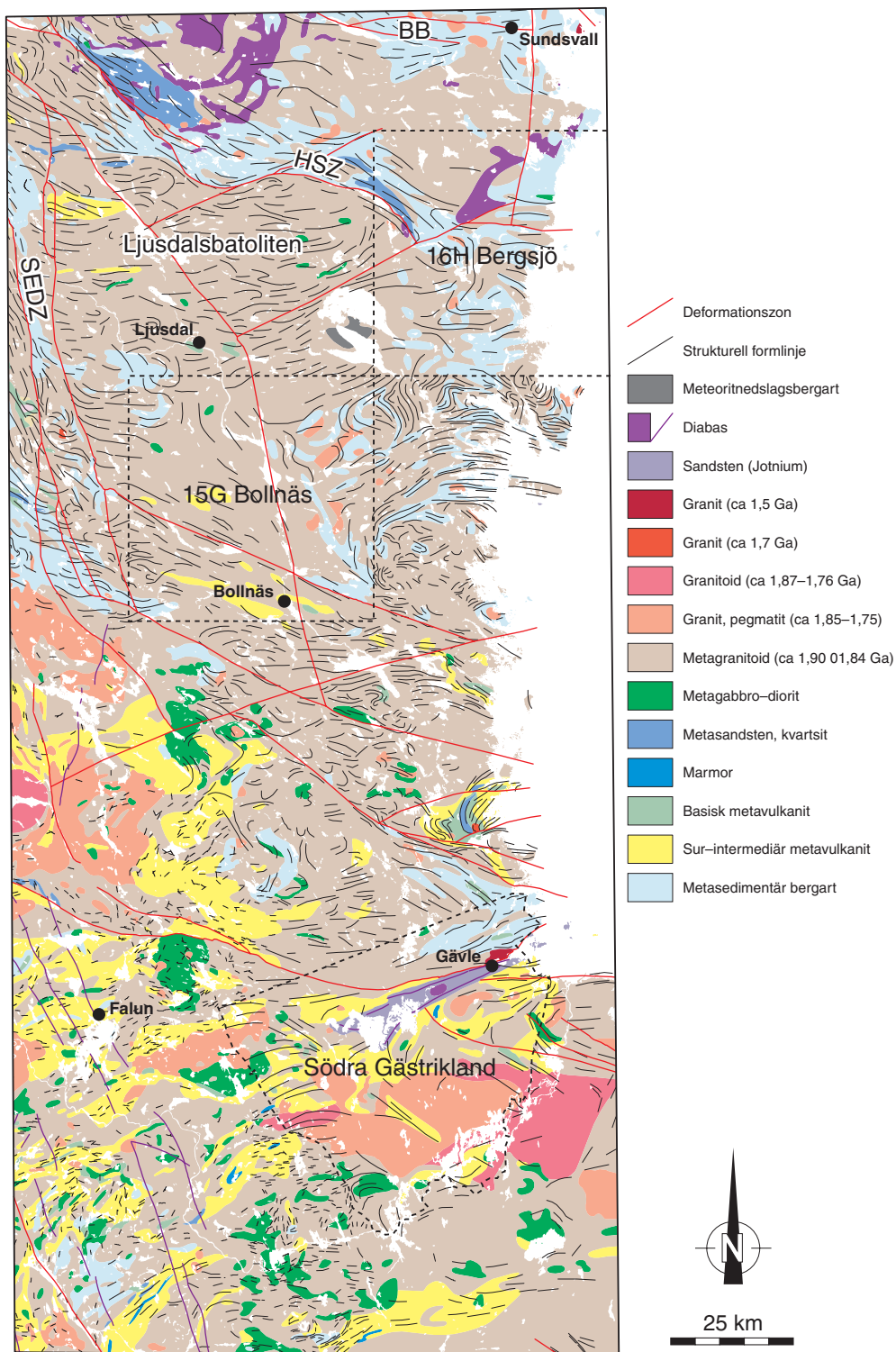


Fig. 1. Berggrundskarta över delar av centrala Sverige (modifierad från Koistinen m.fl. 2001). De kartområden som ingår i projektet är markerade.

stark att bergarterna smälte. Dessa smältor (magmor) gav upphov till en ny generation djup- och gångbergarter som kallas senorogent eller syn- till senorogent svekokarelska. Under orogenesis deformerades berggrunden varvid bl.a. foliation, stänglighetoch stora veckstrukturer bildades. I vissa zoner, s.k. skjuvzoner, var deformationen särskilt stark. En sådan är Hasselaskjuvzonen (Sjöström &

Bergman 1998) som ligger längs norra kanten av Ljusdalsbatoliten, en annan är Storsjön–Edsbyn-zonen längs dess västra kant. Efter den svekokarelska orogenesisen intruderades den äldre berggrunden av granit (ca 1 500 milj. år) samt av flera generationer diabas som gångar och flackt liggande skivor. Dessutom avsattes dels jotniska sedimentära bergarter (1 600–1 200 milj. år), dels kambrisk till ordoviciska dito (545–443 milj. år) på den äldre berggrunden. För ca 90 miljoner år sedan skedde ett meteoritnedslag i Dellenområdet öster om Ljusdal, vilket ledde till uppsmältning och krossning av berggrunden.

SÖDRA GÄSTRIKLAND, BERGKVALITET

Projektets syfte är bland annat att skapa databaser med bergkvalitetsinformation, för att användas som ett effektivt underlag vid planering och för resurshushållning av kommuner, länsstyrelser, företag m.fl. i delar av Gävle och Sandvikens kommuner samt i hela Hofors kommun (fig. 2). Det aktuella området är ca 2 700 km² stort. Bergkvalitetskartan, i skala 1:50 000, visar ytor som är indelade i klasser enligt bergmaterialets användbarhet till t.ex. väg- och spårbyggnad samt betongproduktion. Till grund för indelningen av ytor ligger fältstudier av områdets olika bergarter, deras eventuella omvandlingar och innehåll av sprickzoner och andra deformationszoner, kompletterat med resultaten från ett stort antal bergtekniska analyser.

I området finns behov av större satsningar på infrastruktur för transporter. Behoven är redovisade i utredningar av Länsstyrelsen Gävleborg (2003) och Banverket (2003). Utpekade områden är bland annat väg 80 (förbifart Hofors), väg 68 (V. länsgränsen–Vallbyheden) och väg 67 (S. Valsjö–Valbo). Exempel på större järnvägsprojekt är Ostkustbanan norr och söder om Gävle, godstrafikstråket Avesta/Krylbo–Storvik–Ockelbo och Bergslagsbanans sträckning Storvik–Hofors–Falun.

Berggrunden inom projektområdet har beskrivits i äldre arbeten av bl.a. Asklund & Sandegren (1934), Blomberg (1895), Geijer & Magnusson (1944), Sandegren & Asklund (1934, 1943, 1948), Sandegren m.fl. (1939), Sandegren & Lundegårdh (1949) och Tegengren (1924). Modernare SGU-arbeten är Bergman m.fl. (2001, 2002, 2003, 2004), Persson (1997), Sukotjo (1996, 1997), Sukotjo & Sträng (1998, 1999) och Sukotjo m.fl. (2000). Andra vetenskapliga arbeten av vikt som behandlar projektområdet är Gorbatshev (1967) och Persson & Persson (1997). En inventering av kustregio-

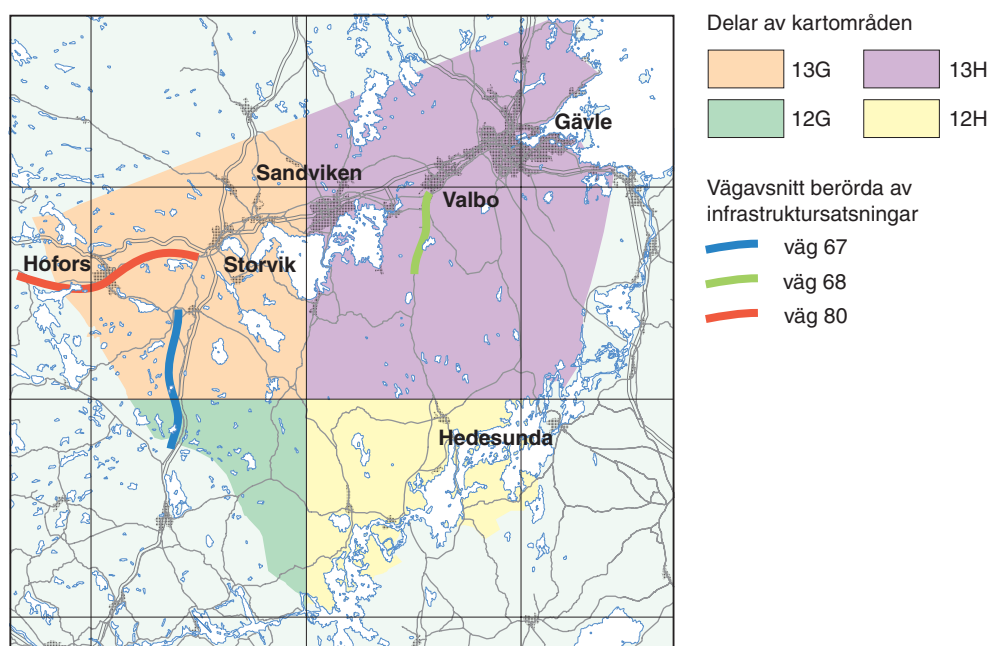


Fig. 2. Karta över projektområdet södra Gästrikland.



Fig. 3. Springberget, ca 7 km NV om Storvik, bergtäkt i en kvartsbreccierad metagranitoid. Koordinater i rikets nät. 6724150/1531520.

nen i Gävleborgs län med avseende på krossberg har utförts av Snäll (1994).

Under projektets gång kommer ca 150 prover från de i området dominerande bergartsenheter-na att väljas för tekniska analyser. De görs med avseende på nötningsmotståndet (micro-Deval och kulkvarnsanalys), sprödhet (Los Angeles-tal), densitet och alkali-silikareaktivitet (ASR-analys). På de provtagna hållarna görs också en bedömning av sprickplanens riktningar och berggrundens sprick-frekvens. Vid varje provtagningslokal utförs också mätning med gammaspktrometer för bestämning av kalium-, uran- och toriumhalterna. Vidare sker en provtagning för analys av bergarternas petro-fysiska egenskaper (magnetisk susceptibilitet, remanent magnetisering och densitet). Utöver detta genomförs petrografisk tunnslipsanalys och en modalanalys för bergartsbestämning.

Arbetet började under våren 2004 och beräknas ta två och ett halvt år. Projektet inleddes med sam-manställning av befintlig geoinformation och planläggning av fältarbetet. Under en kort fältsäsong, i vilken Martin Ahl och Stefan Bergman deltog, gjordes en första rekognoscering med avseende på kommande provtagning för de tekniska analyserna. Dessutom besöktes ett 60-tal kända hållar och hållområden, som ej blivit besökta vid tidigare kartering, för att höja kvaliteten på kartunderlaget. Inom projektområdet finns sju krossbergtäkter med brytningstillstånd. Några av dem besöktes under förberedelserna för kommande provtagning, t.ex. Springberget (fig. 3). De inom projektet planerade geofysiska undersökningarna kommer att starta år 2005.

KARTOMRÅDET 15G BOLLNÄS

Området ligger i norra delen av Gävleborgs län och omfattar delar av Ovanåkers, Ljusdals, Bollnäs, Hudiksvalls och Söderhamns kommuner (fig. 4). Det har tidigare kartlagts av Lundegårdh (1967), vilket resulterade i en översiktlig berggrundskarta över Gävleborgs län i skala 1:200 000. I närliggande områden finns moderna berggrundskartor i skala 1:50 000 över: 16F Kårböle (Delin & Aaro 1992), 16G Ljusdal (Delin m.fl. 1989a, b), 15F Voxna (Delin & Aaro 2000a, b), 15H Hudiksvall (Sukotjo 1995a, b) och 14G Ockelbo (Sukotjo, under tryckning). Fältsäsongen 1995 startade en berggrundskartering i skala 1:50 000 (SGU Ai) av kartområdena 15G SV och NV (Delin 1996). Denna slutför-

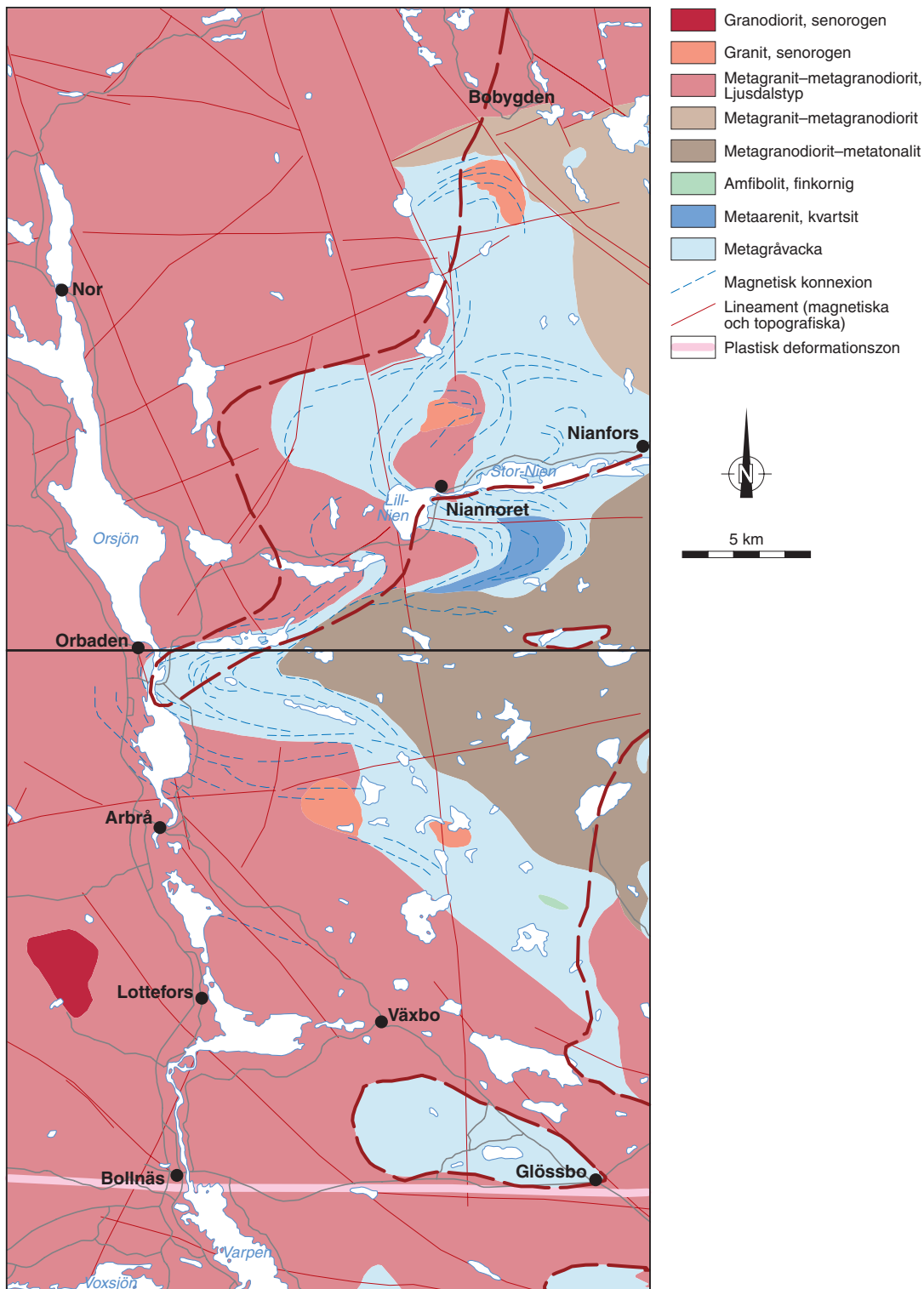


Fig. 4. Karta över 15G Bollnäs SO och NO med en preliminär skiss över berggrunden, karterad under år 2004. Streckad mörkröd linje ringar in områden där granat förekommer.

des dock inte beroende på omprioriteringar i SGUs produktionsplan. Karteringen har härmed återupptagits, men i översiktlig skala (1:250 000). Geofysiska flygmätningar över kartområdet utfördes 1979 på uppdrag av SKB och omfattade magnetfält-, gammastrålnings- och elektromagnetiska data (fig. 5 och 6). Mätningarna gjordes med 200 meters avstånd mellan flyglinjerna och med punktav-

ståndet 40 meter längs med linjerna. Flyghöjden var 30 meter och flygriktningen nord-sydlig. Tyngdkraftsmätningar finns från 360 lokaler (720 lokaler för hela 15G) vilket motsvarar 0,3 mätpunkter per km². Tidigare provtagning för geofysiska ändamål har varit begränsad i omfattning. För de två östra kartområdena är totalt 20 provtagningspunkter registrerade i databaser. Markmätning av gammastrålningen har inte förekommit tidigare i området.

Under fältsäsongen 2004 har kartområdena 15G SO och NO karterats (fig. 4). Sammanlagt 321 lokaler, spridda över en yta av ca 1 200 km² har undersökts. Det använda hållunderlaget utgörs dels av hållar som identifierats vid flygbildstolkning, dels av hållar som framkommit vid jordartskartering under sommaren. Hålltätheten är störst i de kartområden som har karterats under 2004. Årets geofysiska fältarbete, omfattande sex veckor, tillförde 39 nya provtagningspunkter. Ytterligare punkter tillkom under det geologiska karteringsarbetet. Där så var möjligt mättes gammastrålningen på de platser, eller i närheten av dem, där petrofysikprover tagits. Mätningarna hade som syfte att inringa de strålningsanomalier, som i sig inte är särskilt utbredda, men som geologiskt sett har viktiga lägen. Området genomkorsas av ett antal spröda deformationszoner och en del av dessa har betydande dimensioner (bl.a. Ljunsdals dalgång, fig. 4 och 6). Några av dem har undersökts genom profilmätning av magnetfältvariationerna och de elektromagnetiska egenskaperna. Någon ingående bearbetning av insamlade geofysiska data har ännu inte skett vid tidpunkten för manusstoppet.

Ytbergarter

Ytbergarterna domineras av omvandlade lerstenar, idag biotitrika ådergnejser som är starkt deformerade (fig. 8a och b). De primära strukturerna har mestadels utplånats genom metamorfos och deformation. Inga blottningar med ”säkra” vulkaniska bergarter har iakttagits, men eftersom primära strukturer är sällsynt förekommande, kan det inte uteslutas att delar av ådergnejsen har ett vulkaniskt ursprung. Bandning, tolkad som rester av primär lagring kan urskiljas på några få lokaler, i inneslutningar eller i ”siltiga till sandiga” band i ådergnejsen. Linser och band av skarn förekommer på några få lokaler. Sillimanit och cordierit finns både i leukosom och mesosom. Granat uppträder som poikiloblaster av varierande storlek i de östra delarna av det undersökta området. Vissa delar av sedimentådergnejsen är högmagnetiska p.g.a. förekomst av magnetit och magnetkis och syns därför tydligt på den magnetiska anomalikartan (fig. 5). Ett annat anmärkningsvärt drag är att vissa led med anomal gammastrålning finns bland ytbergarterna. De förhöjda värdena orsakas av relativt höga halter av torium, särskilt i sillimanitförande partier. Ett exempel på detta finns omedelbart söder om sjön Stor-Nien där en biotitrik ådergnejs med ytbergartsursprung uppvisar hög gammastrålning (gammaindex >1) som orsakar en utpräglad anomali (fig. 6). I dessa trakter upptäcktes flera högaktiva mineraliseringar, både i block och fast klyft, under den omfattande uranprospekteringen 1980–81 (se vidare under ”Naturresurser”).

Ca 3 km söder om sjön Stor-Nien förekommer en ljus röd metaarenit som förmodligen representerar ett ursprungligen mer sandigt led i ytbergarterna. Bergarten är veckad, migmatitisk och innehåller rikligt med sillimanit och även cordierit. Huvudmineralen är kalifältspat, kvarts och sericitomvandlad plagioklas. Sillimaniten förekommer både spridd i bergarten och som stråliga kristaller orienterade längs axialplan till veck.

Tidigorogena intrusivbergarter

Tidigorogena (äldre) bergarter har skiljts från yngre genom att alltid vara mer eller mindre deformerade. De innefattar Ljunsdalsbatolitens bergarter, en grå tonalit till granodiorit söder om sjön Nien, granodiorit på Blackåsen norr om Nianfors samt eventuellt även granodioritiska mobilisat i åderförnejsade ytbergarter norr om Nien-sjöarna.

Den största utbredningen inom kartområdet har bergarter som tillhör Ljunsdalsbatoliten. Utseendet varierar kraftigt och sammansättningen är huvudsakligen granitisk till granodioritisk. Varianterna

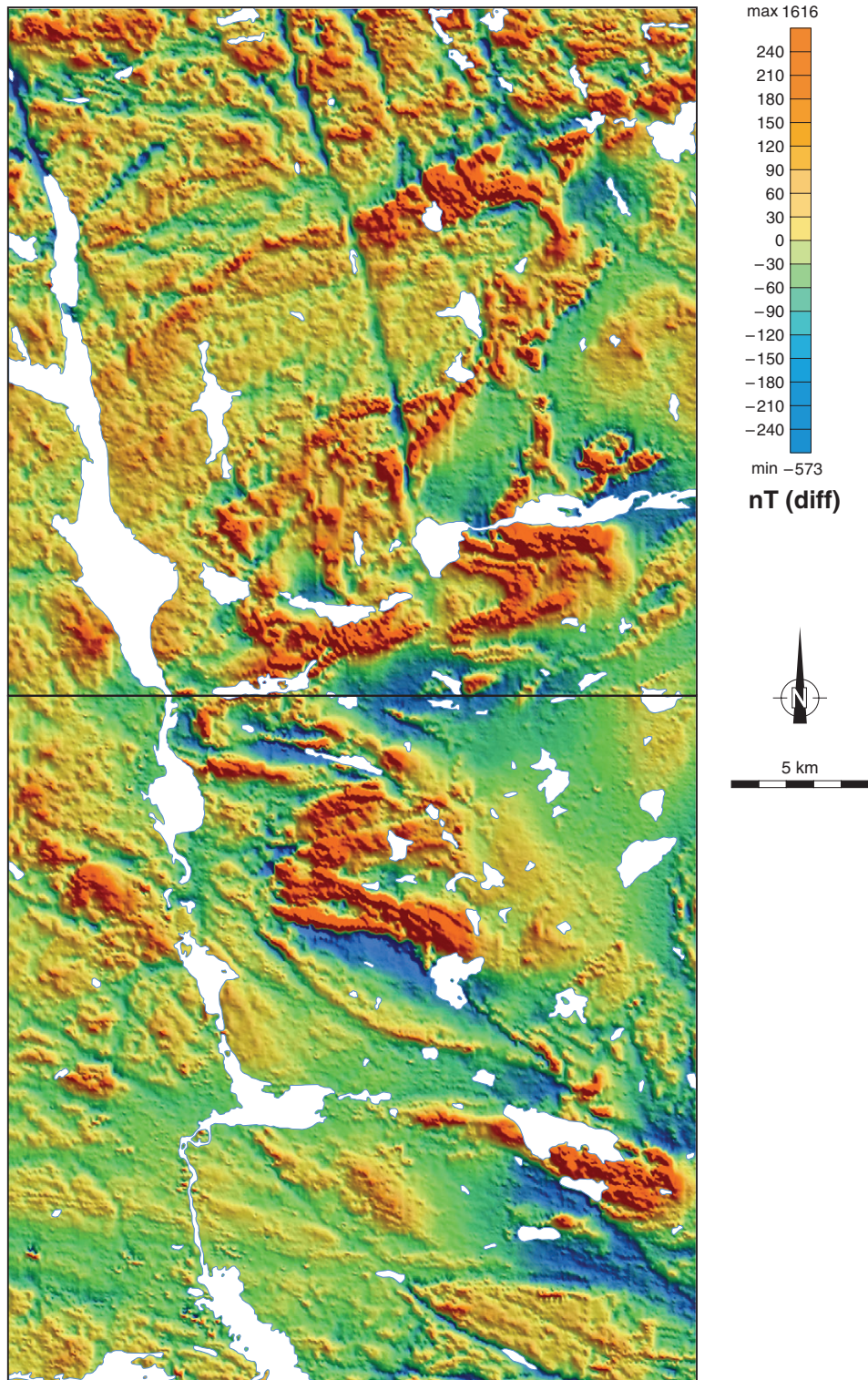


Fig. 5. Magnetisk anomalikarta över området 15G Bollnäs.

representerar troligtvis flera intrusionspulser men de inbördes relationerna är ännu ej klarlagda. Deformationen har resulterat i allt från en svag foliation eller stänglighet, som i de porfyriska varianterna i allmänhet undulerar runt strökornen, till penetrativt deformerade bergarter som är helt omkristalliserade. Eventuella strökorn har då dragits ut till stänglar eller tunna band bestående av aggregat av

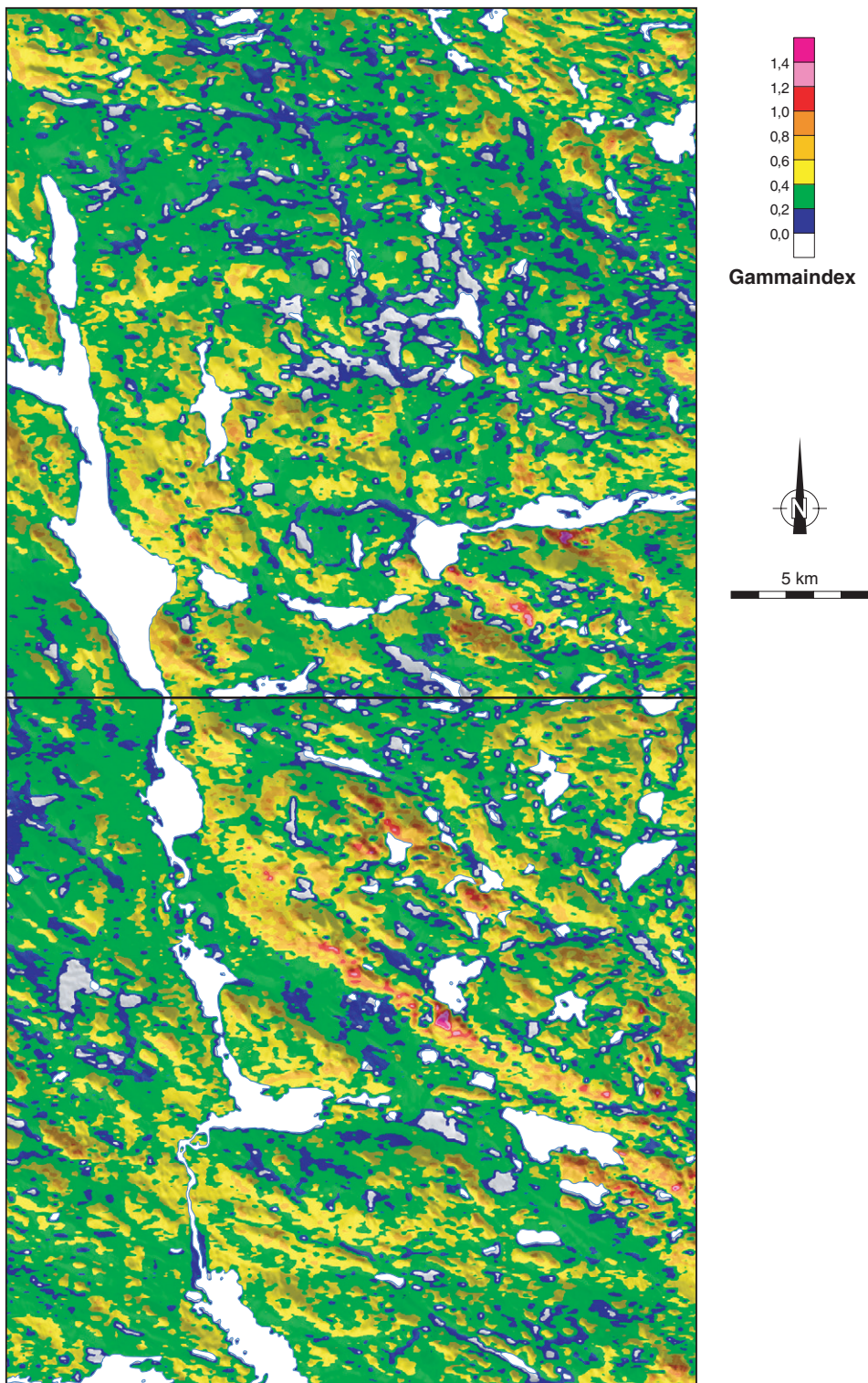


Fig. 6. Karta över gammastrålningsindex i området 15G Bollnäs.

röd, fint medelkornig kalifältspat. Bergarterna är gråröda till grå med en varierande mängd strökorn (kalifältspat, 0–50 % av bergartsvolymen). Dessa är runda eller linsformade och består i de centrala delarna vanligen av en enskild kristall, omgiven av en tunnare eller bredare omkristalliserad kantzon. Tillväxtzonering i centralkristallerna, bildad när kristallen växte i magman, är urskiljbar med blotta

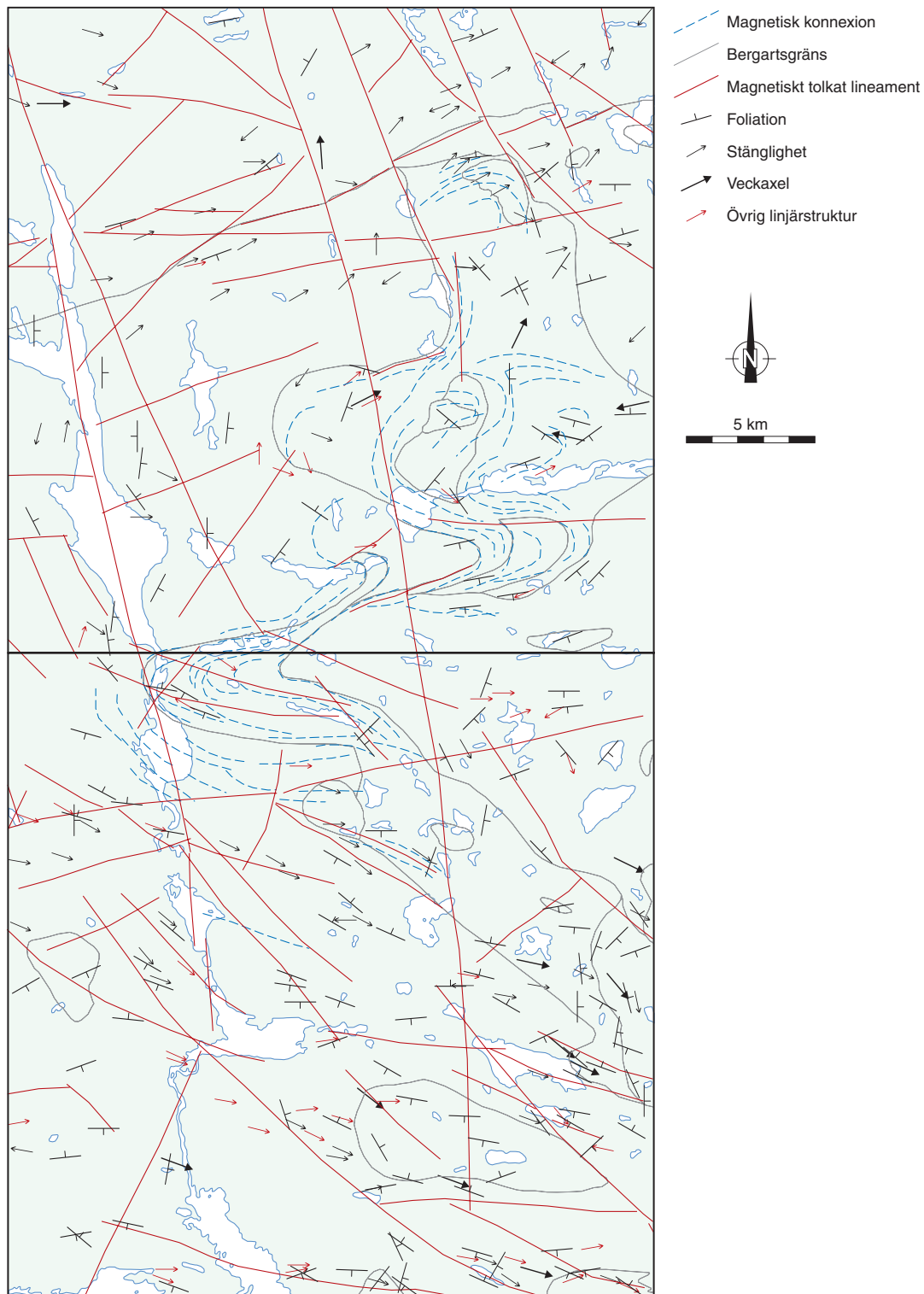
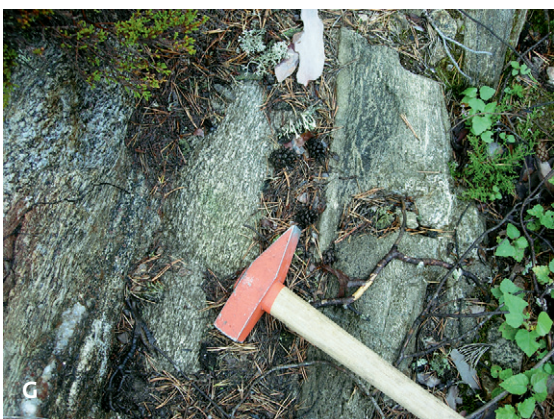


Fig. 7. Preliminär strukturkarta över 15G Bollnäs SO och NO.

ögat på några lokaler. I en del fall har strökornen en tunn plagioklaskant (rapakivitextur, fig. 8c). Skillnader i mängden strökorn kan ses i hållskala och verkar avspegla primära variationer. Strökornen ansamlas i vissa delar likt kumulat. På några lokaler är strökornen 10–12 cm stora. Sådan grovporfyrisk Ljusdalsgranit finns bl.a. nära Växbo samt strax nordväst om Orbaden. Vanligast är emellertid



granit till granodiorit med 2–4 cm stora strökorn (fig. 8d). Mellanmassan är ljus grå till svart, fint medelkornig till finkornig och består av kvarts, biotit, plagioklas och ställvis finkornig kalifältspat. De ej porfyriska varianterna verkar antingen primärt ha saknat strökorn, eller har dessa utplånats sekundärt genom dynamisk omkristallisation under deformationen (fig. 8e). På några ställen har enstaka megakryster ”överlevt” i en i övrigt helt omkristalliserad grundmassa. Lokal uppsmältning har utplånat foliationen/stängligheten och bildat massformiga körtlar eller domäner i östra delen av området. Inneslutningar av ”siltigt-sandiga” metasedimentära bergarter samt amfibolit förekommer på några få lokaler. Längst uppe i norr i kartområdet 15G NO, strax söder om Delsbo, dominerar en grå, grovporfyrisk granodiorit som mot öster är allt rödare och granatfläckig. Mot söder övergår den grovporfyriska granodioriten i en annan grå, finkornigare variant som har mindre strökorn med en svagt blå färgton (fig. 8f). Foliationen eller stängligheten undulerar inte runt strökornen i denna bergart. Längre söderut dominerar en röd, grovporfyrisk variant av Ljusdalsgranit.

Söder om sjön Stor-Nien, längs gränsen mellan kartområdena 15G SO och NO, uppträder en grå granodiorit till tonalit som kan urskiljas som en jämnt färgad fläck på den magnetiska anomalikartan. Bergarten är deformerad, i allmänhet migmatitisk och antas därför tillhöra de tidigorogena intrusiva bergarterna. Granitoiden omges av åderförgnejsade ytbergarter och har en oklar relation till Ljusdalsbatolitens bergarter. Den är heterogen, svart-vitspräcklig, medelkornig och innehåller plagioklas, kvarts, hornblände och ställvis kalifältspat och biotit. Fläckvis är halten mörka mineral högre och bergarten övergår där i kvartsdiorit till diorit. I södra delen av området uppträder kalifältspat lokalt och bergarten har där fältklassificerats som en grå granodiorit.

Norr om sjön Stor-Nien finns en annan granodiorit som är helt omgiven av ytbergartsgnejs. Granodioriten är rödgrå, medelkornig och ställvis starkt deformerad, i många fall även migmatitisk och späckad med granater (fig. 8g). Ådror och gångar av samma typ intruderar den omgivande sedimentådergnejsen. På den magnetiska anomalikartan kan granodioriten urskiljas som en rund fläck på gränsen mellan kartområdena 15G NO och 15H NV. Basiska bergarter har iakttagits på endast tre lokaler i området. De består i alla tre fallen av amfibolit.

Senorogena intrusivbergarter

Senorogena (yngre) bergarter har urskiljts från äldre genom att de förra klipper äldre foliationer eller är odeformerade. De har liten utbredning inom årets undersökningsområde och representeras av dels röd finkornig granit, grå granodiorit norr om Bollnäs samt pegmatitgranit och leukosom i ytbergartsgnejserna. Eventuellt tillhör även en mindre granitkropp, belägen norr om sjön Lill-Nien, den senorogena sviten.

Röd finkornig granit uppträder som klippande gångar och små intrusioner i alla äldre bergarter. Den är i vissa fall deformerad men inte lika intensivt som de äldre bergarterna. Emellertid är strukturerna i den yngre graniten parallella med äldre strukturer vilket visar att graniten antingen har intruderat sent under deformationsfasen, eller att senare deformation har haft samma spänningsfält som den äldre (fig. 8h).

Den granodiorit som förekommer norr om Bollnäs är grå, medelkornig med eller utan röda, tabulära, idiomorfa fenokrister av kalifältspat (ca 1,5 × 3,5 cm) med karlsbadertvillingar. Halten av fenokrister varierar upp till ca 20 %. Sådana långsträckta fenokrister har inte iakttagits i Ljusdalsbatolitens

Fig. 8. Fotografier av bergarter från 15G SO och NO. Koordinater i rikets nät. **A.** Ådergnejs av ytbergart från norra stranden av sjön Nien (6832403/1545333). Bergarten är veckad, måttligt ådrad, biotitdominerad och innehåller granat. **B.** Starkt ådrad ytbergartsgnejs norr om Växbo (6812811/1545994). Bergarten innehåller små skarnklumpar (ej på bild) samt 2–3 cm stora granater. **C.** Ljusdalsgranit med zonerade strökorn. Vissa har även plagioklaskanter (6814373/1525023). **D.** Ljusdalsgranit med zonerad megakrist, väster om Växbo (6812230/1536181). **E.** Ljusdalsgranit till granodiorit, där en svagare deformerad bergart (vänster i bilden) transponeras in i en starkt stänglig zon (6848873/1543084). **F.** Granodiorit som ingår i Ljusdalssviten. Denna bergart innehåller färre och mindre strökorn (vissa är svagt blå) samt totalt mindre mängd kalifältspat (6827639/1530912). **G.** Granodiorit av äldre typ, troligtvis ej Ljusdal. Bergarten är späckad med granat och innehåller band av basiska, finkorniga ytbergarter (6827639/1530912). **H.** Ljusdalsgranit som klipps av en svagare deformerad, yngre granit (6846135/1541028).

bergarter. Granodioritens utseende, och att den i stort sett är odeformerad, gör att den misstänks höra till de senorogena granitoiderna.

Leukosomen uppträder som ådror, gångar, körtlar eller större kroppar, främst i omvandlade argilitiska sedimentbergarter. Kornstorleken varierar från fin till grov (aplit–pegmatit). Den är röd till grå och innehåller förutom kvarts, biotit och fältspat, i allmänhet även sillimanit, granat och cordierit. Leukosom finns även i de granitoida äldre bergarterna men kan där vara svårare att urskilja. Lokalt är alla deformationsstrukturer utplånade och bergarten massformig. Dessutom uppträder leukosom i tryckskuggor vid foliationsboudinage eller längs axialplan i veck.

Metamorfos

Metamorfosgraden ökar generellt mot öster vilket visas av en ökande grad av migmatitisering (bergarterna har börjat smälta). I de nordöstra delarna av kartområdet 15G NO dominerar ställvis leukosom. Sillimanit och cordierit förekommer allmänt både i ytbergartsgnejserna och mobilisaten. Granat uppträder mot öster först i ådergnejserna och därefter i Ljusdalsgraniten, men saknas i tonaliten samt i metabasiterna. Gränsen för när granat har börjat uppträda är markerad med tjockare ljusröd linje i figur 7.

Uppsmältningen började som en begynnande åderbildning (fig. 8a). Lokala smältor associerade till axialplan i veck samt tryckskuggor i samband med foliationsboudinage började också bildas. När uppsmältningen fortsatte blev ådrorna bredare och bildade gångar eller körtlar. I de magmatiska bergarterna utplånades äldre strukturer och massformiga partier bildades. Slutskedet representeras av antingen en bandad bergart som i figur 8b eller en tämligen massformig, grovkornig bergart med biotitrika fragment som simmar i ett matrix av leukosom. Sådana bergarter förekommer mitt i kartområdet 15G NO och är lagda med röd färg på kartan.

Strukturer

De äldre bergarterna är storskaligt veckade och generellt stängliga och/eller folierade. En preliminär strukturkarta med uppmätta foliationer, stängligheter, veckaxlar samt tolkade magnetiska konnexioner och lineament visas i figur 7. Strukturerna är vanligen mer svårtolkade i den norra delen av kartområdet. I öster är strukturerna röriga, delvis på grund av en hög grad av uppsmältning. Veckaxlar,

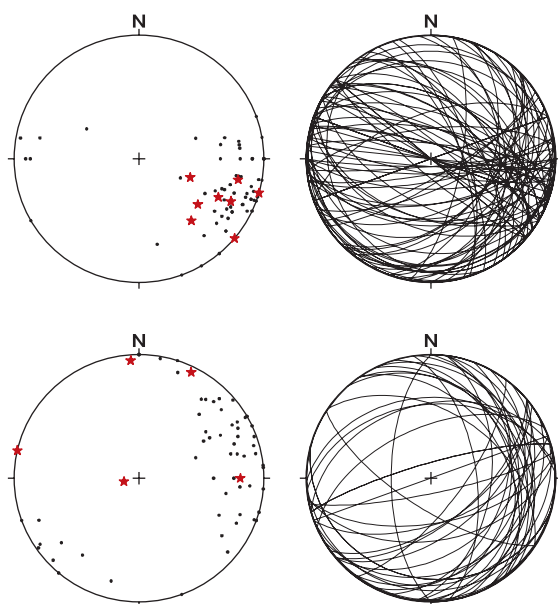


Fig. 9. Strukturmätningar från kartområdena 15G NO och SO. Samtliga strukturer är plottade på Schmidtnät, undre hemisfären. **A.** Lineationer (prickar) och veckaxlar (stjärnor) från 15G SO. **B.** Foliationer från 15G SO. **C.** Lineationer (prickar) och veckaxlar (stjärnor) från 15G NO. **D.** Foliationer från 15G NO.

stängligheter samt övriga linjärstrukturer i kartområdet 15G SO stupar 15–20° mot OSO (fig. 9a). Foliationsriktningarna varierar men när de plottas i stereogram har de en skärningslinje som är nära parallell med områdets lineationer och veckaxlar, vilket visar att de har bildats under samma veckfas (fig. 9b). Vecken syns tydligt på den magnetiska anomalikartan över området och kan följas in i angränsande områden i öster och sydost. Stängligheter i berggrunden väster om Ljusnan (Orsjön) följer veckstrukturen, vilket indikerar att de existerade innan sista veckfasen ägde rum. Mot norr sprids lineationsriktningarna mer och vrids, tillsammans med alla strukturer, mot nordväst längs en zon som löper från Nor mot Bobygden längst uppe i nordost i kartområdet 15G NO (fig. 7 och 9c). Det är oklart vad denna zon representerar. Längst upp i det nordvästra hörnet vrider strukturerna åter tillbaks mot OSO. Foliationsplanen i området 15G NO bildar två skärningspunkter då de plottas som storcirklar i stereogram (fig. 9d). Den ena (starkaste foliationen) sammanfaller med riktningen på Norzonen och den andra har samma riktning som stängligheter, veckaxlar och skärningspunkten i området 15G SO.

Lineamenten inom området är magnetiskt och topografiskt indikerade och är främst orienterade i nordnordvästlig (längs Ljusnans dalgång), nordvästlig eller ostnordostlig riktning (fig. 7). De flesta lineamenten antas vara spröda deformationszoner men förskjuter sällan bergartsgränsernas lägen. Detta kan antingen bero på att rörelserna verkligen har varit små, eller att rörelser främst skett i vertikallid vilket kan ge en skenbart liten rörelse om bergartskontakterna är brantstående. En kort dextral förskjutning på ca 450 meter kan utläsas ur magnetfältsdata längs den stora zon, som genomkorsar den centrala delen av det norra kartområdet. Hällar längs lineamenten är sällsynta men ett fall finns längs väg 50 från Bollnäs mot Söderhamn. Hällen där består av protomylonitisk Ljusdalsgranit, där skjuvriktningsindikatorer (σ -porfyroblaster) visar en dextral (högervriden) rörelse. Detta lineament har därför tolkats som en plastisk skjuvzon.

Naturreсурser

Mineraliseringar är sällsynta inom sommarens undersökningsområde, endast fyra fyndigheter finns rapporterade i SGUs databas. Två av dem representeras av gamla gruvhål belägna vid Kasberget och Gruvberget, norr respektive söder om Glössbo. Kasberget ligger i ett stråk med åderförgnejsad ytbergart där Lundegårdh (1967) funnit ”skarnbandad leptit” (sur metavulkanit) samt biotitskarn som innehåller strålig amfibol och finkornig magnetit. Även magnetkis har rapporterats från lokalen. Det är oklart vad som har brutits vid Gruvberget, där det finns tre vattenfyllda och inhägnade hål, oåtkomliga för besökare, samt övervuxna varphögar. Sidoberget består av granodiorit till tonalit med runda inneslutningar av diorit och amfibolit. Några malmineral har inte hittats på lokalen. Övriga fyndigheter utgörs av blockfynd samt av uran i ytbergartsgnejserna norr och söder om Nien-sjöarna (Forsberg m.fl. 1981).

Inom sommarens undersökningsområde finns även tre bergtäkter för framställning av krossberg. Samtliga är belägna i Ljusdalsbatolitens bergarter. En av täkterna återställdes redan i slutet av sommaren. De återstående två är belägna 7 km öster om Bollnäs och i det nordöstra hörnet av kartområdet, i röd grovkornig granit respektive i grå grovkornig, heterogen granodiorit.

KARTOMRÅDET 16H BERGSJÖ

Området ligger i gränstrakterna mellan Gävleborgs och Västernorrlands län och omfattar delar av Hudiksvalls, Nordanstigs och Sundsvalls kommuner. Tidigare kartläggning av området innefattar länskarteringar i skala 1:200 000 av Gävleborgs län (Lundegårdh 1967) och Västernorrlands län (Lundqvist m.fl. 1990). I intilliggande kartområden har kartering utförts i skala 1:50 000 i områdena 16G Ljusdal (Delin 1989b,c) och 15H Hudiksvall (Sukotjo 1995b,c). I en rapport från en inventering av krossberg i regionen finns 30 bergförekomster beskrivna från kartområdet (Snäll 1994). Punkträkning av mineral och tekniska analyser har utförts på sju prover. Från mineralprospektering, som

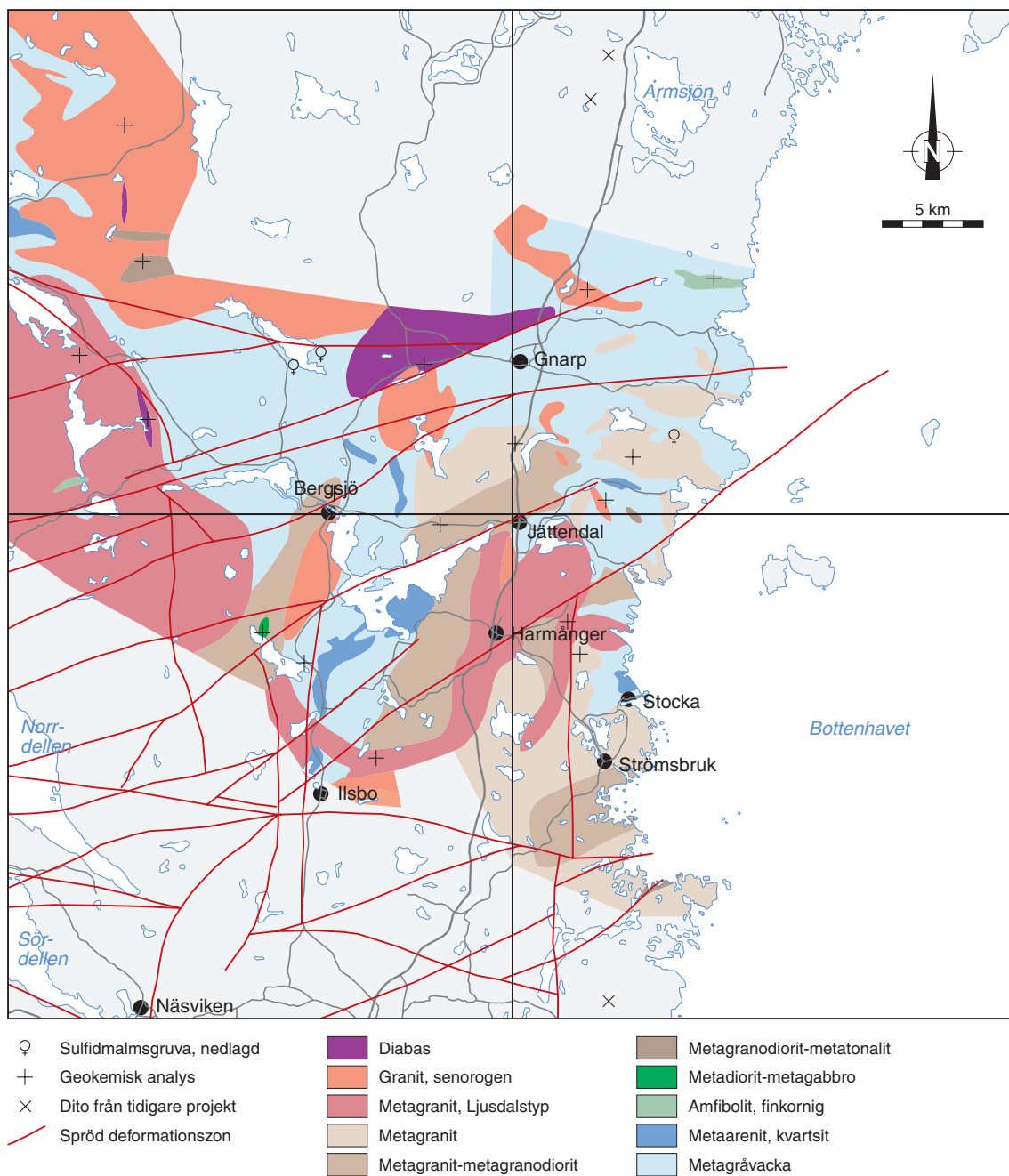


Fig. 10. Karta över 16H Bergsjö med en preliminär skiss över berggrunden i de under år 2004 karterade delarna.

utförts i området av SGU, SGAB och LKAB Prospektering under 1970- och 1980-talen, föreligger fem rapporter.

Under fältsäsongen 2004 besöktes 282 lokaler på en yta av ca 800 km². Som hållunderlag användes de hållar som framkommit under SGUs jordartskartering i området. En förenklad preliminär bild av berggrunden i detta område visas i figur 10. Över en mindre del av området 16H Bergsjö finns resultat från geofysiska flygmätningar som utfördes av SGU år 1990. Under 2004 mättes den resterande delen av landområdet, som nu är helt täckt av flygmätningar (fig. 11). En Bougueranomali-karta visas i figur 12. Tyngdkraftsmätningar föreligger från omkring 1000 punkter. Den södra delen är relativt glest täckt av mätningar, och en komplettering av dessa är planerad till 2005.

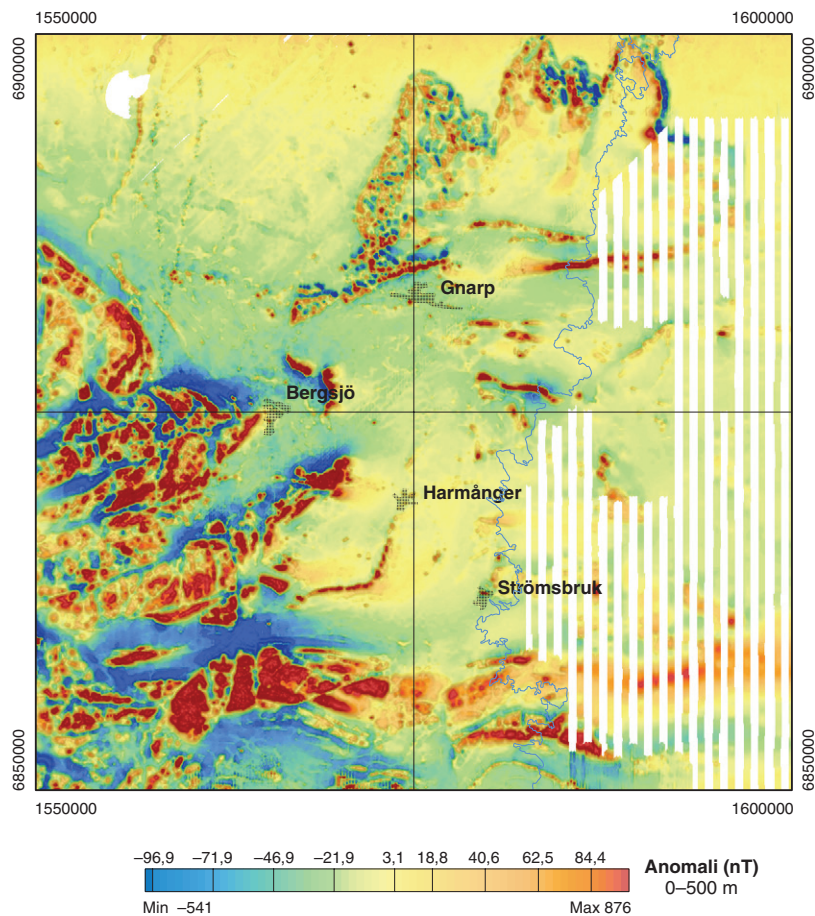


Fig. 11. Magnetisk anomalikarta över området 16H Bergsjö.

Ytbergarter

Ytbergarterna domineras helt av metagråvacka (fig. 13a). I en del fall kan man urskilja ursprungligen sandrikare respektive lerrikare lager, men vanligen är bergarten starkt ådrad och primära drag saknas. Skarnbollar är relativt vanligt förekommande. Undersökningar med jonsond av ett prov från Hudiksvall, strax söder om kartområdet 16H Bergsjö, har visat att det finns två åldersgrupper av detritiska zirkoner (ursprungligen sandkorn i sedimentet), en arkeisk i åldersintervallet 3 310–2 490 miljoner år, och en tidigproterozoisk i åldersintervallet 2 120–1 900 miljoner år, varav huvuddelen är yngre än 2 050 miljoner år (Andersson m.fl. 2004). Bland metamorfa indikatormineral är granat allmänt förekommande (både i leukosom och mesosom), dessutom finns sillimanit och cordierit.

Kvartsrika och glimmerfattiga metasedimentära bergarter (metaarenit och kvartsit, ursprungligen sandstenar) finns på flera håll i området (fig. 13b). De metaareniter som finns nordost och sydost om Bergsjö har en avsevärd magnetithalt och syns tydligt på den magnetiska anomalikartan, medan de övriga förekomsterna är lågmagnetiska. Liksom metagråvackan är dessa bergarter i många fall starkt ådrade.

Till ytbergarterna kan möjligen även räknas finkornig amfibolit, som ursprungligen kan ha bildats som basaltflöden. Den största förekomsten finns nordost om Gnarp, där ljusa och starkt utdragna linser möjligen kan ha varit mandlar (fyllda blåsrum, fig. 13c). En mindre amfibolitförekomst väster om Bergsjö har ett mer osäkert ursprung.

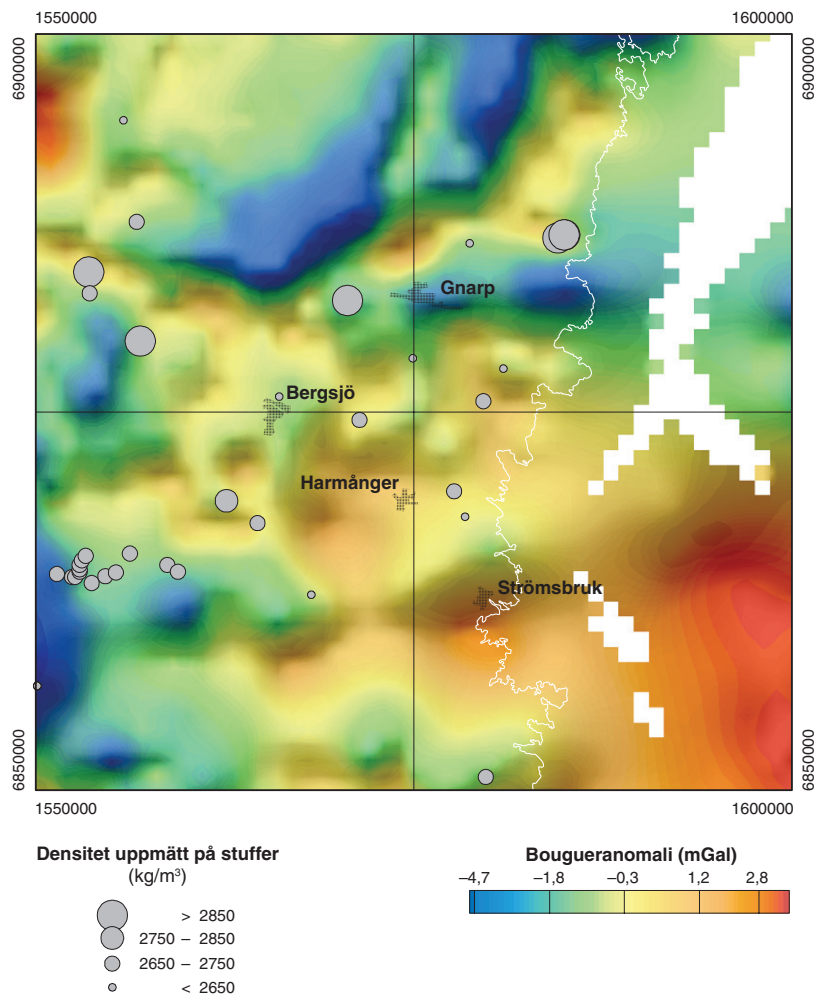


Fig. 12. Bougueranomalikarta (djup 0–5 km) över området 16H Bergsjö. Lägen för årets petrofysikprover är markerade som ljusgrå cirklar. Lägen för tidigare tagna petrofysikprover markerade som mörkgrå cirklar.

Tidigorogena intrusivbergarter

Befintliga dateringar av tidigorogena intrusivbergarter i regionen visar på ett brett spektrum av åldrar. Från intrusioner i "Bottniska bassängen", norr om kartområdet (fig. 1), har åldrar på ca 1 930 miljoner år (Seltjärn, Husum) rapporterats (Lundqvist m.fl. 1998). Husumdateringen anges vara tvetydig och åldern kan även vara ca 1 885 miljoner år. Från Sollefteåtrakten finns en ålderbestämning som gett $1\,877 \pm 6$ miljoner år (Claesson & Lundqvist 1995). Inom Ljusdalsgranitens område finns nio dateringar i intervallet 1 867–1 843 miljoner år (Delin 1993, 1996, Welin m.fl. 1993, Delin & Aaro 1992, Delin & Aaro 1994, Delin & Persson 1999). Från en charnockit (granit som omvandlats under mycket hög temperatur) i södra delen av kartområdet 16H Bergsjö har Andersson m.fl. (2004) rapporterat magmatiskt zonerade kristaller med åldern $1\,870 \pm 6$ miljoner år som bedöms representera den ursprungliga granitens kristallisationsålder. Magmatiskt tillväxtzonerade kristaller och kärnor med åldrar i intervallet 1 970–1 910 miljoner år tolkas som tillhörande den bergart som smälte och bildade granitmagman.

Bland de tidigorogena intrusivbergarterna i kartområdet finns dels grovporfyrisk metagranit till granodiorit (s.k. Ljusdalsgranit, fig. 13d), dels en (eventuellt äldre) svit med få eller inga strökorner (fig. 13e) som varierar i sammansättning från gabbro via tonalit till granit. Det är inte känt om de



Fig. 13. Fotografier av ytbergarter och äldre intrusivbergarter i området 16H Bergsjö. Koordinater i rikets nät. **A.** Metagråvacka med veckade och utsträckta, granatförande ådror (6880140/1558440). **B.** Bandad, kvartsrik metaarenit (omvandlad sandsten) med ådror (6889120/1550895). **C.** Finkornig amfibolit med ljusa utsträckta aggregat, möjligen ursprungligen mandlar (fyllda gasblåsor) (6886725/1584935). **D.** Kalifältspatporfyrisk metagranit av Ljusdalstyp (6878390/1555555). **E.** Metagranodiorit med enstaka stora kristaller av kalifältspat samt pegmatitgångar (6874485/1571410). **F.** Flackt mot öster stupande stänglighet i granat- och sillimanitförande, protomylonitisk metagranit (6876485/1583955).

är tidsmässigt separata intrusivsviter eller om de är likåldriga. I väntan på åldersdata behandlas de dock som separata. Bergarterna är generellt omkristalliserade och starkt deformerade, och granat har observerats vid huvuddelen av de besökta lokalerna. Granitiska gångar och ådror är i allmänhet också deformerade.

Metagabbro till metadiorit har hittills endast påträffats vid en lokal mellan Bergsjö och Ilsbo. Grå metagranodiorit till metatonalit finns i ett par små områden nordväst om Bergsjö och öster om Jätendal. Från den senare lokalen rapporterar Lundegårdh (1967) förekomst av pyroxen. Grå till rödgrå

metagranodiorit till metagranit upptar stora ytor i områdets centrala delar och söder om Strömsbruk. Stora kristaller av kalifältspat uppträder sporadiskt. Ljust grå, finkornig metagranit finns nordväst om Jättendal. Metagraniten i kustområdet är i allmänhet gråröd, fin- till medelkornig och på en del ställen porfyrisk. Lokalt förekommer cordierit och sillimanit, förutom allmänt förekommande granat.

Rikligt megakrystförande metagranodiorit till metagranit hänförs till Ljusdalssvitens bergarter. Kontaktrelationerna mot övriga tidigorogena intrusivbergarter är ännu oklara. Bergartstypen finns i ett större område vid den västra kanten av kartområdet och i en smalare, till synes veckad zon i Ilsbo–Harmångerområdet. Megakrysterna består av kalifältspat och är i allmänhet 20–30 mm stora, men betydligt större kristaller förekommer också.

Senorogena intrusivbergarter

De större områden som markerats med ljust röd färg på kartan i figur 10 representerar en ljust grå till gråröd granit som har ett karakteristiskt innehåll av granat, grön till svart omvandlad cordierit och i många fall även sillimanit (fig. 14a). Glest fördelade megakryster av kalifältspat är vanligt förekommande. En datering av en granit av denna typ från Njurunda har gett en ålder på 2 030 miljoner år (Welin m.fl. 1993). Åldern återspeglar troligen inte granitens bildning utan åldern på detritiska zirkoner som granitmagman kan ha fört med sig från omgivande metagråvacka. Graniten är till stora delar massformig och bedöms här preliminärt tillhöra de senorogena intrusivbergarterna. Graniten är dock folierad på en del ställen, främst i de södra delarna. I sådana områden kan den vara svår att skilja från tidigorogen metagranit. På ett ställe observerades en xenolit (fragment) av folierad och ådrad metagråvacka (fig. 14b). Graniten förekommer även som veckade och avslitna gångar i metagråvacka (fig. 14c), och verkar ha intruderat under deformationens slutskede.

Som leukosom i områdets äldre berggrund dominerar ljust grå, fin- till medelkornig granitoid. Den uppträder som ådror och bildar i allmänhet inte större kroppar. Ljust röd granit och pegmatit kan förekomma både som ådror och överskärande gångar, men även som större kroppar, t.ex. norr och öster om Jättendal. Ytterligare en förekommande leukosomtyp är grå, biotitrik granitoid, troligtvis granodiorit, som uppträder i vissa områden med metagråvacka. I några förekomster finns rikligt med granat och mer eller mindre upplösta rester av metagråvacka.

Diabas

I Gnarpområdet finns ett större område med medelkornig diabas (fig. 14d), tillhörande den centralskandinaviska diabasgruppen (Gorbatshev m.fl. 1979). Vid en lokal har flackt stupande lagring observerats (med graderad skiktning och kors-skiktning), vilket tyder på att diabasen här uppträder som en flackt liggande skiva (fig. 14e). Detta uppträdande är vanligt i ”Bottniska bassängen” längre mot norr och nordväst (t.ex. Lundqvist m.fl. 1990). Diabasen syns tydligt på den magnetiska anomalikartan. I områdets västra del finns några smala nordnordostligt strykande anomalier som orsakas av brantstående diabasgångar, vilka är blottade på ett par ställen.

Metamorfos

Metamorfosgraden är generellt hög i områdets äldre berggrund. Detta tar sig uttryck i mer eller mindre stark leukosombildning samt förekomst av metamorfa mineral som granat, sillimanit och cordierit. Åtminstone lokalt har metamorfosgraden uppnått granulitfacies, vilket indikeras av förekomsten av metamorf ortopyroxen. En lokal med charnockit i områdets sydligaste del har rapporterats av Sjöström & Bergman (1998). Metamorfa zirkoner (påväxter och enskilda kristaller) från denna bergart har analyserats med jonsond och gett åldrar i intervallet 1 845–1 830 miljoner år (Andersson m.fl. 2004). Något lägre åldrar (1 830–1 815 miljoner år) erhöles från en metasedimentär bergart från Hudiksvall, strax söder om kartområdet 16H Bergsjö.



Fig. 14. Fotografier av yngre intrusivbergarter i området 16H Bergsjö. Koordinater i rikets nät. **A.** Sen- till postorogen granit med granataggregat och omvandlad cordierit (6896335/1552145). **B.** Granit av samma typ som i A, med xenolit av ådrad och veckad metagråvacka (6897705/1553890). **C.** Granit av samma typ som i A, som veckade och avslitna ådror i metagråvacka (6895860/1553950). **D.** Diabas med grovkorniga band och körtlar (6897900/1556910). **E.** Diabas med flackt stupande graderad lagring. Kors-siktning finns i borte vänstra delen (6884990/1576565). **F.** Gruvmöns koppargruva. Utbruten mineraliserad finkornig bergart som xenolit (fragment) i omgivande ljus metagranit (6878960/1583235).

Strukturer

Den äldre berggrunden är generellt sett starkt deformerad. Foliationens strykning varierar avsevärt, men stupar i allmänhet flackt till medelbrant. Foliationen är storskaligt veckad längs flackt östligt stupande veckaxlar. I området nordväst om Bergsjö dominerar nordvästliga foliationsriktningar, vilket orsakas av stark deformation i anslutning till Hasselaskjuvzonen. Öster om Bergsjö dominerar nordostliga strykningar, och skjuvzonens eventuella fortsättning mot sydost har inte kunnat dokumenteras. En starkt utbildad stänglighet som stupar flackt mot öster är en vanlig företeelse (fig. 13f).

En preliminär tolkning av lineament (huvudsakligen magnetiska) visas i figur 10. Många av dessa tolkas som spröda deformationszoner. Det finns dock hittills endast enstaka observationer av brecierad och hydrotermalt omvandlat berggrund i anslutning till sådana lineament.

Naturresurser

Gruvmöns koppargruva ligger OSO om Gnarp (fig. 10), och utgörs av ett 5×5 m stort schakt. Brytningen har nått ett djup på 60 m och avslutades år 1903 (Lundegårdh 1967). I varphögen (ca 2000 m²) observerades metagranit, pegmatit och granat-cordieritskarn impregnerat av sulfider (magnetkis, pyrit, underordnat kopparkis). Lundegårdh (1967) noterade även zinkblände. Flera gruvhål finns i området varav det ena utgörs av en 3–5 m bred, och 20 m lång utbruten mineraliserad zon, omgiven av till synes oomvandlad, ljus metagranit (fig. 14f). Denna granit dominerar i områdets hällar. Malmen är alltså begränsad till skarpt avgränsade skivor, som ligger som stora brottstycken i metagraniten, och malmens bildning skedde således innan graniten intruderade. Gruvorna vid Grännsjön, norr om Bergsjö, kommer att besökas under nästa år.

REFERENSER

- Andersson, U.B., Högdahl, K., Sjöström, H. & Bergman, S., 2004: Magmatic, detrital, and metamorphic ages in metamorphic rocks from south-central Sweden. *GFF* 126, 16–17.
- Asklund, B. & Sandegren, R., 1934: Beskrivning till kartbladet Storvik. *Sveriges geologiska undersökning Aa 176*, 150 s.
- Banverket, 2003: Förslag till Framtidsplan för järnväg. *Del 2 Infrastruktursatsning per stråk 2004-2015. Banverket*.
- Bergman, S., Delin, H., Kübler, L., Ripa, M. & Söderman, J., 2001: Projekt Svealand. I H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2000. *Sveriges geologiska undersökning Rapport och meddelanden 105*, 16–28.
- Bergman, S., Delin, H., Karis, L., Kübler, L., Ripa, M. & Söderman, J., 2002: Projekt Svealand. I H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2001. *Sveriges geologiska undersökning Rapport och meddelanden 110*, 10–39.
- Bergman, S., Delin, H., Karis, L., Kübler, L., Ripa, M. & Söderman, J., 2003: Projekt Svealand. I H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2002. *Sveriges geologiska undersökning Rapport och meddelanden 112*, 10–27.
- Bergman, S., Delin, H. & Söderman, J., 2004: Svealand. I H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2003. *Sveriges geologiska undersökning Rapport och meddelanden 116*, 20–32.
- Blomberg, A., 1895: Praktiska geologiska undersökningar inom Gefleborgs län. *Sveriges geologiska undersökning C 152*, 209 s.
- Claesson, S. & Lundqvist, T., 1995: Origins and ages of Proterozoic granitoids in the Bothnian Basin, central Sweden; isotopic and geochemical constraints. *Lithos* 36, 115–140.
- Delin, H., 1993: The radiometric age of the Ljusdal granodiorite of central Sweden. I T. Lundqvist (red.): Radiometric dating results. *Sveriges geologiska undersökning C 823*, 13–16.
- Delin, H., 1996a: Kartbladen 15G Bollnäs. I C.-H. Wahlgren (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1995. *Sveriges geologiska undersökning Rapport och meddelanden 84*, 60–61.

- Delin, H., 1996b: U-Pb zircon ages of granitoids in the Kårböle region, central Sweden. *IT. Lundqvist (red.): Radiometric dating results 2. Sveriges geologiska undersökning C 828*, 6–14.
- Delin, H. & Aaro, S., 1992: Berggrundskartan 16F Kårböle SV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 58*.
- Delin, H. & Aaro, S., 1994: Berggrundskartan 17F Ånge SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 83*.
- Delin, H. & Aaro, S., 2000a: Berggrundskartan 15F Voxna NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 141*.
- Delin, H. & Aaro, S., 2000b: Berggrundskartan 15F Voxna SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 143*.
- Delin, H. & Persson, P.-O., 1999: U-Pb zircon ages of three Palaeoproterozoic igneous rocks in the Loos-Hamra area, central Sweden, *I S. Bergman (red.): Radiometric dating results 4. Sveriges geologiska undersökning C 831*, 20–31.
- Delin, H., Henkel, H. & Wällberg, B., 1989a: Berggrundskartan 16G Ljusdal SV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 35*.
- Delin, H., Henkel, H. & Wällberg, B., 1989b: Berggrundskartan 16G Ljusdal SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 36*.
- Delin, H., Henkel, H. & Wällberg, B., 1989c: Berggrundskartan 16G Ljusdal NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 34*.
- Forsberg, L.-O., Svensson, S., Kullman, F., Troeng, B. & Wilson, M. R., 1981: Uranium exploration in part of southern Norrland, progress report. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 81037*, 12 s.
- Geijer, P. & Magnusson, N.H., 1944: De mellansvenska järnmalmernas geologi. *Sveriges geologiska undersökning Ca35*, 654 s.
- Gorbatshev, R., 1967: Petrology of Jotnian rocks in the Gävle area. *Sveriges geologiska undersökning C 621*, 50 s.
- Gorbatshev, R., Solyom, Z. & Johansson, I., 1979: The central Scandinavian Dolerite Group in Jämtland, central Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 100*, 177–190.
- Koistinen, T., Stephens, M.B., Bogatchev, V., Nordgulen, Ø., Wennerström, M. & Korhonen, J., 2001: Geological map of the Fennoscandian Shield, scale 1:2 000 000. *Geological Surveys of Finland, Norway and Sweden and the North-West Department of Natural Resources of Russia*.
- Lundegårdh, P.H., 1967: Berggrunden i Gävleborgs län. *Sveriges geologiska undersökning Ba 22*, 303 s.
- Lundqvist, T., Gee, D.G., Kumpulainen, R., Karis, L. & Kresten, P., 1990: Beskrivning till berggrundskartan över Västernorrlands län. With maps to the scale of 1: 200 000, printed 1987. *Sveriges geologiska undersökning Ba 31*, 429 s.
- Lundqvist, T., Vaasjoki, M. & Persson, P.-O., 1998: U-Pb ages of plutonic and volcanic rocks in the Svecofennian Bothnian Basin, central Sweden, and their implications for the Palaeoproterozoic evolution of the Basin. *GFF 120*, 357–363.
- Länsstyrelsen Gävleborg, 2003: Länsplan för regional transportinfrastruktur 2004–2015, Gävleborgs län. *Länsstyrelsen Gävleborg*, 49 s.
- Persson, L., 1997: Beskrivning till berggrundskartorna Avesta SO och NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 189*, 187, 69 s.
- Persson, L. & Persson, P.-O., 1997: U-Pb datings of the Hedesunda and Åkersberga granites of south-central Sweden. *GFF 119*, 91–95.
- Sandegren, R. & Asklund, B., 1934: Beskrivning till kartbladet Storvik. *Sveriges geologiska undersökning Aa 176*, 150 s.
- Sandegren, R. & Asklund, B., 1943: Beskrivning till kartbladet Horndal. *Sveriges geologiska undersökning Aa 185*, 106 s.
- Sandegren, R. & Asklund, B., 1948: Beskrivning till kartbladet Söderfors. *Sveriges geologiska undersökning Aa 190*, 91 s.
- Sandegren, R. & Lundegårdh, P.H., 1949: Beskrivning till kartbladet Untra. *Sveriges geologiska undersökning Aa 198*, 106 s.
- Sandegren, R., Asklund, B. & Westergård, A.H., 1939: Beskrivning till kartbladet Gävle. *Sveriges geologiska undersökning Aa 178*, 143 s.
- Sjöström, H. & Bergman, S., 1998: Svecofennian metamorphic and tectonic evolution of east central Sweden. Forskningsrapport. *Sveriges geologiska undersökning*, 50 s.
- Snäll, S., 1994: Inventering av krossberg i kustregionen i Gävleborgs län. Regionala inventeringar av grus m.m., Rapport 1996:1. *Sveriges geologiska undersökning*, 79 s.

- Sukotjo, S., 1995a: Berggrundskartan 15H Hudiksvall SV/SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 66*.
- Sukotjo, S., 1995b: Berggrundskartan 15H Hudiksvall NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 64*.
- Sukotjo, S., 1995c: Berggrundskartan 15H Hudiksvall NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 65*.
- Sukotjo, S., 1996: Kartbladen 13G Hofors. I C.-Wahlgren (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1995. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 84*, 47–51.
- Sukotjo, S., 1997: Kartbladen 13G Hofors. I C.-Wahlgren (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1996. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 89*, 18–20.
- Sukotjo, S. & Sträng, T., 1998: Kartbladen 13G Hofors. I C.-Wahlgren (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1997. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 97*, 24–30.
- Sukotjo, S. & Sträng, T., 1999: Kartbladen 13G Hofors. I C.-Wahlgren (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1998. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 98*, 28–30.
- Sukotjo, S., Sträng, T. & Jonsson, E., 2000: Kartbladen 13G Hofors. I H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1999. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 102*, 26–39.
- Tegengren, F.R., 1924: Sveriges ädlare malmer och bergverk. *Sveriges geologiska undersökning C 17*, 406 s.
- Welin, E., Christiansson, K. & Kähr, A.-M., 1993: Isotopic investigations of metasedimentary and igneous rocks in the Palaeoproterozoic Bothnian Basin, central Sweden. *GFF 115*, 285–296.

E-post: stefan.bergman@sgu.se

lena.Albrecht@sgu.se

martin.ahl@sgu.se lutz.kubler@sgu.se

Dalarna, bergkvalitet

Magnus Döse och Lutz Kübler

INLEDNING

Projektområdet berör nio kommuner i Dalarnas län: Falun, Borlänge, Smedjebacken, Leksand, Gäddede, Avesta, Hedemora, Säters och Ludvika (fig. 1). Projektet är en del av den pågående systematiska tätortskarteringen i landet samt en del av regeringens miljömål som tillkom under 2002. I förutsättningarna för miljömålet ”God bebyggd miljö” (delmål 4) sägs uttryckligen, att naturgrusproduktionen i Sverige måste minskas och att årsproduktionen skall vara högst 12 miljoner ton år 2010. Idag är produktionen ca 22 miljoner ton om året (2001 års statistik). Det enda rimliga alternativet till naturgrus är krossberg, och därför blir projektets huvudsyfte att undersöka bergmassans lämplighet som ballastmaterial. Bergkvalitetsinformationen kommer att lagras i SGUs databaser och skall nyttjas som ett effektivt underlag vid planeringsarbete och hushållning med naturresurser av kommuner, länsstyrelsen, entreprenörer, konsulter och privatpersoner i Dalarnas län. Större tätorter inom projektområdet är Ludvika, Borlänge, Falun, Säters, Hedemora och Avesta.

Förutsättningar för skapande av bergkvalitetskartan

Bergkvalitetskartor har tidigare framtagits över områden där berggrundskartor i skala 1:50 000 med tillhörande beskrivning har funnits att tillgå. Inom delar av projektområdet har ett sådant grundmate-



Fig. 1. Berörda kommuner inom Dalarnas län. Projektområdet markerat med grå heldragen linje.

rial saknats. På grund av detta pågår en revidering av delar av berggrundskartorna 13F Falun (Kresten 1987a, b, c, d, Döse & Kübler 2003).

Projektområdet omfattar 11 berggrundsgeologiska kartblad i skala 1:50 000. Det har uppdagats att det finns skillnader i den geologiska tolkningen mellan befintliga berggrundskartor över området. När angränsande kartblad läggs samman stämmer inte den geologiska tolkningen över kartbladens skarvar. Dessa ”kartbladsdiskrepanser” har undersökts i fält och kommer att kontrolleras fortsättningsvis under 2005 för att underlätta utformningen av bergkvalitetskartan.

Bergkvaliteten har till viss del undersökts i områdets bergtäkter av olika exploatörer. Bergtäkter finns nordväst om Ludvika, öster och väster om Borlänge, sydväst om Falun, vid Gustafs grustag, sydost om Hedemora och sydväst om Horndal. Några täkter är för närvarande vilande, men där sker en kampanjvis brytning. De bergtekniska resultaten från provmaterial i täkterna kommer att komplettera den slutliga bergkvalitetskartan.

Det är slutligen av vikt att påpeka, att den kommande reviderade berggrundskartan (fig. 2) över delar av kartområdet 13F Falun är gjord enbart med hänsyn till den kommande bergkvalitetskartan. Vid den pågående revideringen har fokus framför allt legat på bergarternas mineralogi, kornstorlek och strukturer (foliation och lineation).

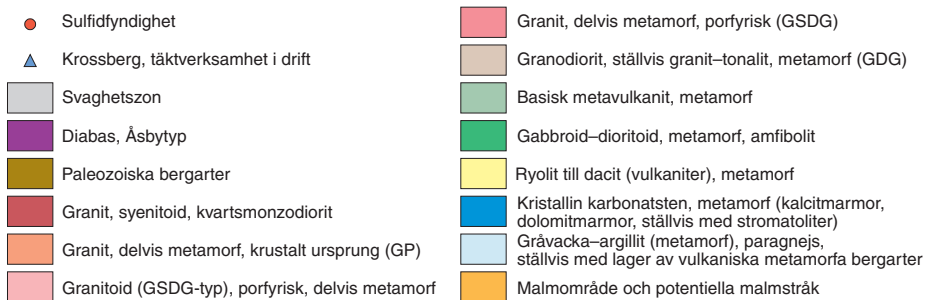
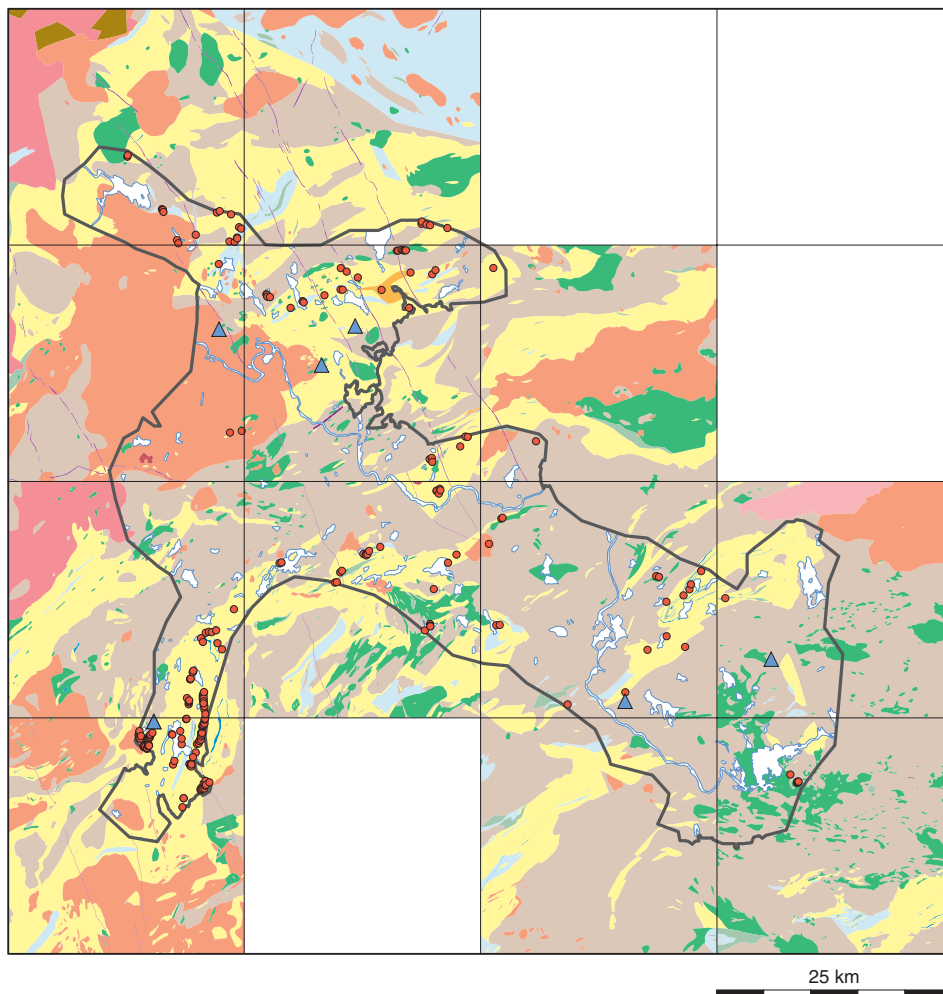


Fig. 2. Preliminär reviderad berggrundskarta kombinerad med tidigare tryckta kartor i skala 1:50 000. I texten nämnda kartbladsskiften är här delvis reviderade.

Analysmetoder för bedömning av bergkvalitet

Bergmassans nötnings- och slagtlighet undersöks med hjälp av olika metoder. Följande metoder används:

- mikro-Deval- och kulkvarnsanalys (bergmassans nötningsmotstånd).
- Los Angeles (LA)-analys (bergmassans slagtlighet, till liten del dess nötningsmotstånd).

Dessa analysmetoder är knutna till ballast som främst används för infrastrukturella användningsområden, såsom väg och järnväg. Ytterligare analyser som utförs är alkali-silikareaktivitet (ASR). Metoden

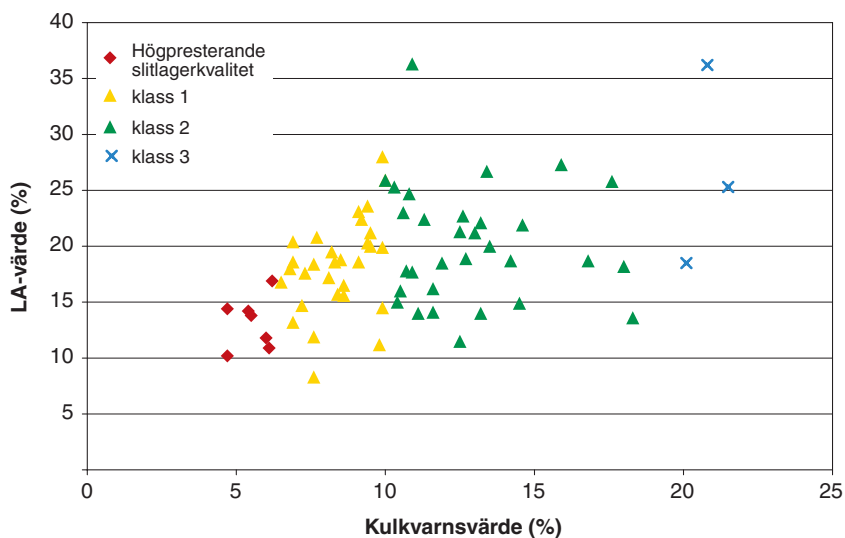


Fig. 3. Resultat från analyserade berggrundsprover. Flera analyserade prover uppfyller hållfasthetskraven för högpresterande slitlagerkvalitet, definierat i VÄG 04.

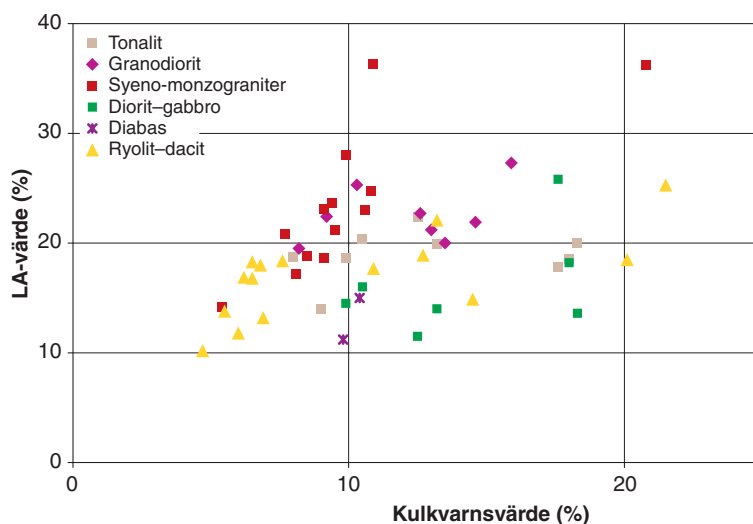


Fig. 4. Resultat från analyserade berggrundsprover med uppdelning av resultat enligt bergart.

utförs för att fastställa ballastens lämplighet för betongändamål.

Undersökningar som utförs av SGU är strålningsmätningar, VLF-mätningar, parametermätningar (magnetisk remanens, susceptibilitet och densitet) samt petrografiska modalanalyser (bergartsbestämning med optisk mikroskopi). Kemiska analyser kompletterar modalanalyserna.

GEOLOGI

Allmän geologi, Bergslagen

Bergslagen domineras av bergarter som bildats under den svekokarelska orogenesisen (bergskedjebildningen) för ca 1 900 till 1 700 miljoner år sedan. Äldst i det aktuella området är de svekofenniska ytbergarterna, som utgörs av ca 1 900 miljoner år gamla vulkaniska och sedimentära avlagringar. Meta-vulkaniterna anses från början ha varit lavar, askor och tuffer (Hjelmqvist 1966, Kresten 1987a, b, c, d,

Bromley-Challenor 1988, Allen m.fl. 1996). Det vulkaniska materialet har omarbetats, genomlevt hydrotermala processer, och har slutligen även omkristalliserat under regionalmetamorfosen. (Allen m.fl. 1996).

Ytbergarterna intruderades av djup- och gångbergarter för ca 1 900 till 1 850 miljoner år sedan. Djupbergarterna kallas tidigorogent svekokarelska. De omvandlades genom nedpressning till stora djup i jordskorpan och utsattes där för höga temperaturer eller tryck under kulminationen av orogensen. Lokalt var omvandlingen så stark att bergarterna smälte. Smältorna (magmor) gav upphov till en ny generation av djup- och gångbergarter som kallas senorogent eller syn- till senorogent svekokarelska (Bergman m.fl. 2002). Berggrunden intruderades dessutom av flera generationer av diabas (1 350–900 milj. år), som sökte sig fram längs befintliga sprickor i berggrunden.

Inom projektområdet finns mängder av gruvor och mineraliseringar, den kanske mest kända är världsarvet Falu koppargruva (Kresten m.fl. 1986). Den enda gruvan i drift i området är Garpenbergsgruvan. Mineraliseringarna inom projektområdet är i huvudsak av två slag, magnetitmalmer och zink-bly-kopparfyndigheter (sulfidmalmer). Mineraliseringarna i området är i huvudsak knutna till de omlagrade, metavulkanitdominerade sekvenserna. Det som ur bergkvalitetssynpunkt bör tas hänsyn till är de sulfidförande stråken. Om berggrunden har höga halter av sulfider, bör material därifrån inte användas som ballast. Sulfider är benägna att lakas ur, och det innebär att metaller kan frigöras från ballastmaterialet och komma ut i marken, vilket inte är önskvärt.

Bergarter, indelning med hänsyn till bergkvalitetskartan

Vulkaniska bergarter

Sekvenserna med metavulkaniter som förekommer i ett stråk från Faluntrakten upp mot Insjön, omfattar i huvudsak kvartsrika, finkorniga metaryoliter och underordnat metadaciter. I mindre omfattning uppträder dacitiska till andesitiska, plagioklasporfyriska bergarter (fig. 13d), kvarts-fältspatförande, något gnejsiga partier, amfiboliter samt kalksilikatbergarter (skarn). Vulkanoklastiter, i många fall med rundade polymikta fragment (0,2–2 dm), förekommer i de norra delarna av projektområdet samt runt Aspeboda och söder om Falun.

Glimmerstrimmighet förekommer ställvis i de metaryolitiska till dacitiska sekvenserna. Metavulkaniterna är grå på färsk yta men laxrosa till vita på vittrad yta (fig. 10a, b). De för vanligen strörkorn av kvarts- eller plagioklas. På de flesta ställen är vissa led mycket kvartsrika och mer att beteckna som kvartsrik ryolit till kvartsit. Det är vanligt med en mycket tydlig bandning, alternativt skiktning i metavulkaniterna, och den varierar från mycket tunna, till flera meter breda band. I många fall förekommer också tydliga mineralogiska skillnader, såsom mafiska och felsiska led i bandningen (fig. 11b). I vulkaniterna förekommer också inlagrade marmor- och skarnhorisonter. Olika järn- och magnesiumrika silikat (amfiboler), förekommer allmänt som reaktionsmineral. De stora variationerna i deformation och mineralogi som observerats i vulkaniterna avspeglar sig i bergarternas hållfasthet (fig. 3).

Vulkaniterna är på många ställen starkare deformerade än övriga bergarter, och i vissa områden präglas de av en gnejsig struktur. En tydlig stänglighet genomsätter också vulkaniterna i området. Ställvis påträffas, bland annat sydväst om Falun, mycket finkorniga graniter, delvis strörkornsförande. De benämns inom projektet som subvulkaniska intrusioner, men har i allmänhet ett finkornigt granitiskt utseende. Deras gränser mot omgivande bergarter är diffusa.

Flödesbreccior uppträder norr om Aspeboda, med polymikta 1–2 dm stora, rundade fragment i en för övrigt fin- till medelkornig mafisk mellanmassa. Liknande vulkaniska breccior påträffas även söder om Falun, i närheten av de ovan nämnda subvulkaniska intrusionerna. Bergarterna (metavulkaniterna, se fig. 1) stryker generellt i ungefär nordnordostlig riktning och omsluts ofta av tidigorogena intrusivbergarter (granit och kvartsdiorit/kvartsgabbro).

I fält påträffas rikligt med mafiska gångar (amfibolit), som ställvis har en mycket stor variation i mäktighet (0,5 m upp till flera hundra meter). Gångarna ligger vanligen konkordant med vulkaniternas skiktning eller bandning (fig. 6a och 12a). De har dock bildats relativt tidigt i den geologiska



Fig. 5. Vy från Falunkrossen. Bergarten som bryts är en ljus brungrå, finkornig, svagt strökoränsförande metamorf granitoid (6716450/1486700), koordinater i rikets nät.

utvecklingen, vilket visas av att tidigorogena granitoider har breccierat dem. I vissa gånger har det noterats stora rundade klaster, varför ett vulkaniskt ursprung kan antas.

Granitoider, dioriter, gabbror, metamorfa (GDG)

De i äldre litteratur ofta beskrivna ”gnejsgraniterna” kallas här metamorfa granitoider. Flera bergarter omfattas av den här sviten och är ganska vanligt förekommande i kartområdet. Vanligt förekommande i granitoiderna är kroppar av grönsvart, homogen, fin- till medelkornig och vanligen svagt stänglig (ser massformig ut) kvartsdiorit–diorit till gabbro (fig. 6c).

De vanligast förekommande bergarterna i GDG-sviten är annars monzogranit till granodiorit och granodiorit till tonalit (fig. 12c). Granit–granodioritsviten uppträder ofta med en ljusbrun till gråbrun nyans, är biotitrik och ställvis hornbländeförande. Den är i allmänhet medelkornig, men finkornigare partier förekommer.

En karakteristisk egenskap är den penetrativa lineation som genomsätter bergarterna (fig. 7a–c). Kvartsen är starkt utdragen och omkristalliserad. I fält kan man ställvis se kvarts som ”står upp” på hällytan, dvs. att omkringliggande fältspatkorn är nedvittrade. På en del ställen är även biotiten stänglig. Ställvis ser den massformig ut (beroende av snittytan). Granitoiderna förekommer också ställvis som röda varianter. Den röda färgen förefaller komma från järnoxid, som förekommer längs fältspaternas och kvartsens kornfogar.

Granitoider, syeniter, dioriter, gabbror, metamorfa (GSDG)

GSDG-granitoider förekommer i huvudsak strax väster om projektområdet enligt tidigare karteringar. Ett nyligen avslutat arbete i kartområdet 12F Ludvika NV (Ripa & Kübler, databas) indikerar



Fig. 6. Fotografier av bergarter i projektområdet. Koordinater i rikets nät. **A.** Grön, finkornig amfibolit, som har intruderat längs vulkaniternas skiktning. Amfiboliten är svagt s-veckad (6723101/1476585). **B.** Svagt pelarförlöftad diabasgång som stryker i nordnordvästlig riktning. I bakgrunden på bilden syns Borlänge kraftverksstation (6711790/1479292). **C.** Metagabbrokropp (GDG) med metadiabasgång (6701915/1484897).

dock att monzonitiska, fältspatporfyriska granitoider (GSDG) förekommer längre österut än vad som tidigare var känt. En korrelation med tidigare tolkade GP-granitoider, som också är fältspatporfyriska, och som påträffas längre norrut (13F Falun) kommer att utföras under 2005. Möjliga GSDG-granitoider har också påträffats strax intill Borlänge kraftstation.

Granitoider, granitpegmatit (GP)

Dessa bergarter (fig. 8a–c), som förekommer i stora delar av kartområdet 13F SV, utgörs av röda till ljus gråröda, i huvudsak finkorniga till grovkorniga syeno- till monzograniter, delvis metamorfa, med en i huvudsak massformig karaktär. De uppträder ställvis som jämnkorniga, men är i allmänhet ojämnkorniga, pegmatitiska. Rikligt ögonförande (fältspatögon, 1–3 cm) granitoider förekommer bland annat i och väster om Borlänge. De har gott om inneslutningar av GDG-granitoider (se ovan) och vulkaniter. Pegmatitiska partier och gångar (1–10 m) förekommer här och var. I syeno- till monzograniterna uppträder finkorniga aplitgångar här och där (fig. 12b). Gångarna är röda, smala (0,2–0,5m) och har varierande riktningar.

Ställvis är bergarterna folierade, men foliationen är vanligen diffus och endast delvis penetrativ. Det verkar snarare, som om en lokal deformation har påverkat bergarterna. De äldre bergarterna i sviten har delvis en tydlig foliation. På Högberget, 300 m nordost om Blecktorp, har en ögonförande granit en foliation som skär över en äldre foliation i en GDG-granodiorit till tonalit. Granitoiderna har provtagits för kemisk analys för att verifiera deras ursprung.

De granitiska sviterna innefattar också en bergart som på berggrundskartorna 13F Falun (Kresten 1987a, b, c, d) kallas pegmatitgranit (fig. 11). Skillnader mellan pegmatitgranit och graniter i GP-sviten kan ses norr om sjön Gimmen. I fält är det framför allt muskovit, som skiljer pegmatitgraniten från övriga delar av GP-sviten. Nordväst om Gimmen kan båda bergartsleden betraktas. Pegmatitgraniten kan beskrivas som vitrosa till vit, generellt grovkornig, massformig och muskovitförande (fig. 9).



Fig. 7. Fotografier av tre olika metagranitoider (GDG) som illustrerar skillnader i mineralogi samt den tydliga stänglighet som är vanligt förekommande i bergarterna. Koordinater i rikets nät. **A.** Röd, starkt folierad, medelkornig granit (vertikalt snitt) (6703535/1493121). **B.** Grå, starkt folierad, medelkornig kvartsdiorit (6701945/1485128). **C.** Tydligt mineralstänglig kvarts i granit (6673922/1523358).

GP-graniten är ljus röd till röd, finkornig- till grovkornig och möjligen något mer kvartsrik. Det är av vikt att skilja de båda granittyperna åt med avseende på hållfasthetsegenskaper. Pegmatitgraniten har nämligen, med en bedömning grundad på okulärbesiktning, ställvis en mycket låg hållfasthet.

De för GP-sviten typiska syeno- till monzograniterna, med sin tydliga variation i kornstorlek, genomslås ställvis av en strökornsrik porfyrisk, medelkornig granit (fig. 8b,c). Den har stora, vita till ljus röda fältspatkorn (0,5–2 cm), vilka uppträder i en medelkornig mellanmassa. Graniten är massformig, har tydlig magmatisk lagring, varför den här betraktas som en sen- till postorogen in-



Fig. 8. Fotografier av två granitoider (GP) med olika mineralogi och textur. Koordinater i rikets nät. **A.** Närbild av en röd, medelkornig, massformig senorogen granit (6701141/1478155). **B.** Grå, medelkornig, fältspatporfyrisk sen- till postorogen granit, som uppträder som gångar i bergart A (6722122/1474678). **C.** Kontakt mellan ovan nämnda bergarter. Den typiskt röda senorogena graniten är plastiskt deformerad (under skalstrecket), medan den porfyriska graniten är opåverkad (6717392/1474567).



Fig. 9. Pegmatitgranit (GP). Vit till blekt rosa, muskovitförande, medelkornig och massformig (6724238/1469230), koordinater i rikets nät.

trusivbergart. Den breccierar äldre granitoida generationer och har påträffats nära muskovitförande pegmatitgranit. Kontakten mellan dem är inte blottad, varför de inbördes åldersrelationerna inte kunnat avgöras.

GP-graniterna framträder tydligt mot omgivande bergarter på geofysiska kartor genom sina magnetiska egenskaper och gammastrålningsegenskaper. Medeldensiteten för granitoiderna är 2625 kg/m^3 enligt provtagningen 2003, och 2648 kg/m^3 enligt äldre provtagning.

Noranintrusionen och likvärdiga syenograniter

Noranintrusionen och Pellesbergbreccian, som har en mycket låg geologisk ålder för området (1 470 milj. år), har ej hunnit undersökas utförligt ännu. En mindre del av Noranintrusionen ligger inom

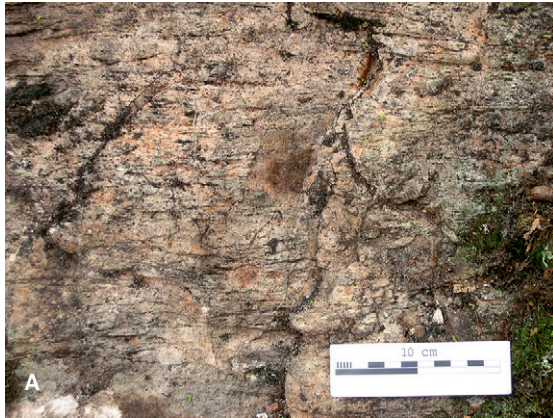


Fig. 10. Fotografier av metaryolit. Kvartsrik, mycket finkornig och homogen. Koordinater i rikets nät. **A.** Vit till laxrosa vittrad yta. **B.** Grå till mörkt grå i färskt brott (6724897/1474560).



Fig. 11. Fotografier av olika typer av metavulkanit i projektområdet. Koordinater i rikets nät. **A.** Grå, finkornig vulkanoklastit med polymikta fragment (6722574/1485257). **B** Folierade eller bandade finkorniga vulkaniter, rhyolit till andesit (6700338/1478455). **C.** Vulkanisk intrusion (subvulkanit). Vit, finkornig och kvartsporfyrisk med kontakt mot gråvit, finkornig och homogen rhyolit. Foliationen genomslår båda bergarterna i skalstreckets längdriktning (6722798/1485323). **D.** Andesit-basalt. Mörkt grå till svart, finkornig, innehåller plagioklasströkorn (1–5mm) och hornblände (6722816/1474700).



Fig. 12. Fotografier av kontaktrelationer mellan bergarter. Koordinater i rikets nät. **A.** Finkornig, heterogen, metamorf vulkanit med intruderande amfibolit. I höger bildkant uppträder mer mafiska vulkaniska led (ljusgrön) (6723101/1476585). **B.** Senorogen, röd, ojämnkornig, delvis metamorf aplitisk granit, som omsluter grå, porfyrisk, folierad, biotitstrimmig metagranit (6716487/1475527). **C.** Metagranitoid (mitten av bilden) med inneslutningar av finkornig metavulkanit (höger bildkant) och svart till grå, medelkornig metagabbro (vänster bildkant) (6703467/1489210).

projektområdet, strax norr om kartområdet 12F Ludvika NV. Intrusionen kommer att undersökas och provtas under fältsäsongen 2005.

Posttektoniska porfyrer och diabaser

I kartområdet 13F Falun är diabasgångar vanligt förekommande (fig. 6b), medan porfyrgångar finns på några ställen. Gångar av Åsbydiabas (900–1 100 milj. år) stryker i VNV till NNV och gångar av Tunadiabas (ca 1 370 milj. år, Patchett 1978) i NNV till NNO. En tredje typ av diabasgång har en ungefär nord-sydlig strykning. Åsbydiabasen skiljer sig från övriga diabaser genom sin kornstorlek, textur och sitt fältuppträdande. "Åsbygångar" är uppmätta i fält till en bredd av ca 150–200 m. Bergarten är grön till grönsvart, finkornig till medelkornig och har en tydlig ofitisk textur. Övriga diabaser är generellt mycket grå till svarta, finkorniga och porfyrisk. Gångarna är smala och i vissa förekommer en svag pelarförklyftning. Diabaserna har vanligen en hög susceptibilitet (magnetiserbarhet). Deras varierande uppträdande kan observeras vid Borlänge kraftverk, där även mandelförande diabas (Tunadiabas) förekommer. Den innehåller relativt gott om ca 0,5 cm stora kloritbollar. De

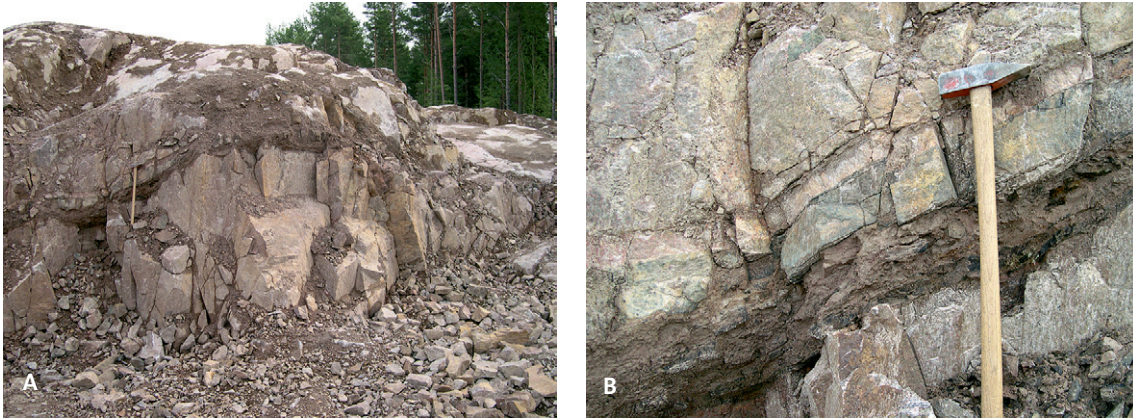


Fig. 13. Fotografier av lerfyllda större spricksystem som genomslår stänglig metagranit till metagranodiorit. Koordinater i rikets nät. **A.** Sprickan på bilden visar att metadiabaser omvandlats (förskifring och kloritomvandling). **B.** Närbild på spricksystemet. Leromvandlingen av materialet är kraftigast i dess undre del. Sprickorna stryker i nordostlig riktning med 40-50° stupning mot öster. Mineralstänglighetens riktning i graniten är västnordvästlig med ca 30° stupning. Sprickorna återkommer med ca 20 meters intervall (6714894/1487169).



Fig. 14. Aktiva geologer i fält. Finkornig, metamorf vulkanoklastit undersöks (6720392/1481248), koordinater i rikets nät.

mandelförande diabaserna förekommer rikligt både söder och norr om Borlänge. En nyligen genomförd dokumentation av vägbygget mellan Borlänge och Falun (fig. 13a, b) indikerar, att de är betydligt vanligare förekommande än vad tidigare karteringar angett. Gångarna är i allmänhet 0,1–5 m breda. En annan, nord-sydligt strykande diabastyp uppträder söder om Borlänge. Den är grå till gråsvart, mycket finkornig till finkornig, och har hålrumsfyllnader av kvartsströkorn.

Felsiska porfyriska gångar (porfyr) har identifierats intill Noranintrusionen, men tycks annars förekomma i betydligt mer begränsad omfattning än diabaserna. Porfyrrerna och diabaserna (Gustafsporfyrrer och Tunadiabas) betraktades som ungefär likåldriga av Hjelmqvist (1966) på grund av sina strukturella relationer. En Gustafsporfyrrer åldersbestämdes vid Pellesberget till en ålder av 1 470 miljoner år (Lundström m.fl. 2002). Eventuellt förekommer även en fjärde generation av diabas (Bergman m.fl. 2001). Notera att diabaserna av Åsbytyp framträder mycket tydligt på den magnetiska anomalikartan som isolerade och geografiskt mycket långsträckta anomalier (upp till flera tiotal mil), medan Tunadiabasernas gångar tycks förekomma i täta svärmar. Detta syns mycket tydligt i och omkring Gyllbergens naturreservat i den norra delen av kartområdet 12F Ludvika NV.

Strukturer

De vulkaniska bergarterna i området mellan Falun och Insjön stryker generellt i ca 60–70 grader och har en brant stupning.

Berggrundens stänglighet kan delas in i två dominerande riktningar: Den ena stryker i 90–100 grader med flack till medelbrant stupning och förekommer vanligen söder om Falun. Den andra, som uppträder väster om Valsansjöarna (norr om Borlänge), stryker i ca 120 grader med flack till medelbrant stupning.

Söder om Övre Valsan har en brecciering av berggrunden observerats. Brecciorna innehåller större kvartsvolymer och är blottade på många ställen intill svaghetszoner i berggrunden. De stryker vanligen i nordnordvästlig till nordvästlig riktning. Vid Rexsjön finns en blottad brecciering av tidigorogen granit. Längs sjöns sydöstra strand uppträder kvartsgångar som breccierar en omkristalliserad granitoid.

Mylonitizoner, med nord–sydlig respektive nordvästlig strykning, som markerats på berggrundskartan 13F Falun NV (Kresten 1987d) nära Rexsjön, har inte återfunnits i fält. Brecciering och förkastning av en observerad diabasgång, skvallrar dock om unga sprödtektoniska rörelser i området.

Spricktektoniken har jämförts mellan metamorfa vulkaniter och granitoider (GDG) samt delvis metamorfa granitoider (GSDG). Resultaten av jämförelsen är ännu inte bearbetade.

RESULTAT 2004

Utförda arbeten

1. Rekognoscering av berggrunden i Ludvika, Sätters, Hedemora, Gagnefs och Smedjebackens kommuner.
2. Revidering av 550 km² (av 600) berggrundsytta i kartområdet 13F Falun.
3. Revidering av ”kartbladssdiskrepanser”, 4 st.
4. Bergkvalitetsprover insamlades från Ludvika, Smedjebackens, Faluns, Borlänge, Sätters och Hedemora kommuner, totalt 55 st.

Sammanlagt har 126 prover insamlats under 2003–04. Ytterligare ca 35 prover skall komplettera den kommande bergkvalitetskartan.

Analysresultat

Analysresultat inkom från 5 kommuner, varav Avesta, Hedemora och Säter anses vara klara. Bergarternas kvalitet varierar avsevärt inom projektområdet, med avseende på kulkvarnsvärde (FAS-metod 259-02), Mikro-Devalvärde (Svensk Standard 1997) och LA-värde (European Standard 1998). Resultaten bör anses goda ur kvalitetssynpunkt, då ca 45–50 % av de analyserade proverna har ett kulkvarnsvärde bättre än 10 % och LA-värden som i många fall är lägre än 25 % förlust. Stora delar av den provtagna berggrunden kan klassificeras som ”ballast av god kvalitet” för vägändamål (klass 1). Med andra ord bedöms materialet kunna användas för massabeläggningar, bärlager och förstärkningslager.

Stora delar av övriga analyser har kulkvarnsvärdesförluster om 10–14 % av materialet. Även det får anses vara godkänd kvalitet för ballast till förstärknings- och bärlager, men även för asfaltvägar, där medeldygnstrafiken (ÅDT, Vägverket 2004) inte är för hög.

Några få prover (4 st) visade dåliga tekniska egenskaper (fig. 3 och 4). Figur 3 visar provtagna bergarter och deras spridning med avseende på LA-tal och kulkvarnsvärde. Vulkaniterna visar tydligt två saker: att huvudelen av provtagna vulkaniter är av god kvalitet samt att glimmerhalten påverkar bergkvaliteten, där foliationen är måttlig till stark. Två prover är exempelvis av sådan kvalitet att de bör undvikas som ballast för vägändamål (klass 3).

Granitoiderna visar den trend man kan förvänta sig. Enstaka granodioriter och tonaliter uppfyller

kraven för bergkvalitetsklass 1. Tonaliter har lägre LA-värden, men uppvisar också en stor spridning. Tre prover är av något sämre kvalitet och kommer att undersökas närmare. Syeno- till monzograniter har generellt relativt goda värden. De flesta har förlorat <10 % (kulkvarnsvärde) av provmaterialet efter siktning. Anledningen till de goda resultaten är troligen att de provtagna subvulkaniterna i området här räknas som finkorniga graniter. Andra orsaker är den omkristallisering av berggrunden som har skett regionalt i projektområdet och som tydligt framgår i slip. Omkristalliserade kvartskorn förefaller ställvis ha fått en nybildning av finkornig kvarts. Nybildad kvarts kan ha genererats genom diffusion i bergarten. Kvartskornen har dessutom ofta pusslade kornfogar, vilka samverkar och ”låser fast” övriga mineral. Dessa faktorer bidrar troligen till att ge bergarten dess höga hållfasthet.

De dioriter och gabbror som har analyserats skiljer sig tydligt åt beträffande hållfasthetsegenskaper. De grönsvarta, medelkorniga, ultramafiska till mafiska djupbergarter, som uppträder i kartområdet 12G Avesta, har betydligt sämre egenskaper än de generellt fin- till medelkorniga kvartsdioriter och kvartsmonzoniter som förekommer i trakten av Falun–Borlänge.

Amfiboliterna i området räknas in i diorit- till gabbrosviten och uppvisar relativt goda till medelgoda resultat (kulkvarnsvärde 10–13 %).

Två diabaser är provtagna: en Åsbydiabas samt en mycket finkornig, hålrumsfylld diabas från området söder om Borlänge. Båda proverna visar på låg sprödhet och relativt lågt kulkvarnsvärde, vilket antyder att bergarterna med gott resultat kan användas som ballast för de flesta järnvägs- och vägändamål.

Revidering i delar av Falunområdet 2004

I huvudsak kan nämnas att de vulkaniska områdena i den reviderade kartbilden utgörs av finkorniga ryoliter och daciter. Omtolkningar av flera områden med ”fint medelkornig vulkanit” har gjorts. Större förändringar i kartbilden beskrivs nedan.

Ett större område strax sydväst om Leksand, tidigare karterat som vulkanit (Kresten 1987d) har vid revideringen bedömts bestå av fint medelkornig, massformig till svagt folierad yngre granit. Området är inte helt klarlagt, då även äldre, folierade bergarter förekommer, dock dominerar yngre granit i området.

Ett bälte av vulkaniter strax norr om Kuså gruva (Kresten 1987a), har likaledes reviderats till strökornsförande, fint medelkorniga, svagt folierade äldre granitoider. Detta område reviderades även i projekt Bergslagen (Stephens m.fl. 2000).

Nordost om Falun påträffades pegmatitgranit i stora volymer, som på kartan (Kresten 1987a) är markerade som omvandlade sedimentära bergarter.

Norr om sjön Gimmen, väster om Borlänge, har bergarterna i ett mindre område omtolkats från vulkaniter till äldre, stängliga granitoider.

Vissa bergarter har också omtolkats till subvulkaniska, ytnära intrusioner med granitisk, jämnkornig textur (t.ex. söder om Falun).

Geofysik

Sammanlagt ägnades 9 veckor åt geofysiskt fältarbete (3 för geofysiker och 6 för extrapersonal). Totalt har det under de två fältsäsongerna 2003 och 2004 utförts 690 gammastrålningsmätningar fördelade på 265 lokaler (fig. 16). Bland dessa finns 95 provtagningslokaler för bergkvalitet. På de flesta mätlokaler har också prover för bestämning av petrofysiska egenskaper samlats in (fig. 15). Totalt omfattar leveransen till petrofysikdatabasen 239 prover. Omkring 35 prover hade inte hunnit analyseras vid tiden för manusstopp.

Förutom uppföljning av provtagningslokalerna för bergkvalitet med gammastrålningsanalyser och bestämning av petrofysiska egenskaper, ägnades en del tid åt de geologiska frågeställningarna. Exempel på sådana är utbredningen av mafiska bergarter i gränsområdet mellan de östra och västra delarna av kartområdet 12G Avesta, de felsiska vulkaniternas kontaktförhållanden mot tidigorogena granitoider.

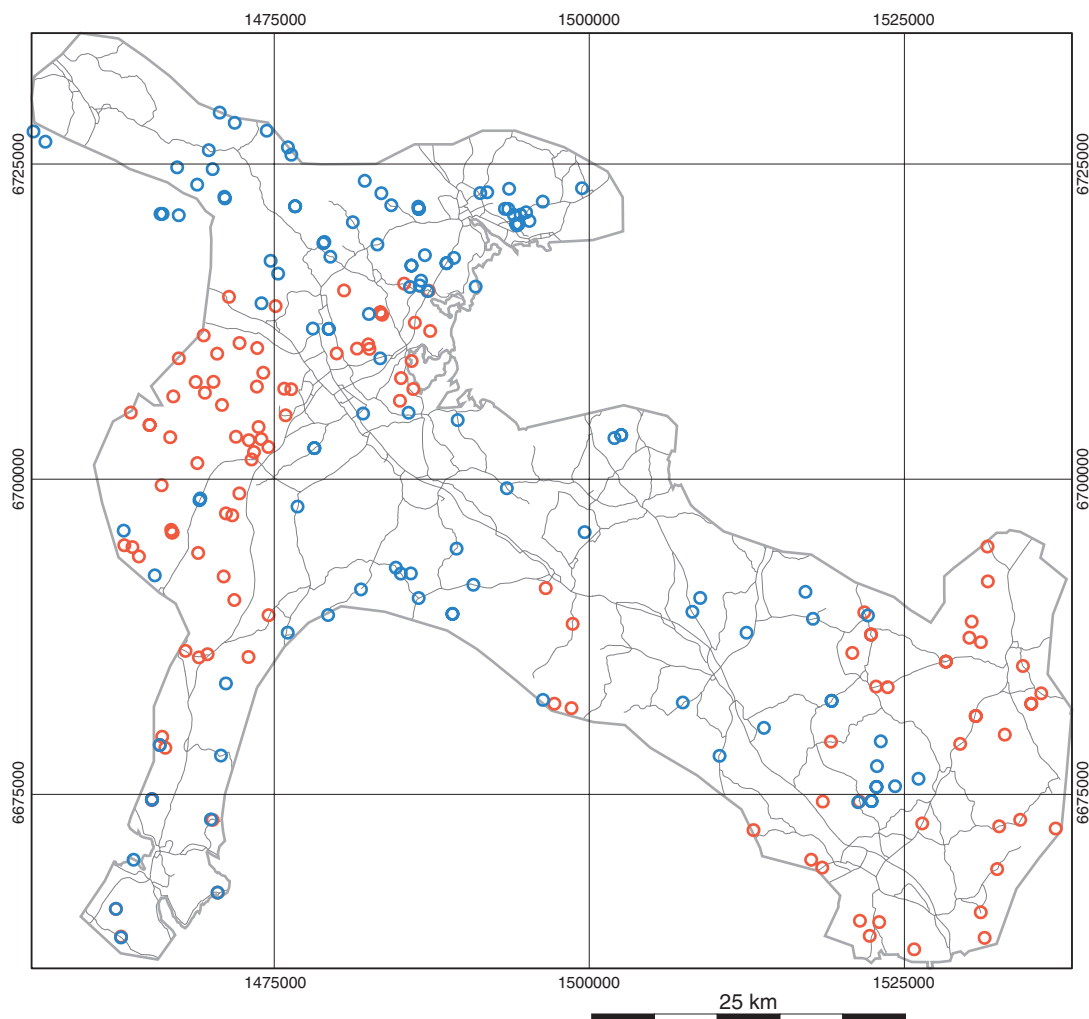


Fig. 15. Provtagningspunkter för petrofysik. Röda cirklar 2003, blå cirklar 2004.

der samt tveksamma övergångar mellan vulkaniter och graniter. En mer ingående bearbetning av det insamlade materialet kommer att ske under våren 2005.

Flygmätta höga strålningsvärden, dvs. gammaindex >1 , är inte vanligt förekommande i området. Lokala extremvärden kan man finna i små kroppar av yngre granit, t.ex på Bispbergs klack eller söder om och vid Risshyttjesjöarna. För övrigt är det GSDG-graniterna i kartområdena 13F SO och SV som dominerar med hänsyn till strålningsegenskaper. Gammaindex ligger där över 1, och radiumindex har vid markmätningar visat sig ligga mellan 1 och 2,5 (fig. 16).

KOMMANDE ARBETEN 2005

- Avslutande revidering i kartområdet 13F Falun samt framställning av en reviderad berggrundskarta.
- Kompletterande geofysiska insatser, där det anses mest värdefullt.
- Provtagning av ca 35 berggrundsprover à ca 70 kg för teknisk och okulär utvärdering.
- Provtagning av 40 berggrundsprover för kemisk analys, för bestämning av bergarter.
- Framställning av en bergkvalitetskarta.

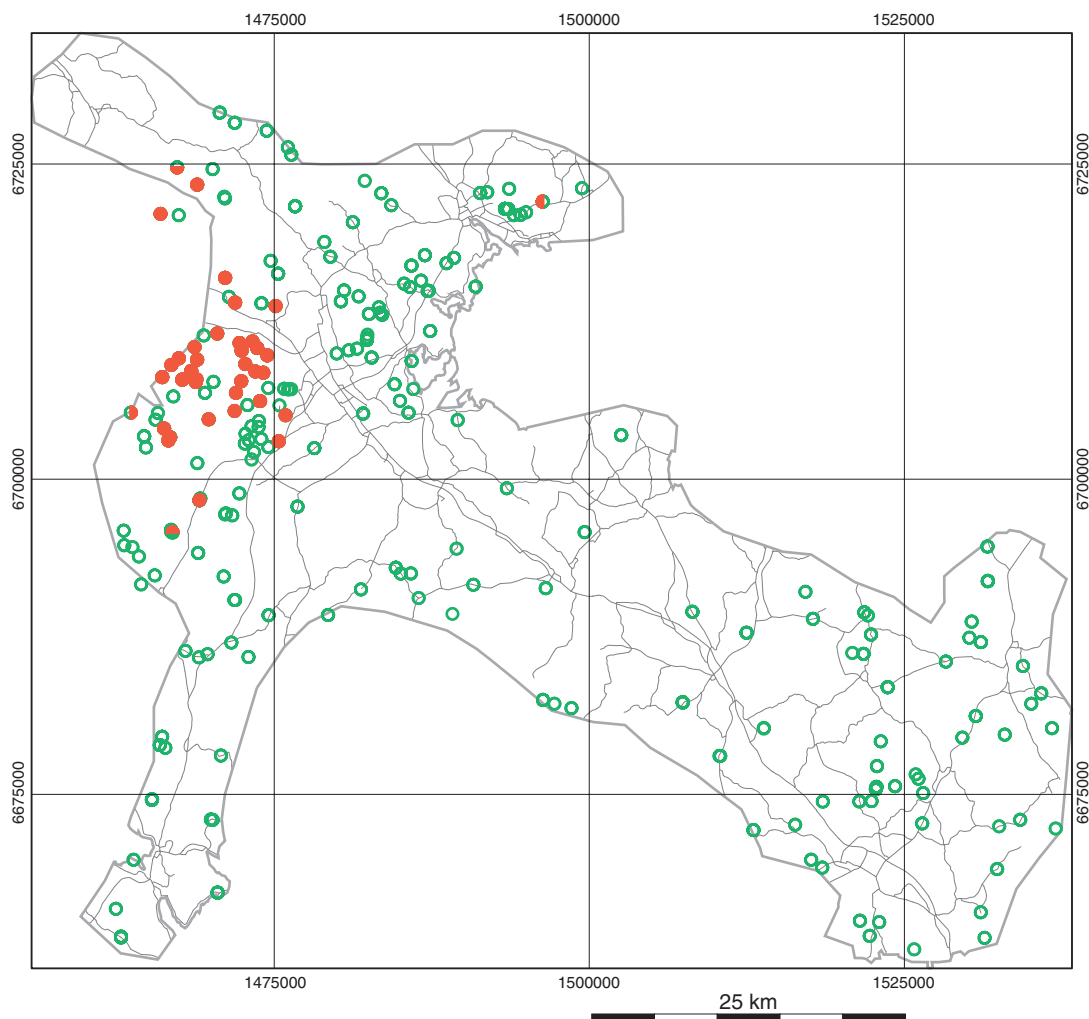


Fig. 16. Gammastrålningsmätningar. Röda prickar markerar radiumindex >1 (=gränsvärde för ballastmaterial till betong). Gröna ringar = radiumindex <1.

REFERENSER

- 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.
- Bergman, S., Delin, H., Karis, L., Kübler, L., Ripa, M. & Söderman., J. 2001: Projekt Svealand. I H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2001. *Sveriges geologiska undersökning Rapporten och meddelanden 110*, 10–38.
- Bergman, S., Delin, H., Kübler, L., Ripa, M., Söderman., J. 2002: Projekt Svealand. I H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2002. *Sveriges geologiska undersökning Rapporten och meddelanden 112*, 10–27.
- Bromley-Challenor, M.D., 1988: The Falun Supracrustal Belt. Part 1: primary geochemical characteristics of proterozoic metavolcanics and granites. *Geologie en mijnbouw* 67, 239–253.
- Döse, M. & Kübler, L., 2003: Dalarna, bergkvalitet. I H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2003. *Sveriges geologiska undersökning Rapporten och meddelanden 116*, 105–113.
- European Standard 1998: EN 1097-2. Tests for mechanical and physical properties of aggregates – Part 2: Methods for the determination of resistance to fragmentation. *European Committee for Standardization*, 18 s.

- FAS-metod 259-02: Bestämning av kulkvarnsvärde. *Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige*.
- Hjelmqvist, S., 1966: Beskrivning till berggrundskarta över Kopparbergs län. *Sveriges geologiska undersökning Ca 40*, 217 s.
- Kresten, P., Koark, H., Laufeld, S., & Sandwall, J., 1986: Falu gruvas geologi. *Sveriges geologiska undersökning*, 28 s.
- Kresten, P., 1987a: Berggrundskartan 13F Falun SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 18*.
- Kresten, P., 1987b: Berggrundskartan 13F Falun SV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 17*.
- Kresten, P., 1987c: Berggrundskartan 13F Falun NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 16*.
- Kresten, P., 1987d: Berggrundskartan 13F Falun NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 15*.
- Lundström I., Persson, P.-O. & Ahl, M., 2002: Ages of post-tectonic dyke porphyries and breccias in Bergslagen, in south-central Sweden. *I S. Bergman (red.): Radiometric dating results 5. Sveriges geologiska undersökning C 834*, 43–49.
- Patchett P.J., 1978: Rb/Sr ages of Precambrian dolerites and syenites in southern and central Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C 747*, 1–63.
- Stephens, M.B, Ahl, M., Bergman, T., Lundström, I., Ripa, M., Wahlgren, C.H. & Persson, L., 2000: Syntes av berggrundsgeologisk och geofysisk information, Bergslagen och omgivande områden. *I H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2000. Sveriges geologiska undersökning Rapport och meddelanden 105*, 63–74.
- Svensk Standard, 1997: SS-EN 1097-1: Ballast - Mekaniska och fysikaliska egenskaper - Del 1: Bestämning av nötningsmotstånd (micro-Deval). *Standardiseringen i Sverige*. 11 s.
- Vägverket 2004: Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktion ATB VÄG 2004 *Publ 2004:111*, 541 s.

E-post: magnus.dose@sgu.se lutz.kubler@sgu.se

REGIONALA KARTOR 1:250 000

Småland

Nils-Gunnar Wik, Ulf Bergström, Dick Claeson, Niklas Juhojuntti, Leif Kero, Lena Lundqvist och Sam Sukotjo

INLEDNING

Projekt ”Småland, regionalt berg” omfattar sammanställning av äldre material samt insamling av ny berggrundsgeologisk och geofysisk information. En översiktlig, regional databas skapas med presentationsskalan 1:250 000. Projektet omfattar Kalmar, Jönköpings och Kronobergs län samt de södra delarna av Östergötlands län. Arbetena påbörjades 2000 och planerade länskartor med beskrivningar färdigställs i följande ordning: Kalmar, Jönköpings och Kronobergs län. Projektet beräknas vara avslutat 2006 (fig. 1). Berggrundskartan över Kalmar län med tillhörande beskrivning är publicerad medan motsvarande material över Jönköpings län levereras under våren 2005. Projektet finns tidigare presenterat i Wik m.fl. (2001), Bergström m.fl. (2002), Wik m.fl. (2003, 2004).

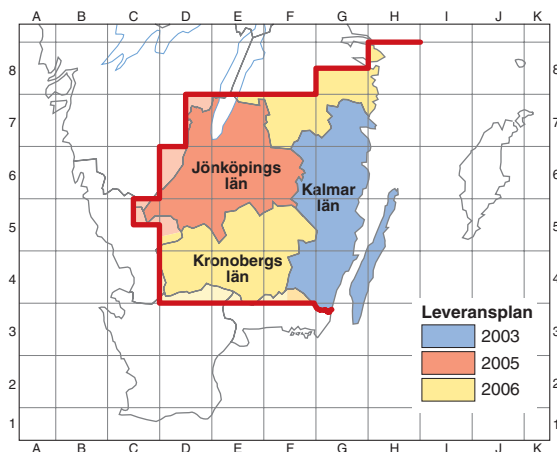


Fig. 1. Kartteringsplan.

punkter för besök väljs med utgångspunkt från äldre kartmaterial, tillgängligt vägnät, blottningsgrad samt geologisk komplexitet, vilket medför att antalet besökta hållar i respektive kartområde varierar.

Det geofysiska underlagsmaterialet utgörs i första hand av data från flygmätningar av magnetfält och gammastrålning. Flyghöjden är normalt 60 m vid den nyare typen av mätning, och för tidigare mätningar användes en flyghöjd av 30 m. Elektromagnetisk flygmätning (VLF-mätning) har gjorts över hela undersökningsområdet. För delar av området finns endast äldre mätningar, där bara en sändare har använts. Detta medför att endast anomalier med vissa riktningar framträder. Det genom flygmätningar framtagna grundmaterialet kompletteras med fältinsatser, varvid mätningar och provtagning utförs.

I det följande presenteras en kortfattad redogörelse för berggrunden inom varje kartområde och därpå följer en avslutande del som behandlar resultaten av de geofysiska flygmätningarna och de uppföljningsarbeten som gjorts i fält. Sammanställningen är gjord av Nils-Gunnar Wik på grundval av rapporter från projektmedlemmarna.

Under 2004 har följande personer deltagit i arbetet: Projektledare Nils-Gunnar Wik, geologerna Jenny Andersson, Ulf Bergström, Dick Claeson, Lena Lundqvist, Charlotte Möller, Sam Sukotjo, Hugo Wikman, extrageologen Magnus Ekdahl samt geofysikerna Niklas Juhojuntti och Leif Kero.

Det geologiska bakgrundsmaterialet omfattar äldre geologiskt kartmaterial samt övrig dokumentation framtagen vid Sveriges geologiska undersökning. Även forskningsarbeten och rapporter från ett flertal universitet beaktas. Inom projektet kompletteras och revideras befintlig information, och analyser av representativa bergartsprover utförs med avseende på mineralogi och kemi. Ett fåtal prover av viktiga bergarter väljs för åldersbestämning. Observations-

GEOLOGISKA ARBETEN 2004

Under året har geologiska karteringsinsatser genomförts i kartområdena, 4D Markaryd NO (Ulf Bergström), 4E Tingsryd SV, SO, NV (Dick Claeson) och NO (Sam Sukotjo), 4F Lessebo SV, NV (Sam Sukotjo), 5C Ullared NO (Jenny Andersson, Charlotte Möller), 5D Värnamo SO (Lena Lundqvist, Magnus Ekdahl) och NO (Jenny Andersson, Charlotte Möller, Magnus Ekdahl). Därutöver har en viss revision utförts på 5E Växjö SV, SO (Hugo Wikman).

5C Ullared NO och 5D Värnamo NV och SO

Lena Lundqvist

Avsnittet nedan utgör en preliminär kortfattad sammanfattning av de slutsatser som kan dras för området väster om Protoginzonen, grundat på resultaten från projektet. Sammanställningen har, utöver ovan angivna kartområden, även beaktat tidigare års karteringsresultat från kartområdena 6D Gislaved SV, SO, NV, NO och 7D Ulricehamn NO.

De västra delarna av Jönköpings och Kronobergs län domineras av bergarter som har en helt annan struktur och ett helt annat utseende än de som finns längre österut. Framför allt kännetecknas bergarterna av en mycket kraftig deformation och höggradig metamorfos. De ursprungliga bergarterna har till stor del omvandlats till gnejsbergarter och ådergnejser av olika slag, och isoklinala veck dominerar bland strukturerna.

Själva gränsen mellan de östra och västra delarna kallas Protoginzonen. Den och området närmast väster därom består av deformerade granitbergarter som sannolikt tillhör det transskandinaviska magmatiska bältet (TMB). I stort sett nord-sydligt orienterade metabasitkroppar med olika sammansättning, metamorfosgrad och ålder förekommer också inom detta område. De rikligt förekommande basiska bergarterna är generellt helt eller delvis omvandlade till amfibolit. I området finns dessutom gångar av hyperitdiabas, som även de är omvandlade.

De nordvästligaste delarna av Jönköpings län väster om sjön Vättern består huvudsakligen av bergarter tillhörande TMB. I området finns även de så kallade Habovulkaniterna (fig. 2a och b), vilka antas tillhöra en yngre generation vulkaniter jämfört med de österut, i Kalmar län.

Gränsen mellan TMB-graniterna och ådergnejserna i detta område är ojämn och följer i väster ungefär Nissans dalgång. Det finns dock stora områden med ådergnejser som omges av TMB-graniterna.

I de västligaste delarna av Jönköpings län, grovt sett väster om Nissans dalgång (bl.a. den västra delen av 5D Värnamo NO, 6D Gislaved SV och NV), har bergarterna metamorfoserats vid mycket höga temperaturer och tryck, i övre amfibolitfacies till högtrycksgranulitfacies. Området domineras

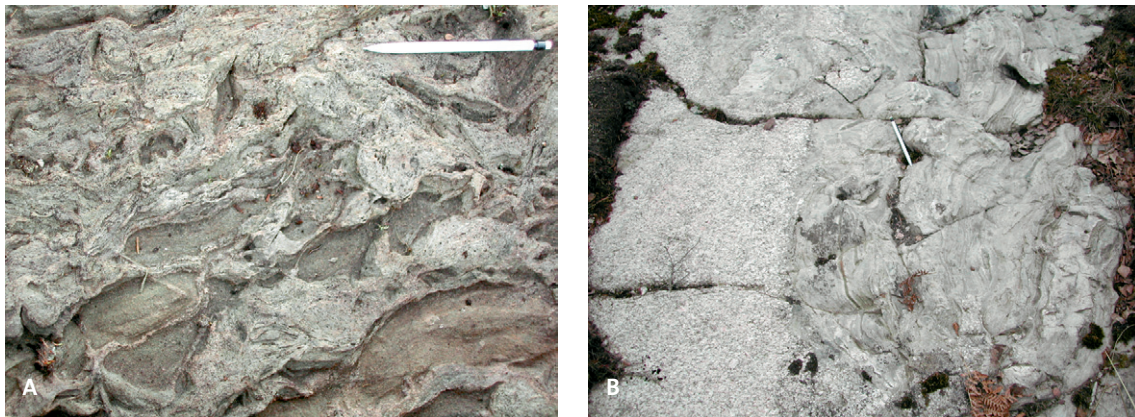


Fig. 2. Fotografier av bergarter i den nordvästra delen av Jönköpings län. **A.** Habovulkanit, daciditisk till andesitisk sammansättning. **B.** Kontakten mellan Habovulkaniten och en granit av TMB-typ.

av ådrade, finkorniga till fint medelkorniga granitoida gnejser av huvudsakligen granodioritisk sammansättning med led av granitisk och tonalitisk sammansättning. I ådergnejserna uppträder, ställvis relativt omfattande, inlagringar av granatamfibolit och mafiska granuliter. I områden med mer omfattande inslag av metamafiska bergarter finns det även relativt gott om leukokratiska graniter av så kallad Mårdaklevstyp. Vidare är det relativt vanligt med kraftigt stängliga linser och veckade, km-breda band av delvis ådrade "gnejsgraniter" med relik grovkornig till grovt medelkornig textur, ställvis även relik ögontextur.

I de sydvästra delarna av Jönköpings län förekommer även linser av grovkorniga syenitoider (granitisk till kvartsmonzonitisk sammansättning), ursprungligen med strökorn av ortoklas. Dessa ögonsyenitoider bedöms vara av samma typ (s.k. Tjärnesjö-Torpatyp) som ca 1 400 miljoner år gamla, granitiska till kvartsmonzonitiska och monzonitiska, delvis charnockitiserade metaintrusivbergarter tidigare beskrivna från Hallands och Västra Götalands län.

Gränsszonen, Protoginzonen

Protoginzonen har intruderats av syenitbergarter vilka kan sägas vara specifika och utmärkande för densamma. Syeniten och med den närbesläktade bergarter är mestadels medelkorniga och innehåller mafiska mineral, men leukokratiska partier förekommer ställvis. Variationer i kornstorlek förekommer, från grovkorniga till finkorniga varieteter. Här och var förekommer mer basiska blandbergarter som delvis är ögonförande. Vaggerydsintrusionens bergarter har en ålder på ca 1 220 miljoner år (Ask 1996, Jarl 2002).

Längs Protoginzonen förekommer även minst två generationer av svart hyperitdiabas i brantstående gångar med nord-sydlig riktning. Bergartens mycket mörka färg beror på Fe-Ti-pigmentering av plagioklas och pyroxen. Den svarta färgen och möjligheten att få ut stora block har medfört att bergarten brutits av stenindustrin under namnet "svart granit" till i första hand monumentsten.

Strukturgeologi

Under svekonorvegisk tid, för ca 1 000–900 miljoner år sedan, drabbades berggrunden i västra delen av Jönköpings län av kraftig plastisk deformation och omvandling i amfibolit- och granulitfaciesintervallen. Bergarterna är förgnejsade, isoklinalveckade och därefter plastiskt veckade i storskaliga syn- och antiformer. Dessa storskaliga veckstrukturer, med flacka veckaxlar orienterade i ost-västlig till nordvästlig riktning, dominerar den regionala kartbilden. Vecken är uppräta eller överstjälpta åt söder. Spröda, storskaliga, nordnordostligt strykande förkastningar skär de ost-västliga plastiska strukturerna och har verkat genom förskjutningar i vertikalled (västra blocken upp).

Protoginzonens strukturer framträder markant som ett 25 km brett bälte på den magnetiska anomalikartan. Deformationsstrukturerna är i huvudsak nord-sydliga, vertikala och uppträder i distinkta zoner som varierar i bredd från km- till dm-skala. Sträckningslineationerna är i regel mycket brantstående. Inom Protoginzonen ökar den metamorfa graden från grönskifferfacies i öster till amfibolitfacies i den västra delen och åtföljs av successivt mer penetrativa deformationsstrukturer och en ökad omkristallisation.

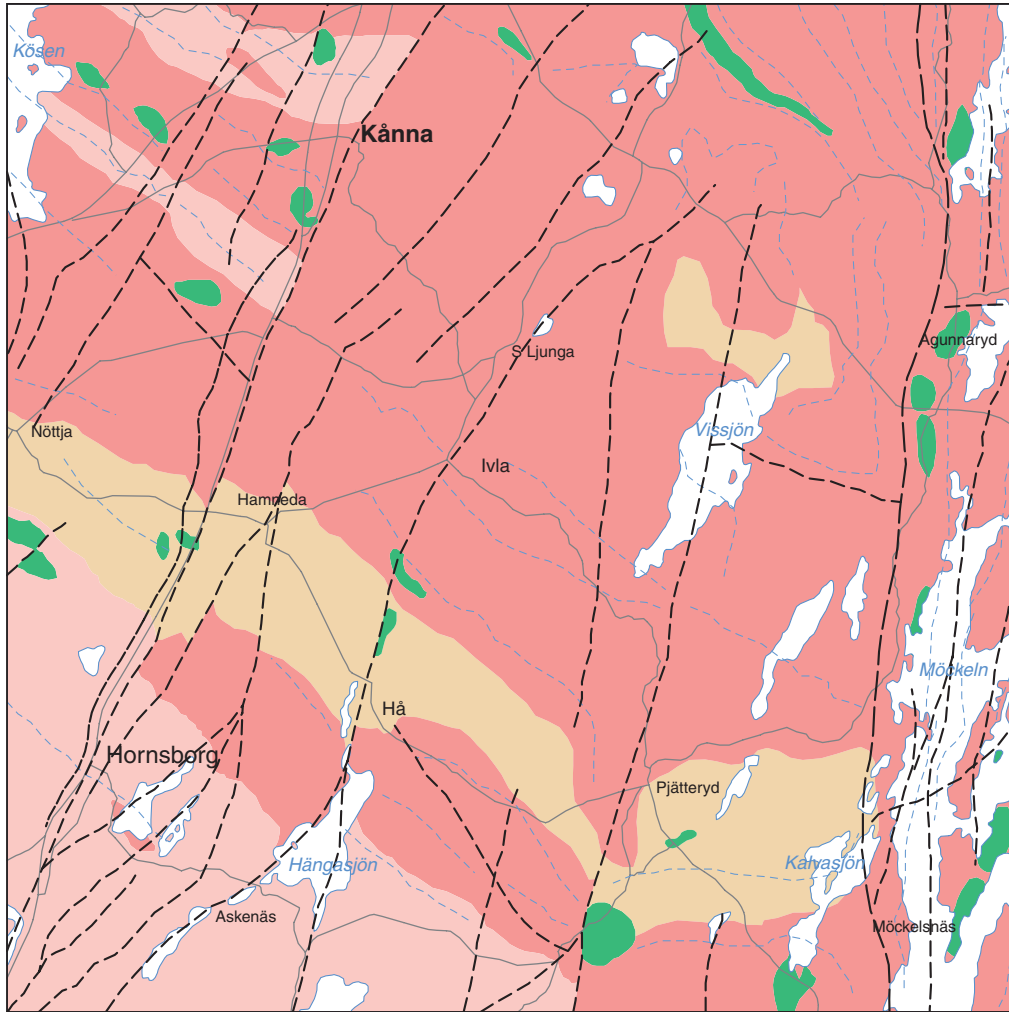
4D Markaryd NO

Ulf Bergström, geologi

Leif Kero, geofysik

Kartområdet 4D Markaryd NO är beläget mellan Ljungby och Älmhult, längs Lagans dalgång i västra delen av Kronobergs län. Området är mycket dåligt blottat och häll databasen omfattar endast ca 70 poster, vilket i stort sett omfattar de hållar som finns.

Berggrunden i kartområdet (fig. 3) motsvarar övergången mellan de olika högmetamorfa bergarter som finns i Sydvästsverige, det "Östra segmentet" i väster och bergarter inom det transskandinaviska



- Förkastningar
 - - - Strukturella formlinjer och magnetiska konnexioner
 - Amfiboliter, granatförande (hyperiter i öster)
- Bergarter till hörande Transskandinaviska Magmatiska Bältet (TMB)**
- Granit, röd-gråröd fint medelkornig till medelkornig, gnejsig
 - Monzogranit-kvartsmonzodiorit, gnejsig, grå-rödgrå, porfyrisk
- Bergarter tillhörande Östra Segmentet**
- Granodioritisk-granitisk ådergnejs, grå-rödgrå

Fig. 3. Översiktlig berggrundskarta över 4D Markaryd NO.

magmatiska bältet (TMB) i den östra delen. Kartbilden kompliceras av det breda bälte av förkastningstektonik, den så kallade Protoginzonen, som överpräglar TMB-bergarterna i nord-sydlig riktning långt ut i den östra kanten av området.

På grund av den dåliga blottningsgraden är den flygmätta magnetiska kartan helt nödvändig för att kunna studera kartområdets översiktliga strukturella drag. De östligaste delarna visar nord-sydliga strukturer med ett antal kraftiga magnetiska, både positiva och negativa anomalier. Det magnetiska mönstret anses motsvara Protoginzonen, och åtminstone en del av anomalorsakerna är mafiska intrusioner, de så kallade hyperiterna. De har tidigare provtagits av Bylund m.fl. (1992) som visade att

de har en remanent magnetisering med svekonorvegisk riktning, dvs. brant uppåtriktad mot väster. Det innebär att magnetiseringen härrör från en tid för ca 950–930 miljoner år sedan. Den remanenta riktningen genererar de kraftiga magnetiska minima som är så dominerande.

I huvuddelen av kartområdet finns västnordvästligt riktade magnetiska trender som motsvarar den generella strukturriktningen i de olika granitoida gnejser som finns där. Det finns en generell förhöjning av den magnetiska nivån i det sydvästra hörnet av området, och den motsvarar grå, ojämnkorniga till porfyrisk, gnejsiga monzograniter. Resten av kartområdet domineras av gråröda till röda, fint medelkorniga och jämnkorniga graniter. Små kroppar av vanligen granatförande, mafiska intrusioner finns i hela området, men de har ingen tydlig magnetisk signatur. Ett antal större tektoniska zoner (lineament, förkastningar) genomkorsar berggrunden i nordnordostlig riktning och syns i terrängen som dalgångar.

I stora delar av kartområdet dominerar en ljus grå, fint medelkornig, omkristalliserad och folierad granit som normalt saknar ådring. I delar av granitområdena förekommer en granit (med liknande sammansättning) med grövre kornstorlek som bedöms vara mer relik, medan den mer fin-korniga texturen tolkas som ett omkristallisationsfenomen. Bergarten tolkas som motsvarande den så kallade Hagshultsgraniten som förekommer längre norrut, dvs. en TMB 2–3-granit (ca 1 660–1 710 milj. år) som uppvisar motsvarande texturrella egenskaper. Kaliumhalterna är relativt höga, medan både uran- och toriumvärdena är låga. Vid stenbrottet i närheten av Kånna finns röda granitoider, grå gnejs och en granatförande basisk bergart. En stor del av brottet består av en folierad röd granit som innehåller 2,8 % K, 3 ppm U och 18 ppm Th vilket ger ett gammaindex på 0,8. Susceptibiliteten är låg och varierar mellan 15 och 110×10^{-5} SI-enheter, vilket är i nivå med vad de flygburna magnetiska mätningarna visar.

I kartområdets sydvästra delar dominerar en mer rödgrå, monzogranitisk bergart som vanligen har porfyrisk textur. Den är rödgrå, medelkornig med ca 1–2 cm stora mikroklinögon. På enstaka ställen förekommer mafiska enklaver. Bergarten är i allmänhet mer magnetisk (högre susceptibilitet) och skiljer sig i det regionala magnetiska mönstret från ovan nämnda röda, jämnkorniga graniter.

Mindre områden med mer svårbestämbara, ospecificerade ådergnejser med granitisk till granodioritisk sammansättning finns på några ställen, bland annat vid Galgbacken (E4, stort stenbrott). Dessa gnejser är rödgrå till grå, ådrade och veckade. De tolkas som tektoniska linser av "Östra segmentets" gnejser. Kaliumhalterna är höga i båda gnejserna, 4,3 % för den grå och 4,9–5,3 % för den röda, medan granatamfiboliten har värden som ligger mellan 1,4 och 1,9 %. Medelvärdena för uran i den röda och grå gnejsen vid stenbrottet är 0,6 respektive 1,2 ppm, medan motsvarande toriumvärden är 10,5 respektive 12,8 ppm. För granatamfiboliten är medelvärdena 2,6 ppm U och 5,9 ppm Th. Om dessa halter omräknas till gammaindex, erhålls ett värde på 0,84 för den röda gnejsen, 0,68 för den grå gnejsen och medelvärdet 0,40 för granatamfiboliten.

Relativt små kroppar av amfibolit förekommer i stort antal i både TMB 2 och "Östra segmentets" gnejser. De mest välbevarade av amfiboliterna är mörkt grå till svarta, relativt homogena och massformiga, fint medelkorniga och rikligt granatförande. De som är starkare deformerade är mörkt grå, medelkorniga, sliriga och ådrade och innehåller ännu fler granater. Homogen amfibolit finns i kärnan av bergartskropparna, medan grövre, mer sliriga typer uppträder längs kontakterna mot omgivande bergarter. Granatamfiboliterna innehåller vanligen mellan 1,5 och 2 % kalium, och uranhalterna är till och med högre än för omgivande gnejser (2–3 ppm). Toriumhalterna är dock genomgående låga, vilket totalt sett gör att gammaindex är lågt. Längst i öster, i det mycket hållfattiga område som kan definieras som Protoginzonen på den magnetiska anomalikartan, uppträder mafiska intrusioner av hyperittyp, bland annat vid Taxås. Hyperiterna är välbevarade, grovt medelkorniga, massformiga och innehåller mörk, zonerad plagioklas, pyroxener samt mycket magnetit, vilket manifesteras av en hög susceptibilitet. Principiellt kan granatamfiboliterna och hyperiterna vara av samma ursprung.

De allra flesta bergarterna i området 4D Markaryd NO har en kraftig foliation, som sammanfaller med de dominerande magnetiska konnexionerna som har en nordvästlig riktning. Foliationens stupning är i allmänhet flack, men är brantare ställvis. Den varierar åt både sydväst och nordost, men nordliga stupningar är vanligast. I kartområdets östligaste delar har den befintliga, nordvästliga foliationen länkats in i den nord-sydligt strykande Protoginzonen.

I de gnejsbergarter som bedöms tillhöra det "Östra segmentet" finns veckade ådror, och uppmätta halvflackt stupande veckaxlar pekar mot öster eller nordost.

Nordnordostligt strykande förkastningar uppträder i stort antal med ett genomsnittligt mellanrum på ca 3 km. De stryker in i Protoginzonen, men man kan inte se att de överpräglar deformationen i denna.

4E Tingsryd SV och NV

Dick Claeson

Berggrunden i det aktuella kartområdet är oftast mycket dåligt blottad. Till största delen är bergarterna kraftigt deformerade och ställvis ådrade (fig. 4a). På den provisoriska översiktliga berggrundskartan (PÖB) Karlskrona (Kornfält & Bergström 1991) är de betecknade som gnejs, men tolkas nu som till största delen deformerade bergarter tillhörande TMB (fig. 4b och c). Deformationen i detta område är Protoginzonsrelaterad. Även där PÖB-kartan anger en relativt odeformerad Smålandsgranit är deformationen kraftig (fig. 4d och e).

I områden markerade som gnejsgranit (äldre) i gnejserna på PÖB-kartan finns ställvis en ost–västligt strykande foliation som böjer in i den för övrigt dominerande nord–sydliga riktningen. Där finns exempel på två generationer av pegmatit, varav den äldre är inböjd, nästan boudinerad och den yngre klipper allt (fig. 4f).

I Protoginzonen finns flera hyperitdiabaser som generellt stryker i nordnordostlig riktning. De flesta, även grovkorniga varianter, har brutits under någon tid för tillverkning av ornamentsten (fig. 5a och b).

Ett mindre antal intrusioner av syenit till kvartssyenit, troligen av samma generation som Vagge-rydssyeniten, återfinns i området 4E NV. I samma område finns även en intrusion av syenogranit eller alkalifältspatgranit som på PÖB-kartan är markerad som odeformerad Smålandsgranit i Protoginzonen. Denna granit omtolkas till att vara samtida med syenit till kvartssyeniterna. Den är svagt deformerad och band/partier av syenit till kvartssyenit uppträder i graniten (fig. 5c och d). Syenit till kvartssyeniterna intruderar till största delen i folierade granitoider som troligen är TMB-bergarter (fig. 5e).

4E Tingsryd SO

Dick Claeson

I kartområdet 4E SO varierar blottningsgraden från låg till mycket hög. Berggrunden domineras av deformerade och odeformerade vulkaniter, granitoider och gabbroider som tillhör TMB. Vulkaniterna är mestadels ryolitiska och har i allmänhet strökorn av kvarts och fältspat. Underordnat förekommer dacitisk vulkanit med strökorn av plagioklas. I ett stråk från Hönshyltefjorden till Arasjön förekommer subvulkaniska granitporfyryr med 2–7 mm stora strökorn av kvarts och fältspat, strökornshalter upp till 35 % och en mycket finkornig till finkornig mellanmassa. Granitporfyrstråket sammanfaller mer eller mindre med den sydliga gränsen för vulkanitstråket, vars utbredning börjar vid sjön Åsnen och fortsätter mot söder.

TMB-granitoiderna utgörs av tonalit till granodiorit och av granit till kvartsmonzonit till monzonit. Alla är mer eller mindre jämnåldriga och inte som det tidigare antogs, att tonaliten till granodioriten (Tvingsgranit) var äldre än TMB p.g.a. den förstnämndas deformation. Båda bergartsgrupperna är delvis kraftigt deformerade (fig. 6a) men är i många fall odeformerade. Foliationen har generellt en ost–västlig riktning, och ställvis finns meterbreda plastiska skjuvzoner (fig. 6b). Båda bergartsgrupperna är enklavförande (fig. 6c och d).

En mörkt grå, medel- till grovkornig och massformig gabbro förekommer 2 km öster om Ryd. Den har en susceptibilitet på $8\,000\text{--}17\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter.



Fig. 4. Fotografier av bergarter i kartområdet 4E Tingsryd SV och NV. Koordinater i rikets nät. **A.** Gråröd till rödgrå, fin- till medelkornig ådrad, bandad, folierad och stänglig ortognejs. Foliationen och stängligheten varierar kraftigt (6299952/1412100). **B.** Ögonförande, folierad TMB-granit. Ögon av kalifältspat (6273972/1401868). **C.** Dacitisk TMB-metavulkanit som är kraftigt folierad, stänglig och ställvis veckad. I foliationsplanen och utmed stängligheten förekommer pegmatit och granit som gångar, vilka kan uppfattas som ådror eller gångar (6277311/1403536). **D.** Folierad, enklav- och ögonförande TMB-granit till granodiorit (6252389/1419091). **E.** Folierad, enklav- och ögonförande TMB-granit (6284293/1421534). Ögonen är utdragna i foliationsriktningen. **F.** Äldre pegmatit i starkt deformerad TMB-bergart (6279290/1419288).

I kartområdets nordöstra hörn finns några större intrusioner som markerats som graniter av Karlshamnstyp på PÖB-kartan. Resultaten från den föreliggande karteringen gör att intrusionerna omtolkas till Smålandsgraniter som ställvis intruderats av en ljus grå Spinkamålagranit (fig. 7a). Då den senare klippen en äldre foliation i huvudbergarten bedöms den vara en Smålandsgranitoid. Skulle så inte vara fallet har det skett en deformation i perioden mellan Karlshamnsganitens (1 450 milj. år) och Spinkamålagranitens (1 380 milj. år) bildande.



Fig. 5. Fotografier av bergarter i kartområdet 4E Tingsryd SO. Koordinater i rikets nät. **A.** Stenbrott i gång av hyperitdiabas (6258338/1410698). **B.** Närbild av svart, grovkornig hyperitdiabas (6287953/1403016). **C.** Syenogranit till alkalifältspatgranit (6289448/1411972). **D.** Kvantssyenit till syenit som gångar/partier i syenogranit till alkalifältspatgranit (6289448/1411972). **E.** Syenogranit till kvartssyenit som gångar i folierad TMB-granit (6290272/1413654).

I kartområdet finns utan tvekan satellitintrusioner av yngre granit av Karlshamnstyp som ställvis har xenoliter av folierad TMB-tonalit till granodiorit (fig. 7b). Dessa yngre graniter är generellt fattiga på strökorn, vilket inte är typiskt för granit av Karlshamnstyp (fig. 7c). Det finns dock även varianter där Karlshamnsgranitens karaktäristiska, rektangulära strökorn kan iaktas (fig. 7d). Gångar av pegmatit och applit som tillhör Karlshamnsgraniten förekommer också (fig. 7e).

4E Tingsryd NO och 4F Lessebo NV OCH SV

Sam Sukotjo

Karteringsområdet ligger i Kronobergs och Blekinge län och omfattar delar av Växjö, Lessebo, Emaboda, Ronneby och Tingsryds kommuner.

Områdets berggrund domineras av så kallade Smålandsintrusioner, som varierar i sammansättning



Fig. 6. Fotografier av TMB-bergarter i kartområdet 4E Tingsryd SO. Koordinater i rikets nät. **A.** Utvalda kalifältspatögon i stänglighetens riktning i en TMB-kvartsmonzonit till granit (6252069/1426530). **B.** Meterbred plastisk skjuvzon med nästan ost-västlig riktning (350/64) i TMB-kvartsmonzonit till granit. Stänglighet i 80/68 (6258695/1438916). **C.** Rundade enklaver av olika bergarter, bl.a. basit och intermediär vulkanit, i TMB-kvartsmonzonit till monzonit. Enklaverna är elongerade i foliationsriktningen (6272960/1430992). **D.** Rundade och kantiga enklaver av mafit (delvis gabbro) i TMB-tonalit till granodiorit (6258570/1449848).

från granit till diorit och gabbro. Underordnat förekommer också vulkaniska bergarter (Smålandsporfyrer). Samtliga bergarter tillhör det transskandinaviska magmatiska bältet (TMB) och täcker den största delen av berggrunden inom Smålandsprojektet. De intrusiva bergarterna i karteringsområdet domineras av Smålandsgranit som innefattar två huvudtyper, en gråröd till röd och en grå granitoid. Den röda typen utgörs huvudsakligen av granit, och de grå varianterna har sammansättningar som varierar från tonalit till granit. Hummel (1877) benämner dessa bergarter Växjögranit i beskrivningen till kartbladet Huseby.

Näst efter Smålandsintrusionerna upptar Karlshamnsgraniter en viktig andel av karteringsområdet, främst i kartområdet 4F Lessebo SV. Berggrunden i området intruderas också av flera generationer av diabasgångar.

Äldre geologiska kartor med beskrivningar som berör området finns i Blomberg (1900), Hedström & Wiman (1906) och Kornfält & Bergström (1991).

Kartbladsområdets berggrund är både litologiskt och strukturellt heterogen och kan grovt sett indelas i tre huvudtyper: 1. Smålandsintrusioner och Smålandsporfyrer, 2. Deformerade Smålandsintrusioner och Smålandsporfyrer inom Åsnenzonen och 3. Karlshamnsgranit (fig. 8). I stort sett odeformerade Smålandsintrusioner och Smålandsporfyrer dominerar. Deformerade bergarter av samma typ förekommer inom en ca 7–11 km bred sammanhängande deformationszon med nordvästlig riktning. Den kallas Åsnenzonen och sträcker sig från den sydvästra delen av kartområdet 4F Lessebo SV till västra delen av 4E Tingsryd NO. Karlshamnsgraniter förekommer huvudsakligen i de sydöstra delarna av kartbladet 4F Lessebo SV. Begränsningen av de olika litologiska huvudtyperna syns tydligt i det magnetiska anomalimönstret.



Fig. 7. Fotografier av yngre graniter i kartområdet 4E Tingsryd SO. Koordinater i rikets nät. **A.** Ljust grå Spinkmålagranit som klipper en äldre foliation i en ögonförande TMB-granit till kvartsmonzonit (6274725/1446153). **B.** Massformig granit av Karlshamnstyp med xenolit av folierad TMB-granodiorit (6250642/1444648). **C.** Granit av Karlshamnstyp med ett fåtal strökorn (6250702/1444712). **D.** Granit av Karlshamnstyp med 10–20 mm stora, euhedra, tabulära strökorn av kalifältspat (6252197/1444835). **E.** Granit av Karlshamnstyp med gångar av pegmatit och aplit (6250702/1444712).

Smålandsporfyrer och Smålandsintrusioner

Vulkaniska bergarter

Inom detta område utgörs de vulkaniska bergarterna huvudsakligen av ryoliter, vilka förekommer i begränsad omfattning i granitoiderna. De vulkaniska bergarterna är till stor del ljust grå, finkorniga med fältspat- eller kvartsströkorn och kallas allmänt för Smålandsporfyrer. De har genomgående en låg magnetisk susceptibilitet. Inom kartområdena 4F Lessebo NV och 4E Tingsryd NO förekommer de vulkaniska bergarterna i homogen, jämnkornig form. Vulkaniterna är förgrovade på en del ställen och varierar där i kornstorlek, från finkorniga till fint medelkorniga och jämnkorniga som t.ex norr om Klippan (4E 6f) och kring Mjölkenabben (4E 5g). Det är ställvis svårt att särskilja de vulkaniska bergarterna från fint medelkorniga graniter i området. De felsiska vulkaniterna påträffas även som spridda små partier. Inga uppåtstrukturer har observerats.

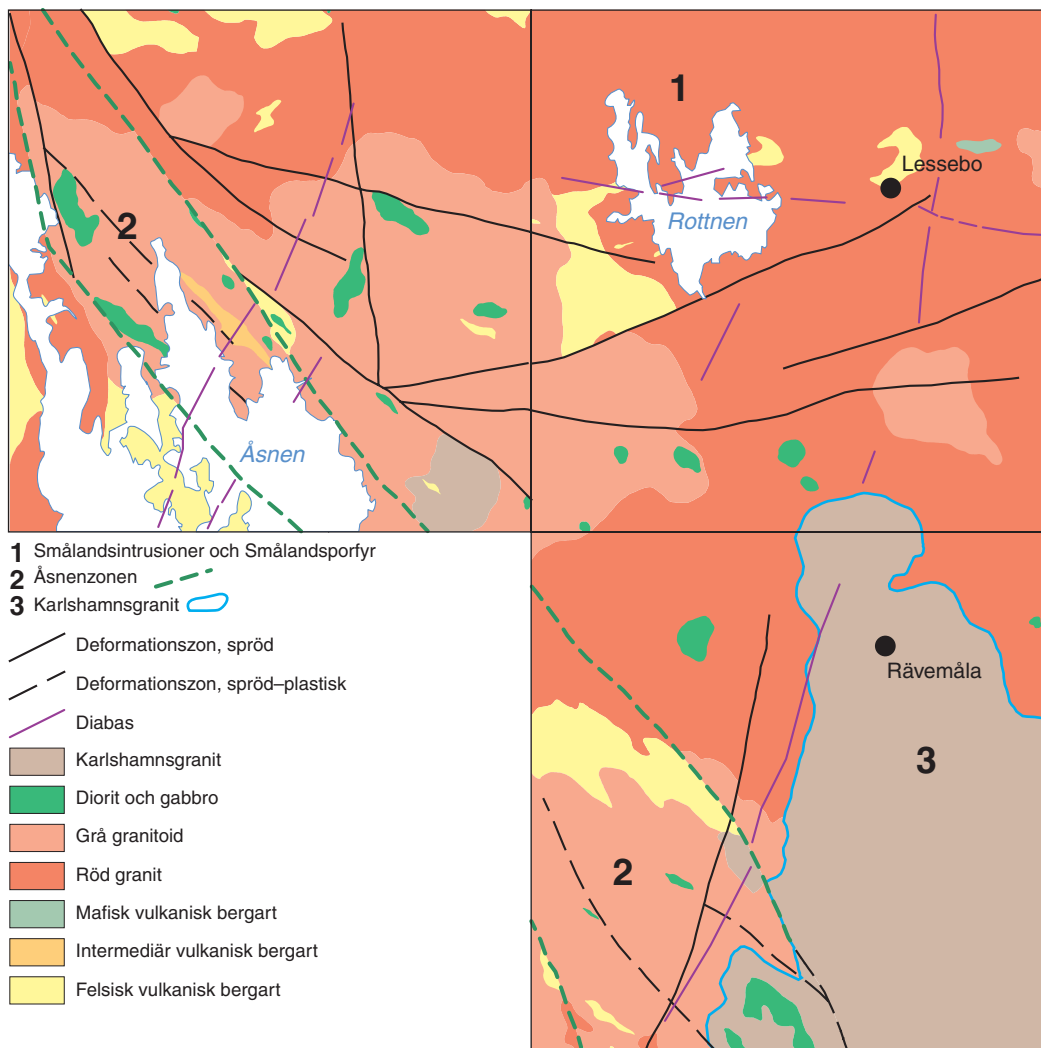


Fig. 8. Översiktlig berggrundskarta över 4F Lessebo SV, NV och 4E Tingsryd NO.

En mafisk vulkanisk bergart har påträffats vid sjön Leans norra strand (8 e) i området 4F Lessebo NV.

Smålandsgraniter

Smålandsintrusionerna domineras av Smålandsgraniter. Inom kartbladsområdet kan man urskilja två huvudtyper av Smålandsgraniterna, en gråröd till röd och en grå granitoid. Den röda typen förekommer i större omfattning i kartbladsområdet och utgörs huvudsakligen av graniter. De varierar i kornstorlek från medelkornig till medel- till grovkornig, och är homogena och massformiga. Norr om Lessebo har graniterna karakteristiska, glest fördelade små strökorn av kalifältspat. I den norra delen av kartområdena 4E Tingsryd NO och 4F Lessebo NV har graniterna relativt höga susceptibilitetsvärden.

De grå granitoiderna har tonalitisk till granitisk sammansättning och är i allmänhet medelkorniga, jämnkorniga och massformiga. Granitoiderna uppträder som ett par större intrusioner inom kartområdesområdet. Susceptibiliteten varierar starkt i de grå granitoiderna.

Basiska bergarter

Ett antal små kroppar av diorit och gabbro finns spridda inom karteringsområdet. Bergarterna varierar i kornstorlek från finkornig till fint medelkornig, och på flera ställen uppvisar de magmablandningsstruktur med de grå granitoiderna. De basiska kropparna har genomgående höga susceptibilitetsvärden och syns tydligt på den magnetiska kartan.

Åsnenzonen

Åsnenzonen omfattar en mindre del av karteringsområdet och är av en ca 7–11 km bred deformationszon med en sammanhängande utbredning, från den sydvästra delen av kartsområdet 4F Lessebo SV till västra delen av 4E Tingsryd NO. Zonen begränsas i öster av en mycket brant till vertikalt stående, plastisk deformationszon som sträcker sig från trakten söder om Klåvben (4F 0 c) mot Kalvsvik (4E 7 g) och via Törnåkra (4E 9 f) in i kartområdet 5E Växjö SO.

Berggrunden inom Åsnenzonen domineras av grå granitoider som litologiskt i stort sett liknar odeformerade ekvivalenter bland Smålandsintrusionerna. I zonen är bergarterna generellt penetrativt folierade och lokalt tektoniskt bandade. Zonen stryker nordvästligt och stupar generellt 80–90° mot nordost eller sydväst. I Åsnenzonen, vid Hultabränen (4E 6 h), ligger den enda förekomsten (en håll) med intermediär vulkanit som har observerats inom karteringsområdet. Hällen ligger i ett vulkaniskt bergartsstråk som syns som en bandad anomali på den magnetiska kartan och tolkas som en del av stråket.

De största basiska kropparna i Åsnenzonen förekommer inom ett ca 2 km långt och 0,5 km brett område. Bergarterna har genomgående höga susceptibilitetsvärden och syns tydligt på den magnetiska kartan.

Det högmagnetiska område som framträder på den magnetiska kartan kring Gunnerskulla (4F 0 b–c) motsvaras av granit på ytan, men anomalin bedöms vara orsakad av en underliggande dioritkropp som går i dagen i det angränsande kartområdet 3E Karlshamn NV.

Karlshamnsgranit

De yngsta graniterna inom kartbladsområdet utgörs huvudsakligen av Karlshamnsgranit. Den har en typisk röd till rödgrå, medel- till grovkornig grundmassa med stora fenokryster av kalifältspat. Sammansättningen varierar från kvartsmonzonitisk till granitisk och granodioritisk. Karlshamnsgraniten är i allmänhet massformig och uppträder främst i kartområdet 4F Lessebo SV. Granitens (Eringsbodagranit) ålder har bestämts till ca 1 450 miljoner år (U-Pb på zirkon, Åhäll 2001). Kring Fiskestadsjön (4E 5 j) uppträder graniten som små isolerade kroppar.

Vid Böket (1 b) och Råvemåla (3 d) på 4F Lessebo SV förekommer små kroppar av röd, fint medelkornig och massformig granit, vilka anses representera Spinkamålagranit. Båda är högstrålade med värden för kalium på 4,4 %, för uran ca 14 ppm och för torium mer än 40 ppm. Detta ger gammaindex som ligger över gränsvärdet 2. Bergarten är även tydligt lågmagnetisk i detta område, som för övrigt domineras av mer magnetiserade granittyper (TMB- och Karlshamnsgraniterna). En något större granitförekomst finns vid Gunnerskulla (se ovan). Den graniten har en relativ hög susceptibilitet och uppträder distinkt på den magnetiska kartan.

Diabas

Ett antal smala, långsträckta, positiva magnetiska anomalier med nordnordostlig till nord-sydlig och även ost-västlig riktning inom kartbladsområdet tolkas som diabasgångar. Några av de nordnordostligt till nord-sydligt strykande anomalierna, t.ex. väster om Dockemåla (4F 1 a), öster om Sandvik (4F 5 d) och norr om Linneryd (4F 6–7 b), har kunnat verifieras som diabaser vid karteringen. Diabasgångarna, vilka också kallas Blekingediabaser, är flera meter breda, har en gråsvart färg och är

finkorniga med ofitisk textur. De har en ålder av ca 950 miljoner år (U-Pb på baddeleyit, Söderlund m.fl. 2004). Nordväst om Ryadammen (4F 1 c) finns en kraftigt folierad och mylonitiserad diabas.

Förekomster av ost-västligt strykande diabasgångar har inte kunnat verifieras i håll inom kartbladsområdet.

Strukturgeologi

Smålandsintrusionerna har sina primära magmatiska texturer bevarade. Bergarterna inom Åsnen-zonen är däremot i övervägande grad penetrativt folierade och lokalt tektoniskt bandade. Deformationsstrukturerna inom zonen stryker i nordvästlig riktning och stupar mycket brant till vertikalt mot nordost eller sydväst. Stängligheten är i allmänhet brant nordlig.

Flera distinkta, mindre än en meter till flera meter breda, parallella, spröda till plastiska deformationszoner har påträffats inom Åsnen-zonen. De är mycket brantstående till vertikala, har en nordvästlig strukturtrend och är parallella med de plastiska strukturerna. Den mest uthålliga och mest framträdande deformationszonen sträcker sig från området söder om Klåvben mot Kalvsvik och Törnåkra i norr och in i kartområdet 5E Växjö SO. Denna zon utgör samtidigt den östra begränsningen av Åsnen-zonen, som separerar de massformiga bergarterna i öster från de folierade bergarterna inom zonen i väster.

I ett antal hållar i anslutning till de distinkta, spröda till plastiska deformationszonerna, t.ex. öster om Jätsberg (4E 6h), norr om Ryadammen (4F 1 c) och kring Blodberget (4E 8f), är bergarterna kraftigt folierade och ställvis mylonitiserade. Zonerna framträder tydligt på den magnetiska anomalikartan.

Spröda deformationszoner, vilka tolkats från de magnetiska kartorna, har ost-västliga och nord-sydliga huvudriktningar.

MARKGEOFYSISKA ARBETEN 2004

Inledning

Geofysiker har under året utfört markundersökningar på följande kartblad: 4D Markaryd NO (Leif Kero), 4E Tingsryd NV, NO (Niklas Juhojuntti) och SV (Leif Kero), 4F Lessebo NV (Niklas Juhojuntti) och SV (Leif Kero), 5C Ullared NO (Niklas Juhojuntti), 5D Värnamo NV (Leif Kero) och SO (Niklas Juhojuntti). Sammanlagt har 324 lokaler besökts, och det totala antalet radiometrisk mätningar på håll uppgår till 805. Projektets geofysiker har vidare utfört 3 140 mätningar av susceptibilitet på håll och samlat in 330 bergartsprover för bestämning av magnetiska egenskaper och densitet. Av dessa är 43 orienterade prover. Markmätning av magnetfältet har utförts längs 18 profiler. Beskrivningen nedan baseras även på arbete som utförts av projektets geologer, vilket inkluderar mätningar av susceptibilitet på håll och insamling av bergartsprover för bestämning av magnetiska egenskaper och densitet. Texten är inte tänkt att ge en sammanfattande bild av resultaten från arbetet, utan snarare att peka ut några observationer.

5C Ullared NO

Niklas Juhojuntti

I de södra och mellersta delarna av kartområdet framträder ett mönster av huvudsakligen ostnordostligt till nordostligt strykande tydliga anomalier (fig. 9). I den norra delen av området finns även vissa otydligare anomalier med en nordnordvästlig riktning. Det har i flera fall varit svårt att förklara variatio- nerna i magnetfältet. Hållmätningarna visar att de basiska bergarterna, som vanligen är granatförande

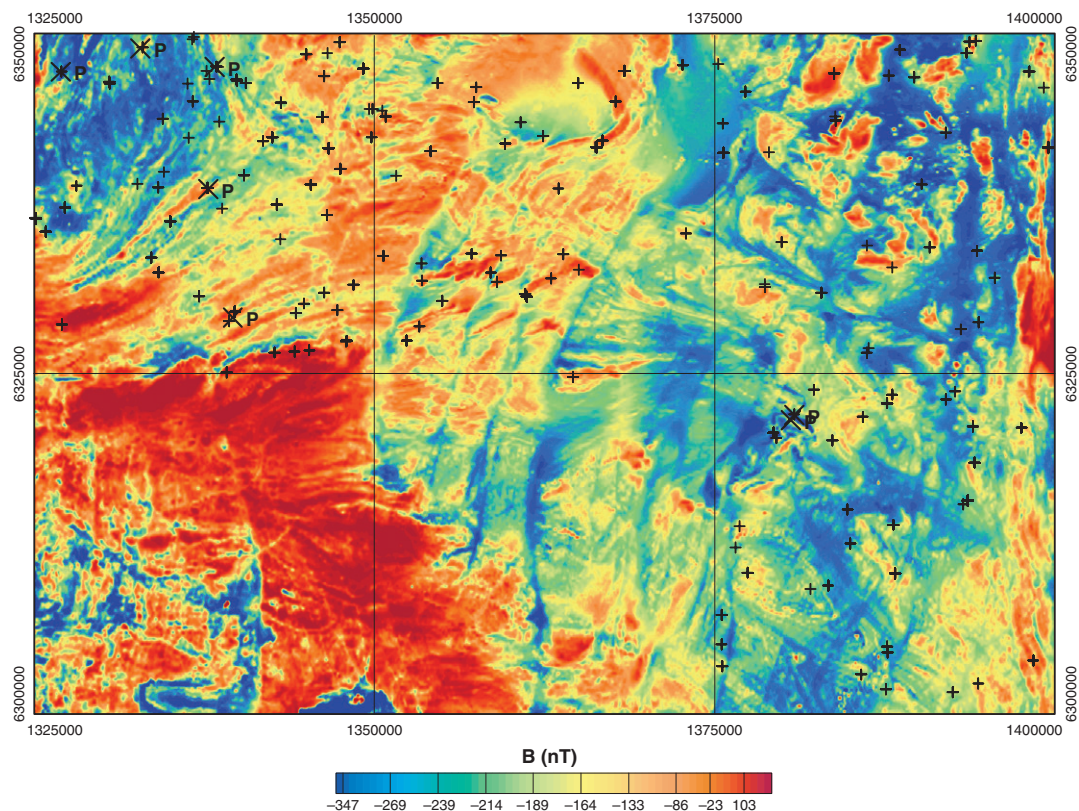


Fig. 9. Magnetiskt totalfält i den västra delen av årets undersökningsområde. Kartområdet 5C Ullared SO ligger i nedre vänstra hörnet, 5D Värnamo NO i det övre högra. Små symboler representerar radiometrisk hällmätningar eller petrofysikprover, stora symboler (P) är startpunkter för profilmätningar av magnetfältet. Kartområdet 5D Värnamo NO undersöktes under år 2003.

och omvandlade i amfibolitfacies, i de flesta fall har märkbart lägre susceptibilitet än de felsiska bergarterna (fig. 13). Detta är det motsatta förhållandet mot det som är vanligt bland TMB-bergarterna i de centrala och östra delarna av Småland. Det förekommer dock basiska bergarter med något högre susceptibilitet, exempelvis vid en lokal i anslutning till en ostnordostligt strykande, positiv anomali strax norr om Sjögärde (5 h). Mätningar på prover från denna lokal visar en susceptibilitet av $140\text{--}1100 \times 10^{-5}$ SI-enheter (fig. 13). Den remanenta magnetiseringen är dock låg (0,03–0,18 A/m). En markprofilmätning visar att provlokalen sammanfaller med anomalin (fig. 14).

Strax söder om Storåsjön (9 f) undersöktes en nordnordostligt strykande, negativ magnetisk anomali (fig. 9 och 14). Vid anomalin påträffades en ljusgrå, finkornig intrusivbergart, som bedöms ha tonalitisk till granodioritisk sammansättning. Den remanenta magnetiseringen är relativt kraftig (4,1 A/m), vilket i kombination med en måttlig susceptibilitet (980×10^{-5} SI enheter) ger en hög Q-kvot (ca 10,7). Modellberäkningen tyder på att en omvänd magnetisering med en styrka av den storleksordningen kan förklara anomalin. Dock saknas orienterade prover från denna lokal, och magnetiseringens riktning har därför inte kunnat fastställas.

De radiometrisk hällmätningarna visar på anmärkningsvärt låga uranhalter i bergarterna. Totalt utfördes 127 mätningar inom kartområdet (fig. 10), varav endast tre visade uranhalter högre än 2 ppm och ingen högre än 7 ppm. Ett tredjotial av mätningarna utfördes på basiska, bland annat dioritiska bergarter, vilka vanligen har låga uranhalter. Även för de felsiska bergarterna visade ett tjugotal mätningar nollvärden (instrumentet visar mätvärden med en decimal noggrannhet). Fördelningen av kalium- och toriumhalterna visar inte ett lika tydligt mönster. I allmänhet är dock toriumhalterna högre än uranhalterna, av totalt ungefär hundra mätningar på felsiska bergarter visar ett tredjotial toriumhalter på 10 ppm eller högre.

Bestämning av magnetiska egenskaper och densitet har utförts på prover av eklogit från två lo-

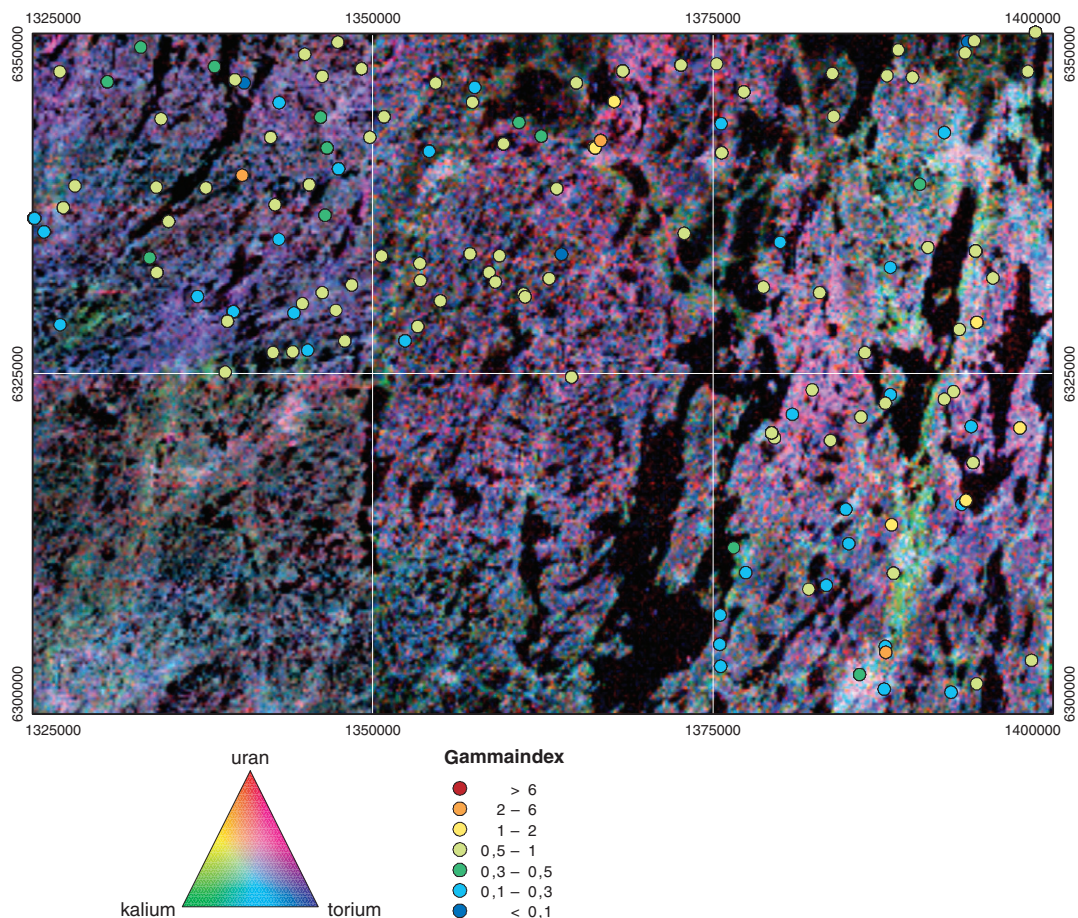


Fig. 10. Färgkompositbild över kalium, uran och torium vid markytan i västra delen av årets undersökningsområde. Symbolerna representerar mätningar på håll och anger maximala uppmätta värden för gammaindex vid respektive lokal.

kaler, den första strax öster om Ätran (7f) och den andra strax utanför kartområdesgränsen. Båda lokalerna är kända sedan tidigare (Möller 1998). Mätningarna visar att bergarten är lågmagnetisk (ca $40\text{--}900 \times 10^{-5}$ SI respektive $0\text{--}40$ mA/m). Densiteten är hög (ca $3\,050\text{--}3\,120$ kg/m³), men något lägre än vad som enligt Christensen & Mooney (1995) är typiskt för mafiska eklogiter. Troligen har dock områdets eklogiter genomgående utsatts för en retrograd metamorf omvandling. Under året har tyngdkraftsmätningar utförts i anslutning till det huvudsakliga eklogitstråket som ligger längre västerut, för att ge en uppfattning om den totala volymen eklogit i berggrunden. Resultaten är fortfarande under utvärdering.

5D Värnamo NV

Leif Kero

Den stora veckstruktur i norra delen av kartområdet som syns på den magnetiska anomalikartan har undersökts relativt noga med hjälp av orienterad provtagning. Erhållna värden har visat på en låg remanens, och den som föreligger har en västlig, nedåtriktad deklination som ligger nära foliationsplanet. Vid två lokaler har prover tagits för att mäta susceptibilitetens anisotropi. Några resultat av mätningarna föreligger dock inte ännu. Bergarten i veckstrukturen ovan är inte endast anomal med avseende på magnetiska egenskaper, utan har även en för området anomalt hög gammastrålning. Kaliumhalten är ställvis $4,5\text{--}4,7$ % och toriumhalten är högre än 20 ppm, vilket mer påminner om de

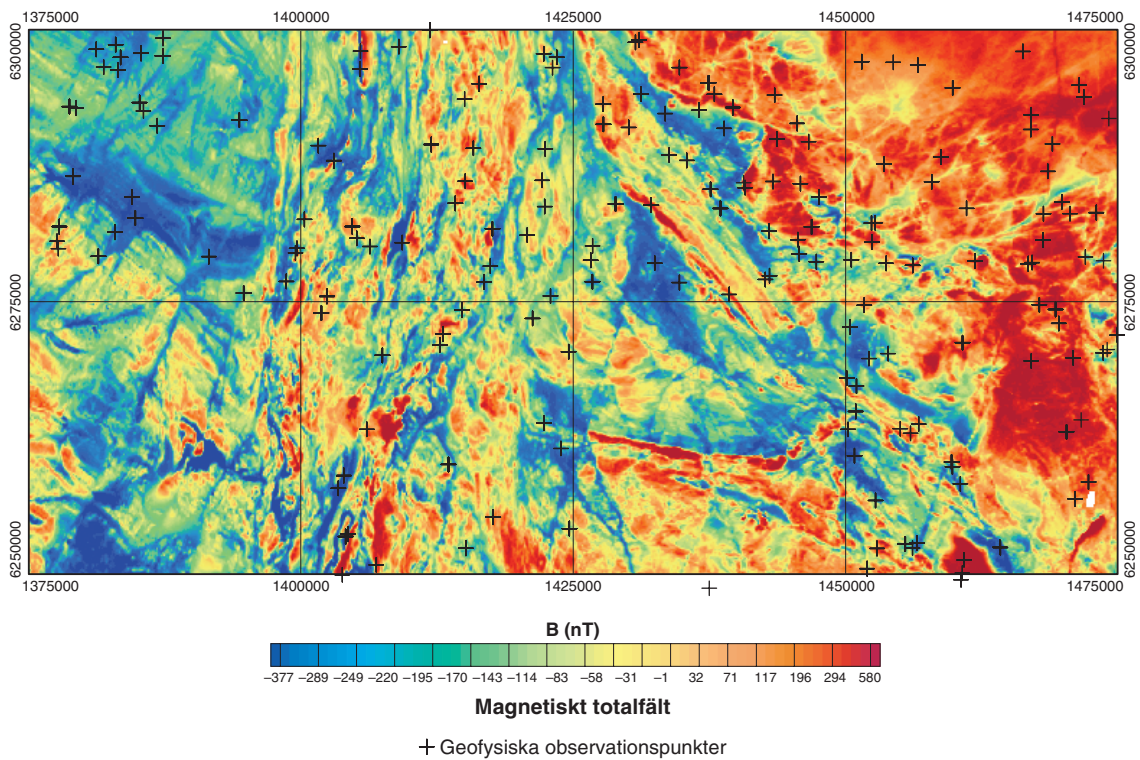


Fig. 11. Det magnetiska anomalifältet i färgskala överlagrat med geofysiska provtagningspunkter (+) säsongen 2004.

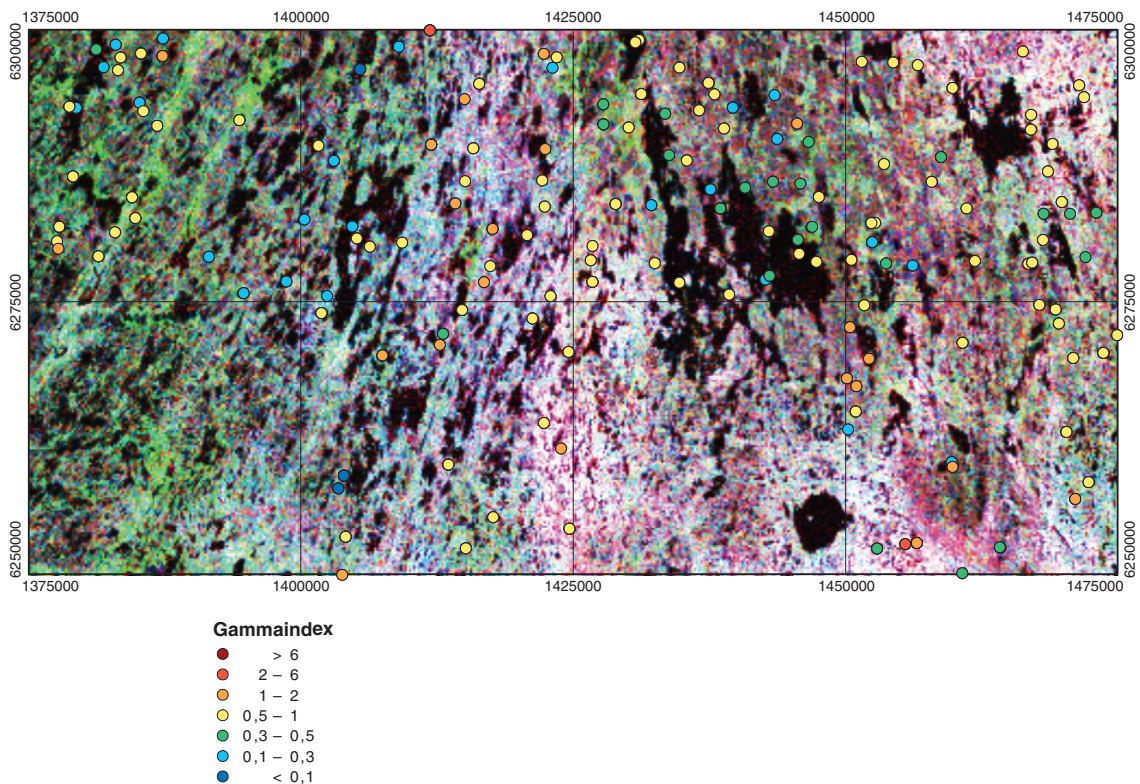


Fig. 12. Färgkompositbild över kalium, uran och torium vid markytan i östra delen av årets undersökningsområde. Symbolerna representerar mätningar på håll och anger maximala uppmätta värden för gammaindex vid respektive lokal.

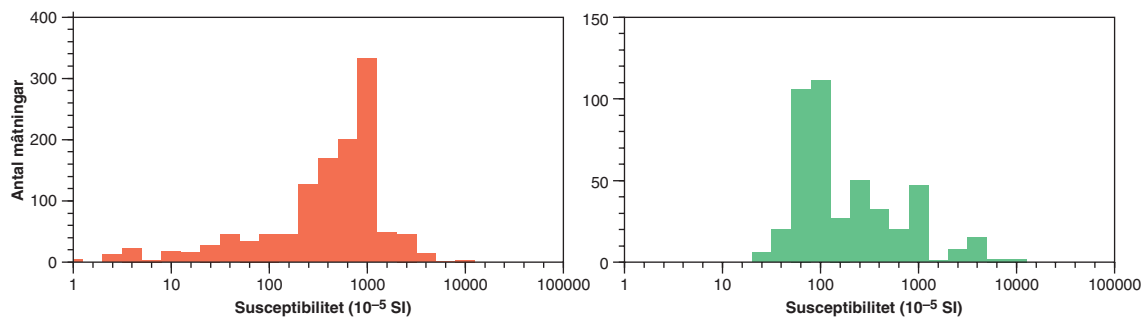


Fig. 13. Susceptibilitetsvärdenas fördelning för bergarter med granitisk (vänster) och basisk (höger) sammansättning i kartområdet 5C Ullared NO. Värdena baseras på hållmätningar.

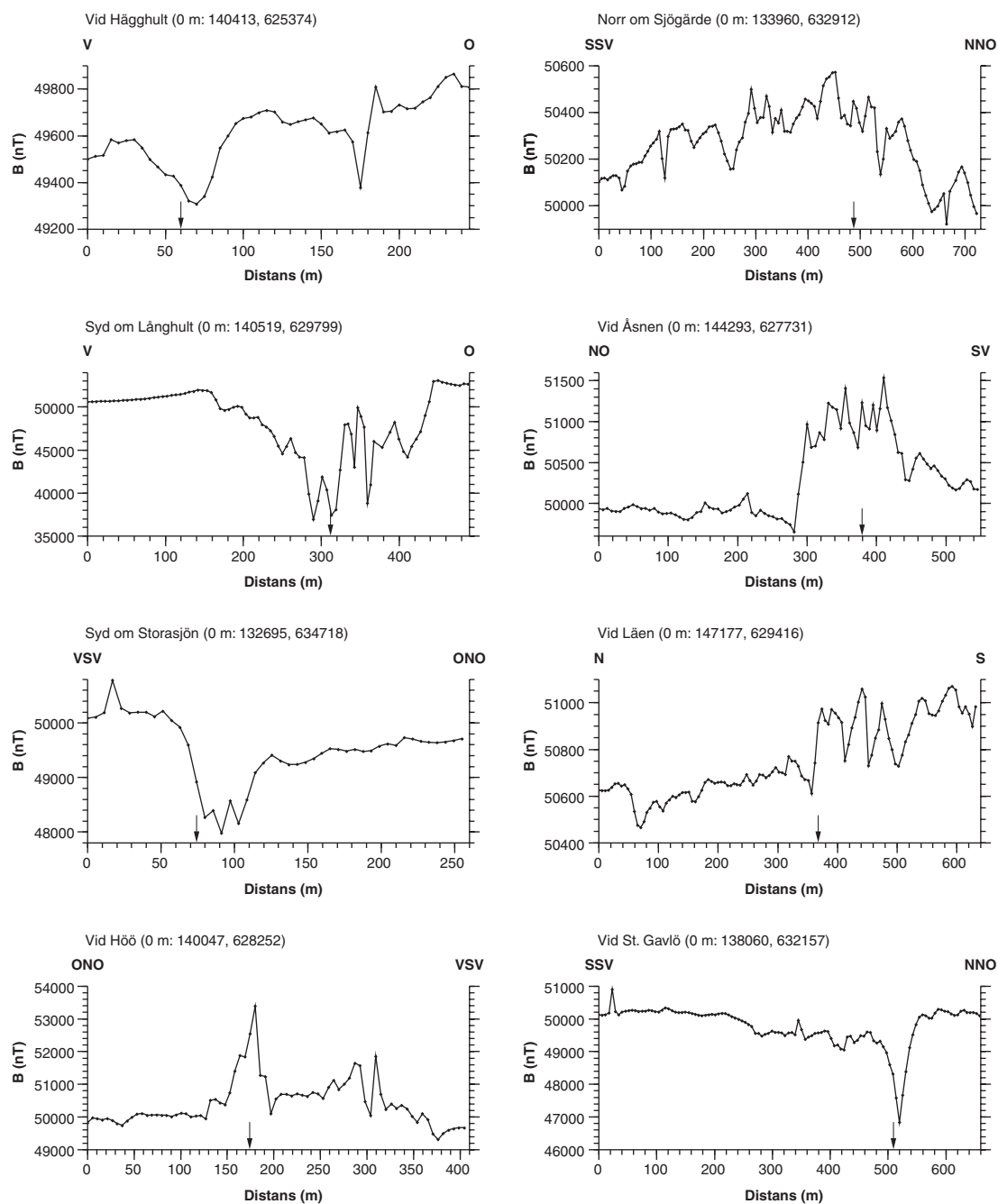


Fig. 14. Data från markmätningar av magnetfältet (se ovan). Pilarna anger läget för lokaler som diskuteras i texten.

granitoida bergarter som finns längre österut.

Den andra magnetiskt anomala bergarten är på den provisoriska översiktliga berggrundskartan (PÖB) Karlskrona (Kornfält & Bergström 1991) markerad som ögongranit. Den har dokumenterats noggrannare i detta projekt och kan avgränsas mer exakt med hjälp av resultaten från de magnetiska mätningarna och ny geologisk hållinformation. Bergarten har en extremt låg toriumhalt, i storleksordningen 5 ppm, mycket låg uranhalt och kaliumhalter på 3,5–4,5 %. Bergarten har ställvis en kraftig lineation, och den magnetiska strukturen är mycket bandad. Intressant är att utgåendets synbara förskjutning kan användas som referensstrukturer för att beräkna rörelser i bergartskroppen. I de långa, lågmagnetiska zoner som går i nordnordostlig riktning upp mot Vättern har förskjutningar i km-skala ägt rum.

Den ovan nämnda relativa förskjutningen är parallellt utbildad även i bergarterna söder om ögongraniterna. Där finns stråk av rödaktiga gnejser med motsvarande magnetisk signatur, dock med smalare, långsträckta anomalier som är förkastade på ett likartat sätt längs NNO-liga lineament. De är mycket starkt deformerade, men strålningen är mycket lik den hos ögongraniterna.

Enstaka spektromettermätningar på så kallad Mårdaklevgranit i västra kanten av kartområdet visar mycket likartade strålningsvärden som de hos ögongraniten i området, dvs. 3,2–3,8 % kalium, 1,2–1,9 ppm uran och 5,2–9,4 ppm torium. Susceptibiliteten är av samma storleksordning i båda granitoiderna, möjligen något lägre i den förstnämnda.

De basiska djupbergarter som provtagits har låg magnetiseringsgrad, låga strålningsnivåer samt hög till mycket hög densitet.

Enstaka prover av en högmagnetisk basisk bergart i den västra delen av kartområdet visar liksom gnejserna en deklination mot nordväst med omvänd, men flack inklinations ($-2,5^\circ$). Remanensen är dock svag även i dessa, varför modellberäkningar kan påvisa ytsnittet relativt väl för basiten. Det finns dock även lågmagnetiska varianter av denna bergart i omedelbar närhet, men de båda varianterna skiljer sig inte åt strålningsmässigt. Värdena för kalium, uran och torium är 0,8–0,9 %, 0,1–0,2 ppm och 0,8 ppm respektive. Densiteten är ca $3\,000\text{ kg/m}^3$ och om reducering görs med hänsyn till skillnaden i magnetithalt (1 %) blir densiteten ungefär densamma som för hyperitdiabaserna längre österut.

Ett orienterat prov av basit från ett av de långsträckta magnetiska minimumen gav en hög densitet $3\,109\text{ kg/m}^3$ och en remansensriktning mot väster med 46° inklinations och låg remanent magnetisering. Detta innerbär att det inte är magnetiseringen i basiten som är orsak till det lokala minimumet. Det finns dock fall där t.ex. en flack stupning mot öster beräkningsmässigt kan orsaka ett liknande magnetiskt anomalimönster.

En kompletterande tyngdkraftsmätning på vissa objekt och längs utvalda stråk har preliminärt vidimerat de kraftiga, magnetiskt indikerade förkastningszonerna med nordnordostlig riktning som sträcker sig upp mot Vättern.

Orienterade prover har även tagits vid Herrestaddiabasen i kartområdet 5D Värnamo NO. Mätningarna av proverna har visat på flacka, nordliga remansensriktningar som är typiska för den erhållna preliminära bergartsåldern $1\,574 \pm 9$ miljoner år. I ett fall erhöles en omvänd remanent magnetisering i första kvadranten. Denna riktning (subjotnisk ålder) är den förhärskande för de stora diabastäcken som förekommer i stora delar av mellersta Norrland (Elming m.fl. 2004). Detta visar att det finns en stor komplexitet i magnetiseringen för diabaserna, och orienterade prover visar att de ej har ställts om till svekonorvegisk remansensriktning. Detta kan peka på att undersökningsområdet ligger norr om gränsen för den svekonorvegiska påverkan, vilket studerats mer detaljerat av Bylund (1992). Det krävs dock paleomagnetiska mätningar för att bekräfta detta antagande. För beräkningen av av diabasernas utgående är NRM-värden (Naturlig Remanent Magnetisering) av vikt, eftersom de ger möjlighet till en nyanserad bedömning av geometrin i diabasförekomsten. De många diabasbrott som ligger i olika magnetiska anomalimönster visar också, att en detaljerad provtagning är nödvändig för att fastställa läget och utgåendet av diabasgångarna (se fig. 15).

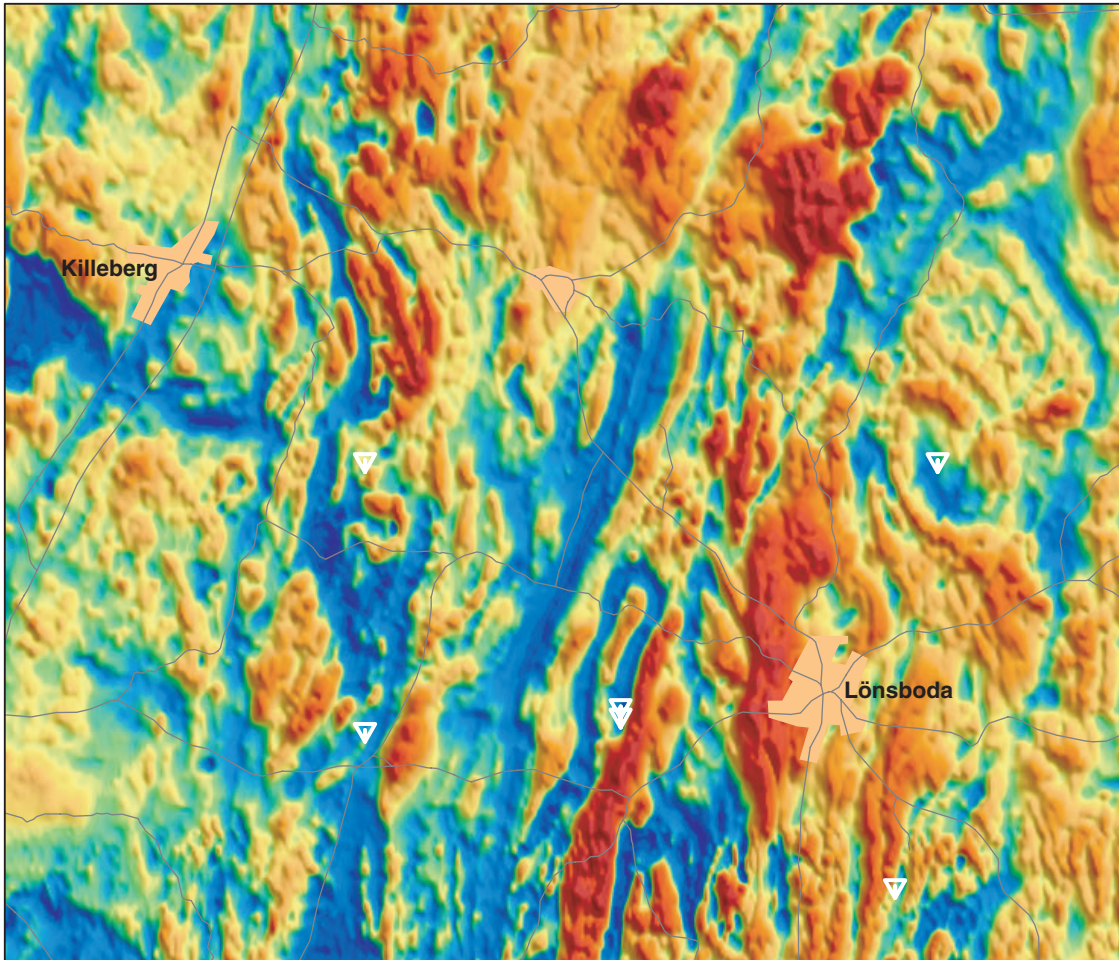


Fig. 15. Magnetiskt totalfält som visar förekomster av hyperitdiabas. En omvänd magnetisering i hyperitdiabaserna gör att de motverkar det jordmagnetiska fältet och framträder som minima på kartan (blå färg). Några stenbrott i drift där blocksten av diabas bryts har markerats (vit triangel).

5D Värnamo SO

Niklas Juhojuntti

Metamorfa, granatförande basiska bergarter är vanligt förekommande i kartområdet, exempelvis i tätorten Ljungby. Kaliumhalten är ofta något lägre än 1,5 %, vilket är något högre än i mer opåverkade basiska bergarter i de mellersta och östra delarna av Småland. Susceptibiliteten är vanligen låg ($<100 \times 10^{-5}$ SI-enheter), och liknar de värden som uppmättes för basiska bergarter i kartområdet 5C Ullared NO (fig. 13). Norr om Angelstad (0f) förekommer dock en mer magnetisk variant, som även den är granatförande. Vid de två undersökta lokalerna uppgick susceptibiliteten för den högmagnetiska varianten i många fall till 2000×10^{-5} SI och i vissa partier till över 5000×10^{-5} SI-enheter.

Vid Stora Gavlö (4f) undersöktes en kraftigt negativ magnetisk anomali genom markprofilmätning (fig. 9 och 14). Vid anomalin påträffades vad som bedöms vara en basisk bergart, som dock ej gick att provta. Dess susceptibilitet är låg (max. 100×10^{-5} SI-enheter).

På en udde i sjön Flären, strax norr om Osåns utlopp (3i), påträffades en relativt högstrålande granit med starkt röd färg på exponerade ytor. I vissa partier uppgår toriumhalten till över 30 ppm, uranhalten är dock låg. Vid samma lokal påträffades en felsisk, gnejsig bergart, som i vissa partier hade kaliumhalter på 1,5 % eller lägre, samtidigt som toriumhalten uppgick till över 10 ppm, vilket är ovanligt. Överhuvudtaget är berggrunden vid lokalen heterogen, även utbredda partier av basiska granatförande bergarter påträffades.

4E Tingsryd NV

Niklas Juhojuntti

Gångar av diabas är vanligt förekommande inom kartområdets västra del. Fem av de undersökta diabaslokalerna ligger i anslutning till stenbrott, av vilka ett fortfarande var i drift. Flera av diabaserna markeras av positiva avvikelser i magnetfältet, exempelvis vid en undersökt lokal nära Höö (6 a), där en markmätning av magnetfältet utfördes (fig. 14). Från området vid Gransjön och norrut (9 b) finns dock en diabasgång som ger upphov till en mycket kraftig negativ anomali. Anomalin går att följa över ett avstånd av ca 7 km i nordlig riktning, förbi den norra gränsen av kartområdet (fig. 11). Prover av diabasen har tagits vid två lokaler. Vid den ena lokalen, strax söder om Långhult (9 b), har dessutom en profilmätning utförts (fig. 14). Höga värden har uppmätts både för susceptibilitet och remanent magnetisering ($9\,400\text{--}11\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter respektive 5,1–37 A/m). Detta motsvarar en Q-kvot av 1,4–8,2, vilket innebär att anomalin huvudsakligen orsakas av den remanenta magnetiseringen. Den har en deklination av $280\text{--}340^\circ$ och en inklinationsvinkel av -40° till -60° (dvs. något uppåtriktad).

4E Tingsryd NO

Niklas Juhojuntti

Inom den södra halvan av kartområdet visar magnetfältet att det förekommer högmagnetiska gångliknande kroppar med nordvästlig riktning, i vissa fall möjliga att följa över avstånd på 10 km (fig. 11). Kropparna täcks till stor del av sjön Åsnen, men vid två lokaler har en relativt magnetisk diorit observerats i anslutning till anomalierna. Den första lokalen ligger vid Åsnens strand, ca 4 km söder om Jät (5 i), den andra vid Västrahult (6 g). Hällmätningar visar susceptibilitetsvärden på $2\,200\text{--}4\,200 \times 10^{-5}$ respektive $4\,000\text{--}8\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter vid dessa lokaler. En profilmätning vid lokalen söder om Jät visar en tydlig positiv anomali i anslutning till lokalen (fig. 14), men flygmätningen visar att anomalin är ganska kort. Ett av de längre anomalistråken passerar Allenäsaudden (5 h), men ingen högmagnetisk bergart påträffades vid denna lokal. Vid Nöbbele (7 i) förekommer en högmagnetisk diorit ($9\,000\text{--}14\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter) i ett ungefär nord-sydligt stråk. Väster om dioritkroppen finns ett stort lågmagnetiskt område, och gränsen mot detta syns även i tyngdkraftsdata (tyngdkraftsmätningar har utförts under året).

4E Tingsryd SV

Leif Kero

Området är bitvis mycket dåligt blottat men resultaten av den geofysiska flygmätningen visar genomgående på ett bandat, gånglikt magnetiskt mönster. I den västra delen (inne i angränsande kartbladsområde) går den västligaste gränsen för det gångliknande magnetiska mönstret med nord-sydlig utbredning. Norr och söder därom förekommer syenitintrusioner med åldern 1 200 miljoner år, och det finns även en svag tyngdkraftsförhöjning utmed den magnetiska gränsen. Den kan delvis förklaras av vissa data från tyngdkraftsmätningar på angränsande gångar av hyperitdiabas, men där finns även en komponent som inte är kopplad till diabaserna.

Att döma av tidigare års karteringar inom Smålandsprojektet är de syenitoider som uppmätts relativt lågmagnetiska och har låg densitet. Det föreligger en regional negativ tyngdkraftsanomali med nord-sydlig riktning i Protoginizonen trots närvaron av en mängd diabasgångar med den riktningen. Syeniten är ej blottad i kartområdet, men de syenitblottningar som finns både norr och söder där om verkar vara lokaliserade till extremt lågmagnetiska områden som sammanfaller med tyngdkraftsunderskott.

Resultaten av flygmätningarna har vidare visat, att det magnetiska totalfältet i Småland uppvisar distinkta magnetiska referensstrukturer som anger förekomsten av en diabastyp som kallas hyperitdiabas. En omvänd magnetisering i hyperitdiabaserna gör att dessa motverkar det jordmagnetiska fältet och framträder som minima på anomalikartan (fig. 15).

Med kännedom om diabasens magnetiska egenskaper kan dess utgående och i gynnsamma fall även dess djup till överytan beräknas med stor precision. Möjligheter ges även att visa utgåendet under ett tjockt jordlager, vilket ofta är fallet inom detta område. Av figur 15, där Haggghult är relativt centralt beläget, framgår att det kan finnas avsevärda mängder av diabas med denna specifika magnetisering i detta område, vilket ungefär motsvarar 20×23 km.

De många magnetiska minima som stryker i nord-sydlig riktning inom kartområdet orsakas till stor del av diabasgångar med en svekonorvegisk remanensriktning (västlig strykning, brant uppåtriktad remanent magnetisering), men kan även bero på en viss omvandling av kontaktbergarter, som t.ex. är fallet i hyperitdiabasbrottet vid Haggghult. Remanensriktningen vid stenbrottet visade sig motsvara den som föreligger inom denna del av landet, dvs. svekonorvegisk ålder.

Mätresultat från orienterade prover vid Graversboda visar på en brant uppåtriktad remanensriktning, vilket indikerar en ålder för den remanenta magnetiseringen som ligger nära den subjotniska (1 267 milj. år). Vid denna lokal (nedlagt diabasbrott) finns ett antal granitbollar i dibasen, nära kontakten mot en granitoid. Styrkan i den remanenta magnetiseringen där är låg, vilket också visar sig i data från flygmätningen.

Gammastrålningshalterna från tidigare sammanställningar har bekräftats med för diabasgångar relativt höga halter, 1,2–1,3 % kalium, 0,1–0,6 ppm uran och 1,3–1,5 ppm torium, vilket ändå ger ett mycket lågt gammaindex på ca 0,2.

Granatamfiboliterna i kartområdets västra delar har för bergarten typiska värden såsom 0,5–0,8 % kalium, 0,3–0,7 ppm uran och 1,9–4,3 ppm torium och ger motsvarande låga gammaindex.

4F Lessebo NV

Niklas Juhojuntti

Den norra delen av kartområdet domineras av en röd, medelkornig, delvis tydligt massformig granit, som undersökts vid åtta lokaler. Graniten är lågmagnetisk, vanligen överstiger susceptibiliteten inte 300×10^{-5} SI. De uppmätta uran- och toriumhalterna uppgår till 2,5–5 ppm respektive 14–19 ppm, kaliumhalten vanligen till 3,5–4,0 %. I den södra delen av området, sydost om Gunneboda och söder därom (5b), uppträder en grovporfyrisk Karlshamnsgranit. Dess susceptibilitet är vanligen relativt hög och varierar från 800 till 2800×10^{-5} SI-enheter. Mätningarna visar vidare kaliumhalter på 2,9–4,2 %, uranhalter på 0,7–4,3 ppm och toriumhalter på 9–19 ppm. I kartområdets sydöstra del, omkring Höghult (5a) och nordost därom, förekommer tonalit. Även denna bergart är ganska magnetisk på många ställen, värden på 3800×10^{-5} SI-enheter har uppmätts. Kaliumhalterna är märkbart lägre än för graniterna och varierar från 1,3 till 2,5 %. Uran- och toriumhalterna är 0,7–4,1 ppm respektive 4–9 ppm, något under de halter som uppmättes för graniterna.

Tyngdkraftsmätningar som gjorts i kartområdets södra del visar en markant tyngdkraftsförhöjning (närmare 10 mGal) inom ett område som har en utbredning ungefär från Broaryd (6b) i riktning mot sydost. Modellberäkning och massöverskottsberäkning, den senare enligt Parasnis (1986), tyder på att förhöjningen orsakas av en betydande volym av basiskt material vid eller nära ytan, möjligen så stor som 100 km^3 . Den kvantitativa uppskattningen baseras bland annat på ett antagande om ett densitetsöverskott på 250 kg/m^3 . Det finns få blottningar i området, men enstaka observationer av lågmagnetisk gabbro och diorit har gjorts vid anomalins flank. Berggrunden i omgivningen är huvudsakligen granitisk. Det finns lokala positiva anomalier i magnetfältet i anslutning till tyngdkraftsförhöjningen, exempelvis vid Pettersborg nära sjön Virens strand (5c), men det har inte varit möjligt att fastställa orsaken till dessa.

4F Lessebo SV

Leif Kero

Det har med hjälp av skiftande bakgrundsmaterial gått att i detalj planera markuppföljningarna för att klarlägga orsakerna till de magnetiska strukturer som visas av de nya flygmätningarna. Även gammastrålningsinformationen från flygmätningen har gett indikationer som följts upp lokalt med markburen instrumentering.

Karlshamnsgranitens utbredning visar sig enligt flygmätningarna ha en högre magnetiserbarhet än de angränsande TMB-granitoiderna. I Karlshamnsgraniten finns även en tydlig regional variation, med de högre susceptibilitetsvärdena i norra delen av intrusionen. Detta har vidimerats i fält med hjälp av susceptibilitetsmätningar på hållar.

Karlshamnsgraniten har även en viss variation i gammastrålningen, även om den håller jämna halter för kalium (4,2–4,7 %) och har uranhalter som varierar något (1,9–3,9 ppm). Toriumhalterna vid mätlokaler visar mycket liten variation, med nivåer kring 13, 16 och 20 ppm respektive. Detta innebär ett gammaindex på 0,76–0,95. Markmätningarna är dock för få för att avgöra om detta är regionsbundet eller ej. Till skillnad från den magnetiska mätningen går inte resultaten från gammastrålningsmätningen att använda fullt ut på grund av låg blottningsgrad. I sådana fall beror en stor del av mätresponsen på kvartära avlagringar och avspeglar inte berggrundens strålning direkt.

Den bergart som har den högsta magnetiserbarheten i området med Karlshamnsgranit är blottad just söder om kartområdet, vid Gunnerskulla (0b–c). Den har förmodligen dioritisk sammansättning och ett orienterat prov har tagits för att dokumentera bergartens magnetiska signatur. Susceptibiliteten är i storleksordningen $4\,500\text{--}6\,500 \times 10^{-5}$ SI-enheter. Provet är inte mätt ännu, men hällen har en jämförelsevis lägre strålning än den håll i närheten där en spektromettermätning visar 2,6 % kalium, 1,6 ppm uran och 8,6 ppm torium, vilket ger ett gammaindex på ca 0,5. Denna bergart är fältbedömd som en hybridform av TMB, och dess magnetisering är något lägre, $3\,200\text{--}4\,200 \times 10^{-5}$ SI-enheter. Då Karlshamnsgranitens ålder är känd blir NRM-värdet av ett visst intresse. För den magnetiska avgränsningen är en kontroll av den remanenta magnetiseringen nödvändig. Avgränsningen av denna bergartstyp är därför preliminärt gjord, med den magnetiska mätningen som grund eftersom den inte är blottad i kartområdet.

Inom den sydöstra delen av kartområdet (0e) finns en tydlig magnetisk anomali som stryker mot nordost och vars orsak är okänd. En alternativ tolkning till den gällande kartbilden är en magnetisk Karlshamnshybrid/diorit som ovan.

Tätheten i tyngdkraftsmätningarna är mycket låg, med ett mätpunktsavstånd på ca 5 km. Det innebär att endast regionala trender kan skönjas, men redan dessa visar att Karlshamnsgraniten har en lägre densitet än sina omgivande bergarter i kartområdet. Något förbryllande är att den tyngdkraftsförhöjning som sammanfaller med den magnetiska förhöjningen för Karlshamnshybriden/dioriten vid Gunnerskulla (0b–c) blir än mer accentuerad mot sydväst fram till området norr om Karlshamn. Ett kraftigt tyngdkraftsöverskott finns i områden inom den västra delen av Karlshamnsgranitens utbredning, där dioritiska inslag ej påträffats enligt den tidigare utförda berggrundskarteringen.

Den så kallade Åsnenzonen (se ovan) tycks sammanfalla med en svag tyngdkraftsförhöjning. I Tingsrydsområdet har det gjorts en mycket tätare tyngdkraftsmätning och zonens avbrott vid en magnetisk struktur där är distinkt. Ett svagt tyngdkraftsminimum finns i södra delen av TMB-bergarterna i detta område, just norr om Åsnenzonen. Där är bergarterna relativt finkorniga och innehåller även mycket mer av spårämnen uran och torium enligt data från flygmätningarna och som markmätningar med spektrometer har vidimerat. Uppmätta halter för kalium är 4,1–4,4 %, för uran 6,4–9,2 ppm och för torium 27–31,4 ppm. Bergarterna är relativt svagt magnetiserade och har en susceptibilitet på ca 300×10^{-5} SI-enheter. Detta motsvarar ett gammaindex på 1,2–1,4. Inga mätresultat finns tillgängliga för närvarande, varför densiteten och kopplingen till tyngdkraftsminimumet är oklar. Gammastrålningshalterna och de magnetiska egenskaperna påminner starkt om de hos Spinkamålagraniten, och även utseendet är snarlikt. Kvartsmonzonit finns i det norra området och har gammastrålningshalter på 4,4 % kalium, 4 ppm uran och 21 ppm torium, som ger ett gammaindex

på 1,04. Magnetiseringen är ca $1\,200\text{--}1\,300 \times 10^{-5}$ SI-enheter.

Vulkaniterna söder om TMB-gränsen i västra delen av området ligger i ett svagt tyngdkraftsmaximum. En par vulkanitlokaler som uppmätts visade på en stor variation både i bergartens magnetisering och sammansättning. En lokal visade en felsisk vulkanit med mer än 5 % kalium och även en hög uranhalt (4,9 ppm). Toriumhalten är 16,3 ppm och gammaindex 1,02. Magnetiseringen ($400\text{--}600 \times 10^{-5}$ SI-enheter) är lägre än i de intermediära vulkaniter som finns i närheten och som också provtagits med orienterade prover. Kaliumhalterna i dessa mättes till 2,5–2,8 %, uranhalterna till 1,6–2,9 ppm och toriumhalterna till 8,3–11,5 ppm, vilket ger ett gammaindex på ca 0,5. Susceptibiliteten är i storleksordningen $1\,300\text{--}3\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter. Med utgångspunkt från den magnetiska anomalikartan kan man anta, att det finns fler förekomster med magnetisk intermediär vulkanit. Vid Tingsryds travbana finns vulkanithällar med något högre kalium- (3,4 %) och uranhalter (3–3,8 ppm). Toriumhalten är 10,5–11,8 ppm och gammaindex ca 0,7. Magnetiseringen är 800 till $2\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter, så den variation som har dokumenterats inom kartområdet kan delvis förklara magnetfältsanomalierna och den svaga tyngdkraftsförhöjningen. Proverna från området är för få för att göra säkra statistiska beräkningar och får mer ses som stickprov.

Även i det sydvästligaste hörnet av kartområdet (0a) har den provtagna vulkaniten relativt låga kalium- (2,7–2,9 %), uran- (1,6 ppm) och toriumhalter (6,1 ppm), vilket ger gammaindexvärden kring 0,5. Den intermediära vulkaniten är högmagnetisk med värden större än $5\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter, och lokalen ligger i en av de magnetiska anomalierna med bandat mönster och dessutom i den södra gradienten av den svaga tyngdkraftsförhöjningen.

Strålningsmässigt är Spinkamålagraniten anomal och den tidigare kända lokalen vid Böket (1b) visade på 3,9 % kalium, 19,1–24,8 ppm uran och 33,5–46,4 ppm torium, vilket ger både ett radiumindex större än 1 och ett gammaindex större än 2 (högsta värdena 1,87 respektive 2,37). Graniten har en låg magnetiseringsgrad ($60\text{--}110 \times 10^{-5}$ SI-enheter). Motsvarande strålningshalter i Spinkamålagranit har uppmätts vid Rävemåla som ligger mitt i Karlshamnsgranitens utbredningsområde. Gammastrålningshalterna är 4,4 % kalium, 13,9 ppm uran och 42,5 ppm torium, vilket ger ett gammaindex på 1,89. Magnetiseringen är låg men med något större variation i ovanstående mätningar ($50\text{--}350 \times 10^{-5}$ SI-enheter). Ytterligare ett par lokaler med denna högstrålande granittyp finns bland annat vid Krokfjordens kraftverk. Ett lokalt tyngdkraftsunderskott visar att det troligen är en kropp av Spinkemålagranit. Detta vidimeras även av att det finns fler blottningar i närheten som visar liknande geofysiska värden. Magnetiseringen är genomgående låg, $23\text{--}250 \times 10^{-5}$ SI-enheter. Strax intill finns en högmagnetisk ($1\,500\text{--}5\,400 \times 10^{-5}$ SI-enheter) folierad basit med tonalitfragment. Basiten har låg kaliumhalt (1,1 %) och mycket låg uranhalt (0,1–0,6 ppm), likaledes mycket låg toriumhalt (2,0–2,8 ppm) och ett gammaindex på 0,2. En mätning av tyngdkraften i närheten visar på en förhöjning, vilket antyder att det finns mer av den basiska bergarten. Även den magnetiska mätningen visar en förhöjning där. En nordnordostligt strykande diabasgång (tolkad) finns omedelbart öster om denna lokal enligt den magnetiska kartan.

Djupbergarterna i det sydvästra hörnet av kartområdet, och delvis inom Åsnenzonen, domineras av bergarter med mycket låga strålningshalter. På några lokaler uppmättes kaliumhalter på 1,3–1,5 % vilket pekar på bergarter med en tonalitisk sammansättning. Samtidigt är uran- och toriumhalterna låga, dvs. <1 ppm respektive ca 4 ppm. Vid enstaka lokaler har ännu lägre värden mätts, kaliumvärden på 0,7 %, en uranhalt på 0,9 ppm, toriumhalt på 5,5 ppm och ett gammaindex på 0,23. Magnetiseringen varierar, men är relativt låg med värden på $600\text{--}1\,300 \times 10^{-5}$ SI-enheter.

REFERENSER

- Ask, R., 1996: Single zircon evaporation Pb-Pb-ages for the Vaggeryd syenite and dolerites in the SE part of the Sveconorwegian orogen, Småland, SE Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 118, A8.
- Bergström, U., Juhojuntti, N., Kero, L., Lundqvist, L., Stephens, M., Sukotjo, S., Wik, N.-G. & Wikman, H., 2002: Projekt Småland. I H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2001. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden* 110, 65–83.

- Blomberg, A. & Lundbohm, H., 1900: Geologisk beskrivning öfver Blekinge län. *Sveriges geologiska undersökning Ca 1*, 110 s.
- Bylund, G., 1992: Palaeomagnetism, mafic dykes and the Protogine Zone, southern Sweden. *Tectonophysics* 201, 49–63.
- Christensen, N.I. & Mooney, W.D., 1995: Seismic velocity structure and composition of the continental crust: A global view. *Journal of Geophysical Research* 100, 9761–9788.
- Elming, S.-Å., Moakhar, M.O. & Martinsson, O., 2004: A palaeomagnetic and geochemical study of basic intrusions in northern Sweden. *GFF* 126, 243–252.
- Hedström, H. & Wiman, C., 1906: Beskrifning till blad 5 omfattande de topografiska kartbladen Lessebo, Kalmar, Karlskrona, Ottenby (samt Utklipporna). *Sveriges geologiska undersökning A_{1a} 5*, 124 s.
- Jarl, L.-G., 2002: U-Pb zircon ages from the Vaggeryd syenite and the adjacent Hagshult granite, southern Sweden. *GFF* 124, 211–216.
- Kornfält, K.A. & Bergström, J., 1991: Beskrivning till provisoriska, översiktliga Berggrundskartan Karlskrona. *Sveriges geologiska undersökning Ba 44*, 30 s.
- Möller, C., 1998: Decompressed eclogites in the Sveconorwegian (-Grenvillian) orogen of SW Sweden: petrology and tectonic implications. *Journal of Metamorphic Petrology* 16, 641–656.
- Parasnis, D.S., 1986. Principles of Applied Geophysics (Fourth Ed.). *Chapman and Hall, London*.
- Wik, N.-G., Daniels, J., Juhojuntti, N., Kero, L., Persson, L. & Wikman, H., 2001: Projekt Småland. I H. Delin (red.): Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2000. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 105*, 75–85.
- Wik, N.-G., Bergström, U., Claeson, D., Juhojuntti, N., Kero, L., Lundqvist, L., Petersson, J., Sukotjo, S., Wedmark, M. & Wikman, H., 2003: Projekt Småland regionalt berg. I H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2002. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 112*, 96–116.
- Wik, N.-G., Bergström, U., Claeson, D., Jelinek, C., Juhojuntti, N., Kero, L., Lundqvist, L., Möller, C., Hossein, S., Sukotjo, S. & Wikman, H., 2004: Projekt Småland regionalt berg. I H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2003. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 116*, 114–139.
- Åhäll, K.-I., 2001: Åldersbestämning av svärdaterade bergarter i sydöstra Sverige. *SKB, Progress Report R-01-60*, 28 s.

E-post: nils-gunnar.wik@sgu.se
leif.kero@sgu.se

ulf.bergstrom@sgu.se
lena.lundqvist@sgu.se

dick.claeson@sgu.se
sam.sukotjo@sgu.se

niklas.juhojuntti@sgu.se

Fulufjället

Daniel Andersson, Lutz Kübler och Claes Mellqvist (projektledare)

INLEDNING

Syftet med projektet är att skapa ett berggrundsgeologiskt underlagsmaterial i regional skala för kartområdet 15C Fulufjället. Vid fältarbetet har SGUs karteringsmetod för regionalkartering (presentation i skala 1:250 000) använts, och den kommer att resultera i ett översiktligt underlag för planering och resurshushållning för bl.a. kommunerna och länsstyrelsen i Dalarnas län. Dessutom kommer det material som tas fram att utgöra ett delunderlag för en geoturistkarta över Fulufjällets nationalpark. Projektet ingår i SGUs systematiska regionala kartering. Den yta som ska kartläggas är 1048 km². Parallellt med projektet ”Fulufjället berg” löper projektet ”Fulufjället jord” samt ett uppdrag från Naturvårdsverket. Detta skall resultera i en geoturistkarta över Fulufjällets nationalpark som beräknas vara levererad under juni månad 2005.

Aktiviteten på Fulufjället började i augusti och omfattade 25 dagar berggrundsartering och 11 dagar geofysisk undersökning. Sommarens arbete omfattade område A (fig. 1), där fältarbetet utfördes av Daniel Andersson (extrageolog), Lutz Kübler och Claes Mellqvist. Den resterande ytan (område B) kommer att kartläggas under sommaren 2005.

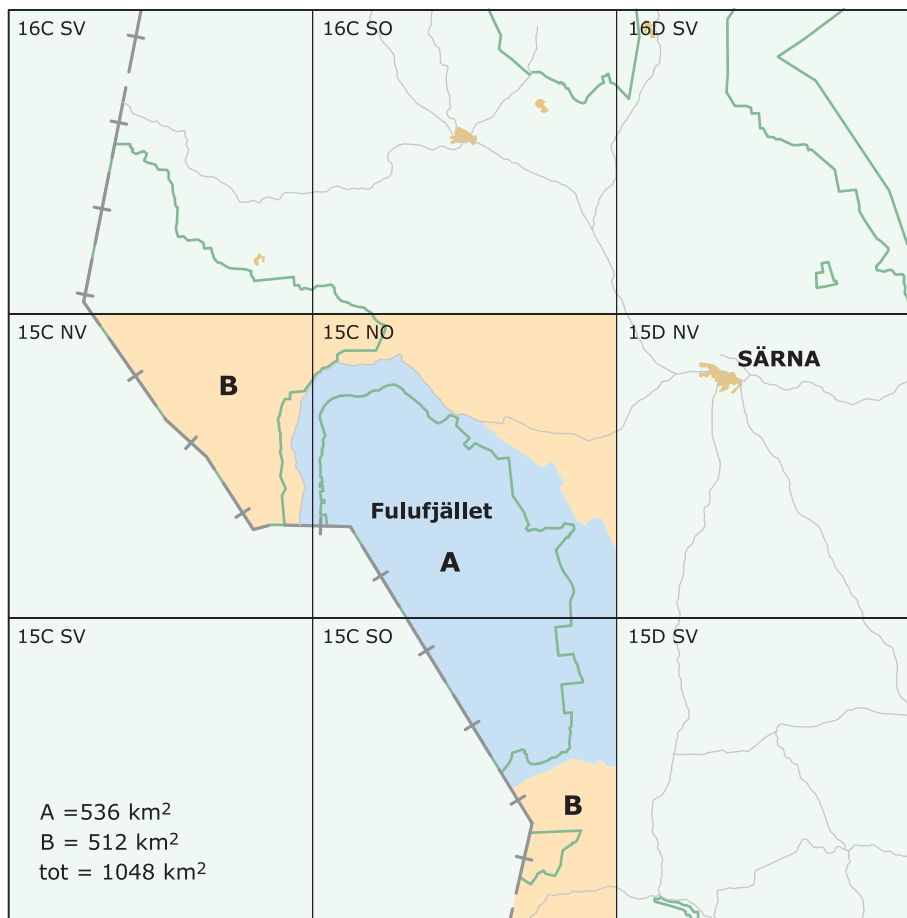


Fig. 1. Projektområdet med de två delområdena (A och B) markerade.

ALLMÄN GEOLOGI

Fulufjället som är beläget i nordvästra Dalarna utgörs främst av Dalasandsten, som har en mellanproterozoisk (jotnisk) ålder. Underordnat finns Öjebasalt samt diabaser av Särnatyp. Underlaget till sandstenen består i huvudsak av Dalaporfyr (Hjelmqvist 1966). De yngsta bergarterna inom kartområdet 15C är fanerozoiska (se Bylund & Patchett 1977), särnait, (nefelinsyenit) vars utbredning kan skönjas på den flygmagnetiska kartan (fig. 12) som en rund intrusion, samt tinguait. Den sistnämnda är en grön, vanligtvis ägirin-, biotit- och nefelinströkningsförande, alkalisk gångbergart som sällan påträffas i fast klyft, men rikligt som blockförekomster (Lundqvist 1951, 1997). Eftersom sommarens berggrundskartering enbart omfattade område A (fig. 1 och 2), och de fanerozoiska bergarterna samt Dalaporfyren ligger i område B (fig. 1), så behandlas dessa inte ytterligare här. Geofysiska mätningar i detta område utfördes dock inom särnaitens utbredningsområde, vilket beskrivs i geofysikavsnittet. Det bör också tilläggas att ett stort intresse har visats från prospektörer beträffande utbredningen av denna alkaliska bergart.

Mellanproterozoiska bergarter

Dalasandsten

De sedimentära bergarterna som utgör huvuddelen av berggrunden inom Fulufjällets naturreservat tillhör den övre avdelningen av Dalasandstenen, dvs. den del som ligger ovanför det stora "täck" med

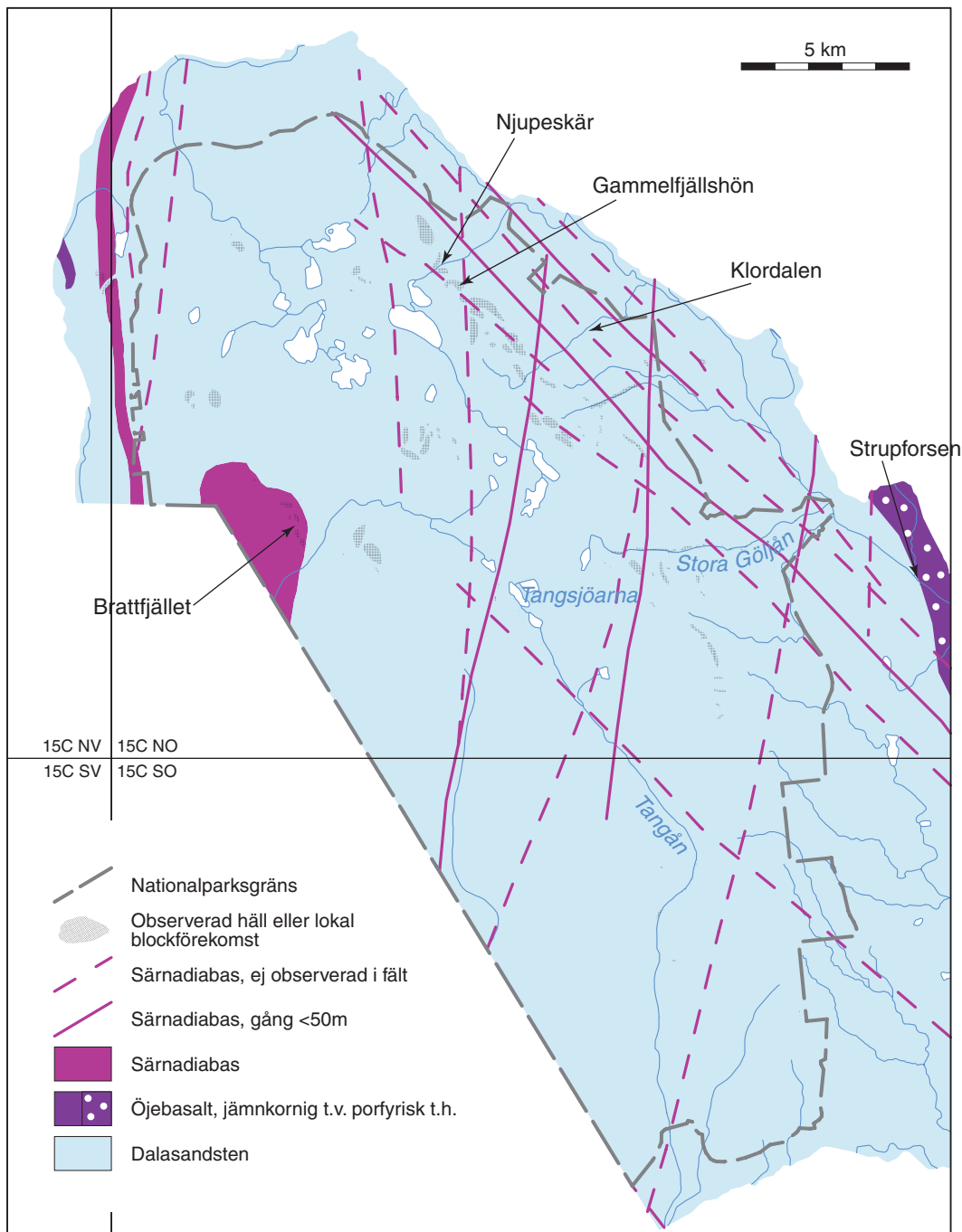


Fig. 2. Berggrundskarta över område A.

Öjebasalt som är inlagrat i sandstenen (se Hjelmqvist 1966). Den del som studerats på Fulufjället indelar vi generellt i två olika faciestyper, A och B. Facies A dominerar den övre delen av stratigrafien vilken är exponerad på fjällets högplatåer och bergstoppar, bl.a. på Gammelfjällshön (fig. 3). Där är de blottade hållarna vanligen frostvittrade, kraftigt uppspruckna och något tippade från sitt ursprungliga läge. Bankningsytorna stupar i huvudsak flackt och har varierande strykning. Facies A utgörs av medel- till tjockbankad rödgrå sandsten med kvartsarenitisk till subarkosisk sammansättning. Sandstenen är medel- till grovkornig, medelbra till väl sorterad med medelrundade till rundade klaster. Tabulärt korsskiktade, 1–3 m mäktiga enheter är vanligt förekommande inom facies A, men massiva eller otydligt parallellaminerade till flackt stupande, korsskiktade enheter förekommer också (fig. 4)

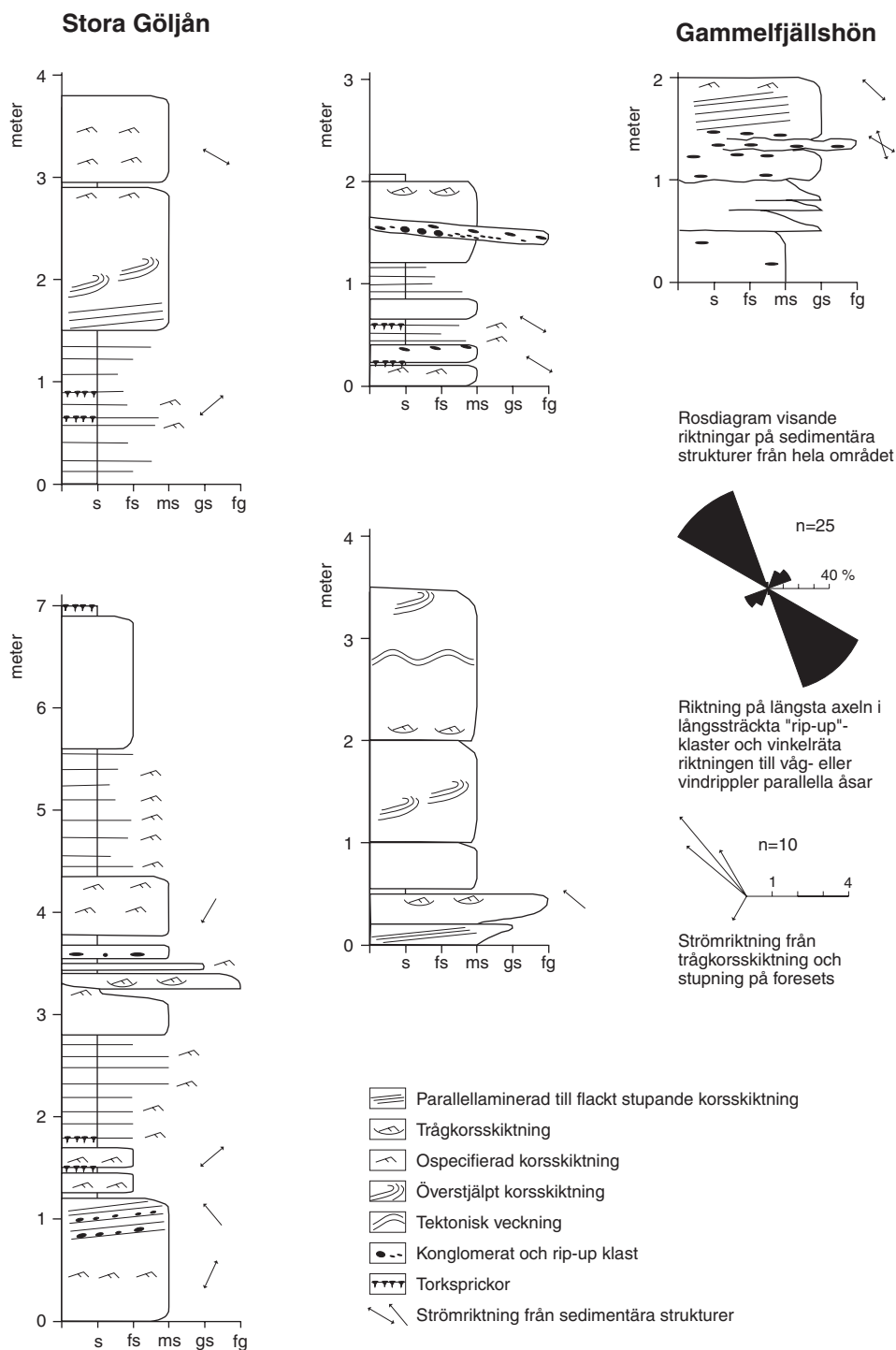


Fig. 3. Sedimentära loggar från Stora Göljån och Gammelfjällshön (för orientering, se fig. 2) samt rosdiagram visande riktningar på sedimentära strukturer från hela område A.

Skredstrukturer och överstjälpt korsskiktning i sandstenen indikerar att ostabila sedimentationsförhållanden rådde före den slutliga litifieringen av bergarten (fig. 5). Ler- och sandstensbollar ("rip-up clasts"), eller urvittrade hålrum efter dessa, förekommer längs vissa horisonter i sandstensenheter. Bollarna är utplattade, runda till långsträckta och varierar i storlek upp till 10 centimeters längd. De långsträckta bollarna är i de flesta fall orienterade i en förhärskande riktning, vilket indikerar den ursprungliga strömningsriktningen. De för facies A karaktäristiska, storskaligt korskiktade och



Fig. 4. Korsskiktningstruktur från Harrsjöhön (CMT040092, 6834213/1334119), koordinater i rikets nät.

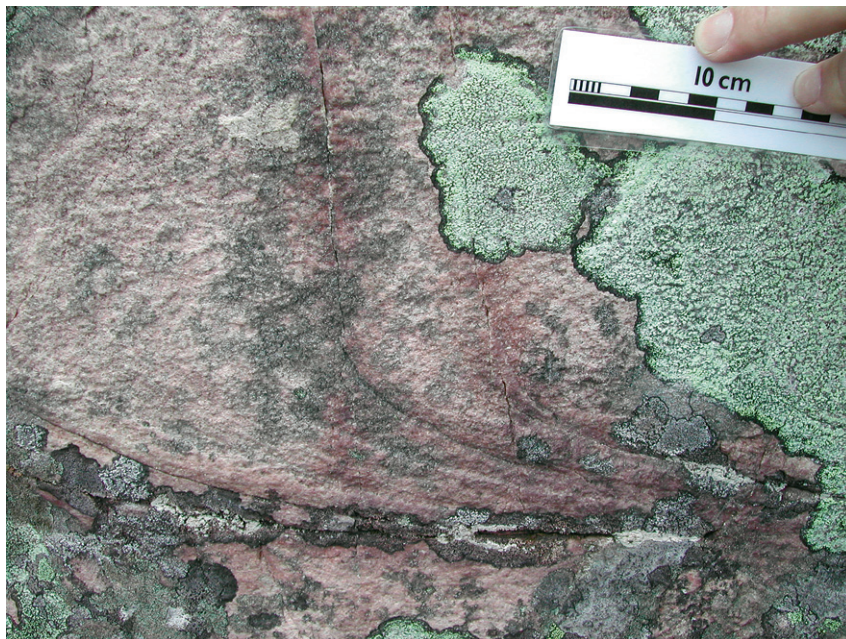


Fig. 5. Överstjälpst snedskiktning i tjockbankad sandsten, facies A, (DAN040100, 6839443/1334569), koordinater i rikets nät.

tjockbankade sandstenarna tyder på en avsättning i ett sedimentationsbäcken med relativt hög strömningensenergi och rik sedimenttillförsel. Frånvaron av fluviala erosionskanaler och mellanlagrande fin-kornigare flodslättsenheter utesluter en sedimentation i fluvial miljö. Mer troligt är att sandstenarna är eoliskt (luftburet) avsatta, vilket också diskuterats av Pulvertaft (1985a, b) eller bildades i ett vågdominerat delta.

Facies B består, förutom av sandsten lika facies A, av mer finskiktade enheter med slamstenar och fin- till medelkorniga sandstenar. Facies B är vanligast förekommande i den undre delen av stratigra-



Fig. 6. Strömrippler draperade med ett tunt lerskikt visande torksprickor. Bilden tagen längs Stora Göljån.



Fig. 7. Block visande raka och förgrenade rippler.

sjöstugorna. I kanjoner och flodfåror i Fulufjällets östliga och sydliga delar, exempelvis Klordalen, Stora Göljån och Tangån (fig. 2), finns blottade sektioner där den undre delen av stratigrafien kan studeras (fig. 3). De finkornigare sandstenarna och slamstenarna i facies B är rödbruna till violetta, med ljusgröna och beige fläckar och band. Typiska strukturer för facies B är vågmärken, vanligen draperade med ett tunt lerstenskikt, och torksprickor (fig. 6). Både symmetriska och asymmetriska vågmärken förekommer. I horisontalsnitt uppvisar dock alla ett mönster av raka parallella åsar, vilka emellanåt förgrenar sig och återstrålar typiskt sätt för vatten- eller vindgenererade vågmärken

fin, men finns på en del ställen även inlagrad i de övre sektionerna, exempelvis i hållarna vid Tang- (fig. 7). Torksprickorna uppvisar ett polygonmönster, i motsats till de subakvatiskt bildade krympsprickorna (t.ex. ”synerisis cracks”). Detta betyder att sedimenten var subaerilt exponerade under en viss del bildningstiden. De av ovanliggande sandsten igenfyllda torksprickorna kan även uppträda som återsedimenterade intraklater i korsskiktade sandstenar. Bergarter tillhörande facies B avspeglar en avsättningsmiljö med relativt låg strömningsenergi och ett inte alltför stort vattendjup och en periodisk torrläggning av sedimentationsbäckenet. Kustnära laguner och periodiska ökensjöar är exempel på sedimentationsbäcken där bergarter tillhörande facies B kan bildas.

Sedimentära strukturer vilka indikerar strömriktningar och dominerande vindriktningar visar att dessa förhållanden var relativt konstanta under avsättningen av hela sekvensen. Den dominerande sedimenttransporten skedde från sydöst mot nordväst vilket framgår av uppmätta strömriktningar från trågorsskiktning och stupningriktningar på snedskikt (fig. 3).

Öjebasalt

På Fulufällets nordvästra sluttning samt vid Strupforsen i öster finns utgåenden av Öjebasalt (”effusiv diabas” enligt Hjelmqvist 1966). I den västra blottningen är bergarten finkornig och svart, medan den i Strupforsen är fint medelkornig och plagioklasporfyrisk med upptill 1 dm stora kristaller (fig. 8). Där påträffas även blåsrums (mandlar) fyllda med kvarts och klorit. Öjebasalten har ännu ej åldersbestämts men enligt en datering (U-Pb i baddeleyit) av en gång i Bunkris (längs vägen mellan Särna och Älvdalen) som tolkas vara en matargång till Öjebasalten och skär igenom den undre delen av Dalasandstenen, är basalten $1\,462 \pm 1$ miljoner år gammal (Söderlund m fl 2004).



Fig. 8. Öjebasalt från Strupforsen med megakristaller av plagioklas (CMT040120, 6830254/1349047), koordinater i rikets nät.

Diabas

Inom det kartlagda området förekommer ett stort antal diabasgångar som endast i ett fåtal blottningar visar kontaktytor mot Dalasandsten. Enligt länskartan (Hjelmqvist 1966) kallas de Särnadiabas (efter Törnebohm 1877). Gångarna syns tydligast på den magnetiska anomalikartan (fig. 12) och har en nordväst-sydöstlig utsträckning längs Fulufällets nordöstra sluttning och utgör en tydlig höjdrygg i



Fig. 9. Kontakt mellan Dalasandsten t.v. och diabas t.h. Bild tagen mot söder vid Tangsjöarna (CMT040098, 6830188/1336533), koordinater i rikets nät.



Fig. 10. Flacka lager med Dalasandsten. I bakgrunden syns klippor av Särnadiabas (CMT040097, 6832699/1330629), koordinater i rikets nät.

den uppenbarligen mer lättvittrade Dalasandstenen. Ett antal nordligt till nordnordostligt strykande gångar är också uppenbara, men blottningar på dessa är sparsamt förekommande. En tydlig kontakt mot sandsten är blottad några hundra meter väster om Tangsjöarna (se fig. 2 och 9). På Brattfjället i den västra delen av Fulufjället finns ett stort område med blottad diabas, vilken orsakar en tydlig positiv magnetisk anomali vilken tolkas som en lagergång i sandstenen. Kontakten är inte blottad, men i en liten dalgång längre österut finns blottade horisontella lager med sandsten (fig. 10). Diabasen är yngre än Öjebasalten, vilket konstaterats genom att klippande förhållanden har observerats

i fält (Hjelmqvist 1966). Som syns på berggrundskartan (fig. 2) är diabasgångarna markerade som heldragna respektive streckade linjer, där de heldragna linjerna motsvarar gångar som observerats i håll medan de streckade är enbart geofysiskt tolkade (se även avsnittet metamorfos nedan).

Metamorfos och deformation

Fulufjällets bergarter, som är belägna strax öster om den kaledonska bergskedjan, har betraktats som relativt opåverkade av de tektoniska rörelser som bildade bergskedjan. Endast några noteringar angående deformation av Dalasandstenen i form av veckstrukturer har rapporterats i litteraturen (Olivecrona 1920, Sandell 1943, 1944). Vid ett besök i Klordalen 1999 (Fulufjällets nordöstra sluttning, se fig. 2) av Lars Karis, SGU m.fl. (muntligt meddelande) observerades dock en flackt liggande deformationszon, något som inte tidigare rapporterats från dessa trakter. Under sommarens fältarbete har uppföljningar gjorts i området, och ett antal flackt liggande deformationszoner har påträffats (fig. 11).

De uppföljningar av geofysiska anomalier som utfördes medelst markmätningar under sommaren 2004 (se under rubriken "Geofysiska undersökningar") ger visst underlag för hypotesen om en över-skjutningsrörelse åt öster. Med hjälp av markmätningarna med magnetometer samt observationer i håll har vissa gångars utgående vid markytan bekräftats. Andra, som ändå står i nära relation till dessa, har vid dessa mätningar inte gett den respons man kunde förvänta sig. Vid framträngandet tycks gångarna ha stannat på lägre nivåer eller blivit kapade av de observerade flacka skjuvzonerna. De övre delarna av gångarna påträffas därför längre mot öster, vilken är den tolkade rörelseriktningen i skjuvzonerna. Andra orsaker till de olika geofysiska signalementen är möjliga (se nedan).

Dalasandstenens diagenetiska status har studerats av Aldahan (1989), som konstaterat att litifieringen av Dalasandstenen som helhet skedde vid 150–200 °C och 1,5 kb. Lokalt är omvandlingsgraden högre vid kontakten till diabaser eller basalter. Detta kan observeras i det lilla område i väster som markerats som jämnkornig Öjebasalt (fig. 2), där sandstenen är omvandlad till kvartsit. En liknande företeelse påträffas i kontakten mellan Särnadiabas och Dalasandsten några hundra meter väster om Tangsjöarna (fig. 9).



Fig. 11. Veckad och skjuvad Dalasandsten i övre delen av Klordalen. Bilden tagen mot söder (CMT040104, 6835610/1339726), koordinater i rikets nät.

GEOFYSISKA UNDERSÖKNINGAR

Våren 2004 utfördes geofysiska flygmätningar över kartområdena 15C Fulufjället, 15D Särna och 14C Norra Finnskoga. Flyglinjeseparationen var 800 m och mätpunktsavståndet i linjerna 17 m. Flyghöjden låg omkring 60 m. Efter en noggrann analys av befintliga strukturdata valdes en ost–västlig flygriktning. Mätningarna omfattade magnetfält (Epok 1965, fig. 12), gammastrålning (fig. 13) och VLF-fält. Tyvärr har inga tyngdkraftsmätningar gjorts i området, och även tidigare petrofysisk provtagning saknas.

Vid tidpunkten för den berggrundsgeologiska länskarteringen under ledning av Hjelmqvist (1966) förelåg ännu inga geofysiska flygmätningar som kunde ha underlättat karteringsarbetet. Med avseende på större, sammanhängande geologiska enheter verkar detta inte ha spelat någon avgörande roll.

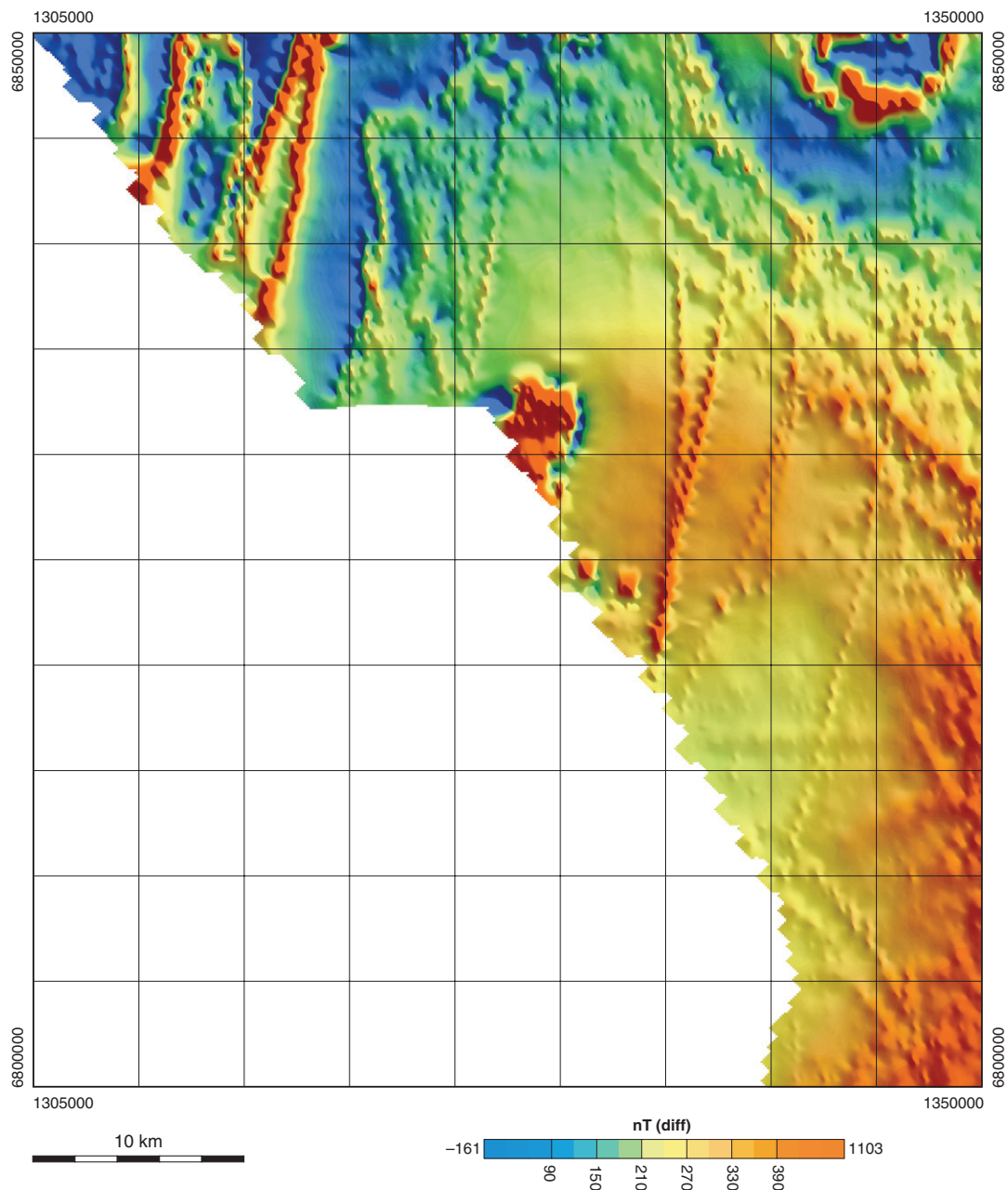


Fig. 12. Magnetisk anomalikarta över kartområdet 15C Fulufjället, notera den runda strukturen i nordöstra hörnet som bedöms motsvara sårnaitens utbredning.

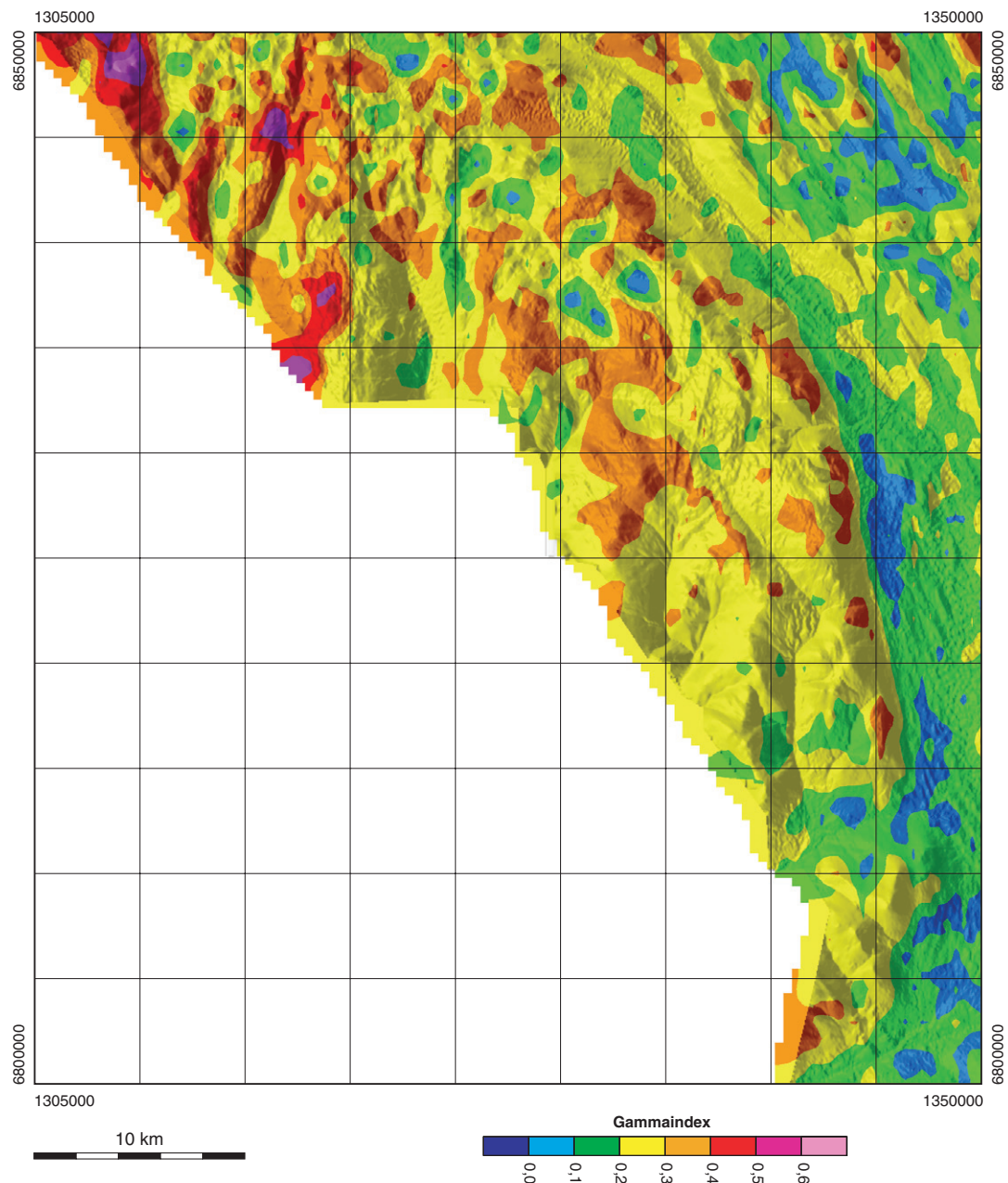


Fig. 13. Gammaindexkarta över kartområdet 15C Fulufjället. Som bakgrund ligger höjdreliëfkartan.

Sommarens fältarbete, bearbetade mark- och flyggeofysiska data samt en första analys visar emellertid bland annat, att jordmagnetfältet i området (både i och utanför kartområdet) karakteriseras av ett nätverk med avlånga anomalistråk som orsakas av svärmar med diabasgångar (fig. 12). Andra utmärkande drag är det ganska stora, sammanhängande område, som präglas av kortvågiga signaler och som sammanfaller med Öjebasaltens utbredning.

Fältarbetet (11 dagar) under sommaren 2004 ägnades i huvudsak åt den del av kartområdet som motsvarar den blivande geoturistkartan samt kringliggande delar av de norra kartområdena. Mätning av det jordmagnetiska fältet samt VLF-fältet utfördes längs ett antal profiler över diabaserna och över Särnaitintrusionen (se nedan). Orienterade bergartsprover av diabaserna har tagits på ett tiotal platser i syfte att studera eventuella generationsskillnader dem emellan. I övrigt utfördes rutinmässig provtagning och gammastrålningsmätning med spektrometer på samtliga huvudbergarter.

Särnait

I det nordöstra hörnet av kartområdet 15C framträder en tydligt cirkulär struktur i form av en ringformad, positiv magnetisk anomali med en diameter av ca 3–4 km som innesluter en kraftigt negativ anomali. Strukturen förorsakas av den så kallade sarnaiten (se ovan under geologi), men i dagsläget är det inte möjligt att göra en noggrannare korrelation mellan intrusionen och den magnetiska signalen. Ett av skälen är att de geofysiska flygmätningarna bara täcker den södra delen av strukturen. Det stora avståndet mellan flygstråken i förhållande till ringstrukturens utbredning (endast 5 flyglinjer korsar den) tillåter bara en mycket grov analys. Under de ca två dagar med geofysiskt fältarbete som gjordes på sarnaiten mättes också magnetfältet längs en profil som sträckte sig, från en punkt 1 000 m norr om gränsen för kartområdet till centrum av det låganomala området i strukturen, ca 700 m söder därom (fig. 14). Profilen uppvisar en kraftig anomalitröskel på 300 nT vid randen av det låganomala centrumet, men är annars ganska händelselös. Det innebär att bergarterna norr om denna tröskel är magnetiskt homogena. Det intressanta är att flygmätta data antyder förekomsten av en anomalirygg som sträcker sig även i ost–västlig riktning och som eventuellt delar ringstrukturen på mitten. Ytterligare flygmätningar kommer att ge mer information om strukturens utbredning och begränsning i den norra delen.

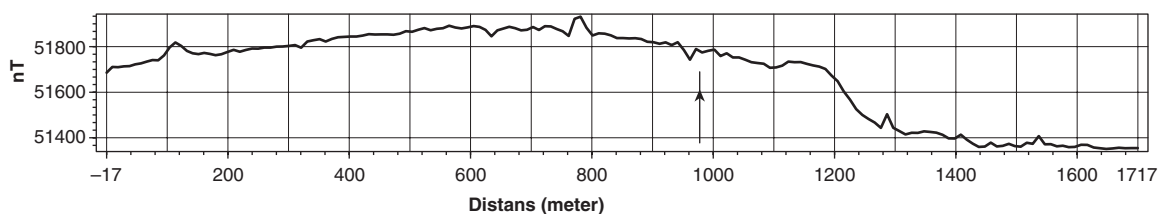


Fig. 14. Profilmätning med magnetometer över sarnaitintrusionen. Profilen går från norr till söder. Pilen indikerar kartbladsgränsen mellan 15C och 16C.

Diabasgångar

De mest framträdande geofysiska dragen orsakas av diabasgångarna som kan indelas i 2 (eventuellt 3) olika svärmar med var sin specifika riktning. Sett ur ett regionalt perspektiv kan alla diabaser tillhörande den dominerande gruppen med nordvästlig riktning ses som fortsättningen på de så kallade nordvästdiabaserna (Åsbydiabas), som förekommer i hela Bergslagen och vanligen har konstant riktning. Att döma av magnetfältdata slår dessa gångar också igenom Öjebasalten öster därom, men inte igenom det övre sandstenslagret på Fulufjället. Utöver denna nordvästliga grupp avslöjar magnetfältdata en svärm av diabasgångar (Särnadiabas, nordlig till nordnordostlig riktning) som slår igenom samtliga enheter på Fulufjället. Dessa diabasgångar har stupningar som varierar från vertikal till brant åt väster. Som nämndes ovan har denna typ av diabas hittats i fast klyft vid flera lokaler på fjället. Detaljerade geofysiska markundersökningar, utförda över två grenar av en diabasgång nära Tangsjöarna mitt på Fulufjället, visade att diabasgångarna kan ha en bredd på upp till 50 meter. Emellertid verkar de med hänsyn till sin magnetiska signal inte vara kontinuerliga enheter (fig. 15). Det stora avståndet mellan flyglinjerna tillåter naturligtvis inte samma detaljåtergivning som vid 200 meters linjeseparation, och därför är det omöjligt att se att signalen från diabaserna kan försvinna helt och hållet, som här mellan två flyglinjer. I den markmätta profilen (A) avslöjas att signalen för den västliga diabasgrenen har raderats ut. En profil (B), ca 100 m söder om den beskrivna, ger i alla fall en antydning om en bred anomali med liten amplitud för den västliga diabasen.

Att magnetfältanomalin försvagas eller försvinner helt kan antingen bero på en mycket omfattande djupvittring av diabasen och/eller kraftiga variationer i diabasens magnetiska egenskaper. Förmodligen är båda faktorerna verksamma. En tredje förklaring har nämnts under rubriken "Deformation och metamorfos".

Diabasgångarna är bundna till sprickor eller förkastningar vilket markmätningar med elektromagnetiska metoder (WADI) bekräftar. På flygfoton tagna i det infraröda spektret, som används

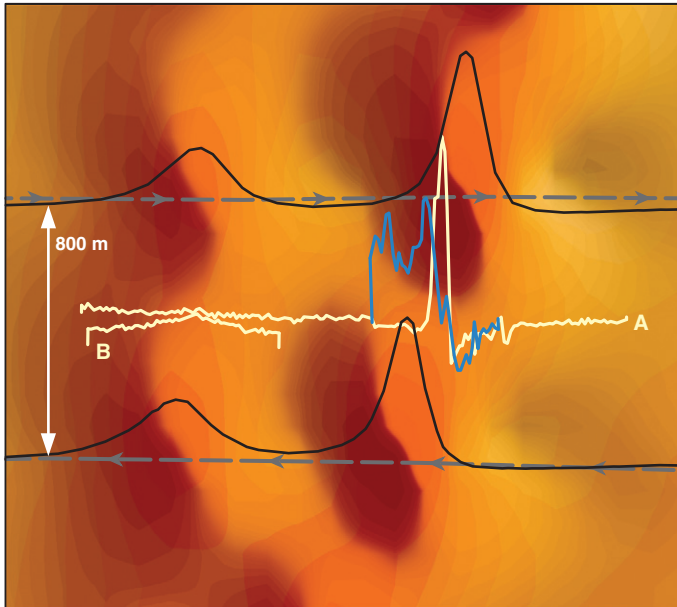


Fig. 15. Profilmätning (A och B) med magnetometer över gångar med Särnadiabas. Den östra anomalin indikerar den gång som är blottad väster om Tangsjöarna (fig. 2 och 9), den västra anomalin har däremot inte påträffats i fält. Profil A visar också att den västra gången saknas i området mellan de flygmätta linjerna och indikeras endast svagt i profil B.

vid jordartskarteringen på Fulufället, syns dessa samt flera andra, av diabaser förorsakade lineament mycket tydligt längs hela sin utsträckning. Då också Lantmäteriets topografiska 50 m-databas visar de ovan beskrivna lineamenten, kan man anta att bredden på gångarna eller sprickzonerna är ca 50 m.

Öjebasalt

Figur 16 visar utbredningen av Öjebasalten så som den preliminärt har tolkats från geofysiska data. Dess magnetiska signatur karakteriseras av en kortvågig signal med små amplituder. Detta har sin orsak i geografiskt snabbt varierande magnetiska egenskaper. Susceptibiliteten kan variera från 50 till 2000×10^{-5} SI-enheter. Generellt har den porfyriska typen av Öjebasalt högre susceptibilitet (1000 – 2000×10^{-5} SI-enheter) och den (deuteriskt?) omvandlade typen ca 60×10^{-5} SI-enheter. Som jämförelse kan nämnas, att Särnadiabasen har en susceptibilitet som ligger mellan 400 och 1500×10^{-5} SI-enheter. Detta skiljer denna diabastyp från den som Hjelmqvist kallar Åsbydiabas och som har konstant hög susceptibilitet. Diabasernas egenskaper får dem att kontrastera tydligt mot sandstenarna, vilka i stort sett inte uppvisar någon (positiv) magnetiserbarhet alls.

Den preliminärt tolkade utbredningen av de flackt liggande diabaserna stämmer ganska väl överens med den tidigare karteringen (Hjelmqvist 1966). I lokaler där sandsten anstår, men som faller inom det geofysiskt tolkade området med diabas, är sandstentäcket med största sannolikhet av ringa mäktighet.

En 3D-tolkning av diabastäcket med hjälp av topografiska data antyder, att de tolkade gränserna motsvarar skärningslinjerna mellan dess överyta och den topografiska ytan. En enkel rekonstruktion av denna överyta leder till slutsatsen att basalterna stupar mellan 14 och 18 grader åt nordost.

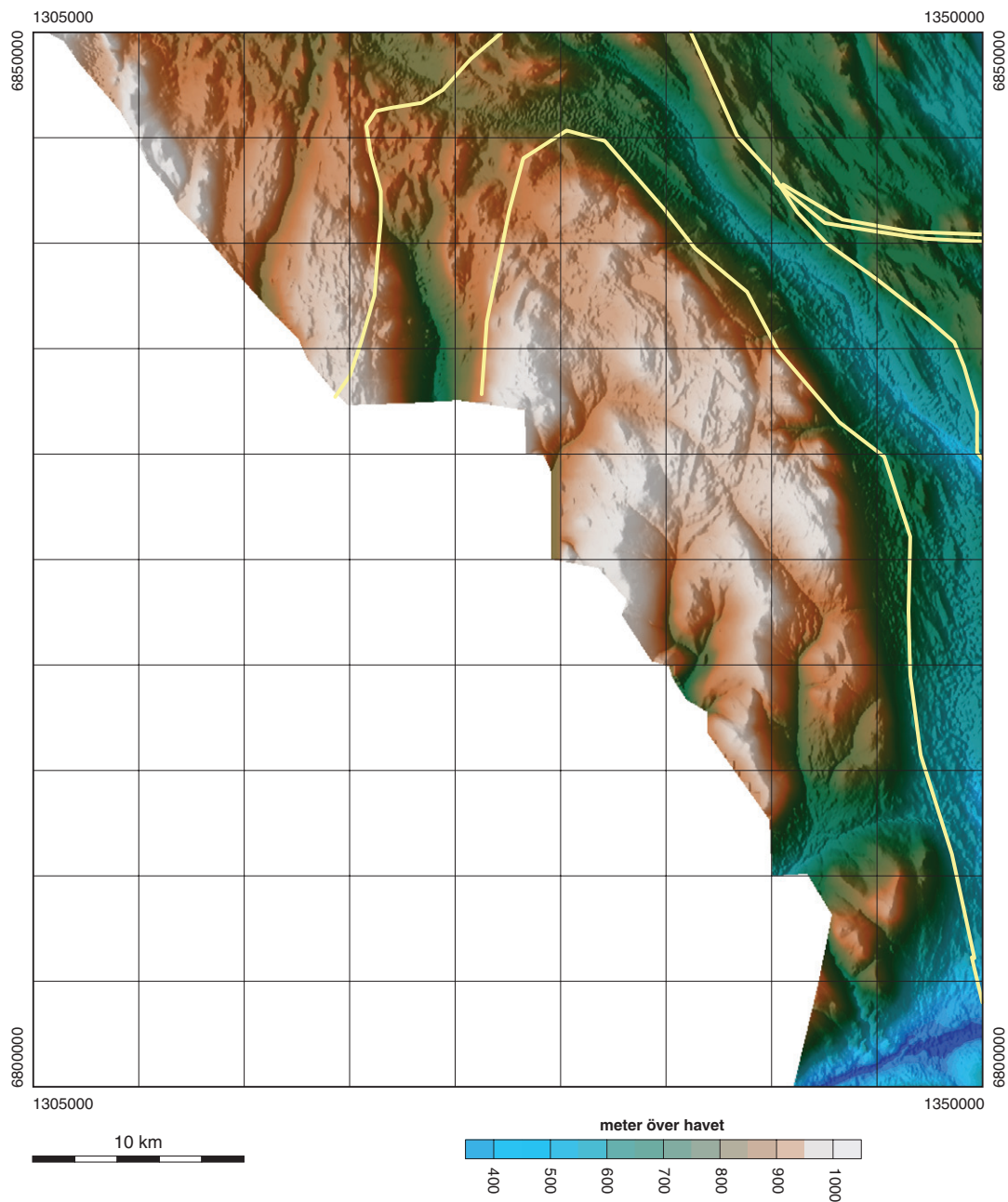


Fig. 16. Höjdreliëfkarta över kartområdet 15C Fulufjället. Linjerna visar Öjebasaltens utbredning som preliminärt tolkats från geofysiska data.

REFERENSER

- Aldahan, A.A., 1989: Mineral diagenesis and Petrology of the Dala sandstone, central Sweden. *Bulletin of the Geological Institutions of the University of Uppsala* 12, 1–48.
- Bylund, G. & Patchett, P.J., 1977: Paleomagnetic and Rb-Sr isotopic evidence for the age of the Särna alkaline complex, western central Sweden. *Lithos* 10, 73–79.
- Hjelmqvist, S., 1966: Beskrivning till berggrundskarta över Kopparbergs län. *Sveriges geologiska undersökning Ca* 40, 217 s.
- Lundqvist, J., 1951: Särnatinguaiterna och deras blockspridning. *Geologiska föreningens i Stockholm förhandlingar* 73, 17–50.

- Lundqvist, J., 1997: The tinguaitite boulder fan in northern Dalarna, Sweden and the Permo-Carboniferous rifting of Scandinavia. *GFF* 119, 123–126.
- Olivecrona, H., 1920: Om Västerdalarnas sandstensformation och dess tektonik. *Geologiska föreningens i Stockholm förhandlingar* 42, 323–362.
- Pulvertaft, T.C.R., 1985a: Paleocurrent directions in the lower Dala sandstone, west central Sweden. *GFF* 107, 59–62.
- Pulvertaft, T.C.R., 1985b: Aeolian dune and wet interdune sedimentation in the Middle proterozoic Dala sandstone, Sweden. *Sedimentary Geology* 44, 93–111.
- Sandell, A., 1943: Om Transtrandsfjällen. *Svensk geografisk årsbok* 19, 74–95.
- Sandell, A., 1944: Morphological studies within the south-eastern marginal region of the Dala-sandstone plateau. *Svensk geografisk årsbok* 20, 174–207.
- Söderlund, U., Patchett, P.J., Isachsen, C. & Bylund, G., 2004: Baddeleyite U-Pb dates and Hf-Nd isotope composition of mafic dyke swarms in Sweden and Finland. *GFF* 126, 38.
- Törnebohm, A.E., 1877: Om Sveriges viktigare diabas- och gabbro-arter. *Kungliga Svenska vetenskapsakademiens handlingar* 14, 55 s.

E-post: lutz.kubler@sgu.se claes.mellqvist@sgu.se

Kartor och övriga publikationer 2004

Kartor

Bergman, S., Johansson, Å. & Stephens, M.B., 2004: Sveriges berggrund från urtid till nutid, skala 1:1 500 000. *Sveriges geologiska undersökning Ba 76*.

Bergström, U., Antal Lundin, I., Winnes, K., & Weihed, P., 2004a: Berggrundskartan 23J Norsjö SV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 174*.

Bergström, U., Antal Lundin, I., Winnes, K., & Weihed, P., 2004b: Berggrundskartan 23J Norsjö SV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 175*.

Bergström, U., Antal Lundin, I., Winnes, K., & Weihed, P., 2004c: Berggrundskartan 23J Norsjö NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 176*.

Bergström, U., Antal Lundin, I., Winnes, K., & Weihed, P., 2004d: Berggrundskartan 23J Norsjö SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 177*.

Kathol, B. & Triumpf, C.-A., 2004a: Berggrundskartan 24J Arvidsjaur NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 148*.

Kathol, B. & Triumpf, C.-A., 2004b: Berggrundskartan 24J Arvidsjaur NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 149*.

Kathol, B. & Triumpf, C.-A., 2004c: Berggrundskartan 24J Arvidsjaur SV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 150*.

Kathol, B. & Triumpf, C.-A., 2004d: Berggrundskartan 24J Arvidsjaur SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 151*.

Thelander, T. & Kero, L., 2004a: Berggrundskartan 21K Robertsfors NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 182*.

Thelander, T. & Kero, L., 2004b: Berggrundskartan 21K Robertsfors SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 183*.

Thelander, T. & Kero, L., 2004c: Berggrundskartan 21K Robertsfors NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 184*.

Thelander, T. & Kero, L., 2004d: Berggrundskartan 21K Robertsfors SV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 185*.

Thelander, T. & Kero, L., 2004e: Berggrundskartan 21L Änäset NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 186*.

Wikman, H., 2004: Berggrundskartan 5E Växjö NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 216*.

Witschard, F., Thelander, T., Kübler, L., Stölen, L.K. & Perdahl, J.-A., 2004a: Berggrundskartan 29I Kebnekaise SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 198*.

Witschard, F., Thelander, T., Kübler, L., Stölen, L.K. & Perdahl, J.-A., 2004b: Berggrundskartan 29I Kebnekaise NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 199*.

Övriga publikationer

Externa och interna arbeten som medarbetare från berggrunds enheten är delaktiga i.

Ahl, M., Gorbatshev, R. & Sundblad, K., 2004: The Rätan batholith. / K. Högdahl, U.B. Andersson & O. Eklund (red.). The Transscandinavian Igneous Belt (TIB) in Sweden: a review of its character and evolution. *Geological Survey of Finland, Special Paper 37*, 75–76.

Ahl, M., Andersson, U.B., Lundqvist, T. & Sundblad, K., 2004: The Dalagranitoids. / K. Högdahl, U.B. Andersson & O. Eklund (red.): The Transscandinavian Igneous Belt (TIB) in Sweden: a review of its character and evolution. *Geological Survey of Finland, Special Paper 37*, 70–74.

Ahl, M., Lundqvist, L., Antal Lundin, I. & Högdahl, K., 2004a: Feldspar megacryst-rich granitic rocks in central Sweden. *GFF 126*, 15.

Ahl, M., Lundqvist L., Antal Lundin I. & Högdahl, K., 2004b: Magmatic and tectonic development in the area between Hassela shear zone and Storsjö-Edsbyn zone, central Sweden. *Sveriges geologiska undersökning, Rapport 2004:4*, 6–8.

Andersson, U.B., Högdahl, K., Sjöström, H. & Bergman, S., 2004: Magmatic, detrital, and metamorphic ages in metamorphic rocks from south-central Sweden. *GFF 126*, 16–17.

Bergkvist, L. & Jonsson, E., 2004: The Lahäll Pb-Zn-(Ag-Fe-As-Cu-Sn) sulphide deposit, Långban, Bergslagen – a metamorphosed Svecofennian mineralisation? *GFF 126*, 147.

Bergman, S., Högdahl, K. & Sjöström, H., 2004: Shear zones in the Rätan and southern Revsund areas. / K. Högdahl, U.B. Andersson & O. Eklund (red.): The Transscandinavian Igneous Belt (TIB) in Sweden: a review of its character and evolution. *Geological Survey of Finland, Special Paper 37*, 89–101.

Bergman, S., Persson, P.-O., Delin, H., Stephens, M.B. & Bergman, T., 2004: Age and significance of the Hedesunda granite and related rocks, south-central Sweden. *GFF 126*, 18–19.

Bergman, T., Andersson, J., Hermansson, T., Zetterström Evins, L., Petersson, J., Albrecht, L., Nordman, C. & Stephens, M.B., 2004: Forsmark site investigation. Bedrock mapping. Stage 2 (2003) – Bedrock data from outcrops and the basal parts of trenches and shallow boreholes through the Quaternary cover. *Svensk Kärnbränslehantering AB Rapport P-04-91*, 37 s.

Carlsten, S., Petersson, J., Stephens, M.B., Mattsson, H. & Gustafsson, J., 2004a: Geological single-hole interpretation of KFM01A, KFM01B and HFM01-03 (DS1). *Svensk Kärnbränslehantering AB Rapport P-04-116*, 44 s.

Carlsten, S., Petersson, J., Stephens, M.B., Mattsson, H. & Gustafsson, J., 2004b: Geological single-hole interpretation of KFM02A and HFM04-05 (DS2). *Svensk Kärnbränslehantering AB Rapport P-04-117*, 39 s.

Carlsten, S., Petersson, J., Stephens, M.B., Mattsson, H. & Gustafsson, J., 2004c: Geological single-hole interpretation of KFM04A and HFM09-10 (DS4). *Svensk Kärnbränslehantering AB Rapport P-04-119*, 37 s.

Carlsten, S., Petersson, J., Stephens, M.B., Thunehed, H. & Gustafsson, J., 2004a: Geological single-hole interpretation of KFM03B, KFM03A and HFM06-08 (DS3). *Svensk Kärnbränslehantering AB Rapport P-04-118*, 41 s.

Carlsten, S., Petersson, J., Stephens, M.B., Thunehed, H. & Gustafsson, J., 2004b: Geological single-hole interpretation of HFM11-13 and HFM16-18. *Svensk Kärnbränslehantering AB Rapport P-04-120*, 45 s.

Černý, P., Chapman, R., Ferreira, K. & Smeds, S.-A., 2004: Geochemistry of oxide minerals of Nb, Ta, Sn, and Sb in the Varuträsk granitic pegmatite, Sweden: The case of an "anomalous" columbite-tantalite trend. *American Mineralogist 89*, 505–518.

Claeson, D.T. & Meurer, W.P., 2004: Fractional crystallization of hydrous basaltic "arc-type" magmas and the formation of amphibole-bearing gabbroic cumulates. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 147, 288–304.

Delin, H. (red.), 2004: Bergrundsgeologisk undersökning. Sammanfattning av pågående verksamhet 2003. *Sveriges geologiska undersökning Rapport och meddelanden* 116, 139 s.

Däcker, E., Jonsson, E. & Broman, C., 2004: The case of an "unexotic" Långban analogue: fluid inclusions and mineralogy of the Gustavsgruvorna Fe-(Mn) oxide deposit, Bergslagen. *GFF* 126, 148.

Hermansson, J., Andersson, J., Page, L., Bergman, T. & Stephens, M.B., 2004: Reconstructing the igneous and high-T tectonothermal history of the Forsmark area, south-central Sweden – implications from U-Pb (zircon) geochronology. *GFF* 126, 172–173 (abstract).

Högdahl, K. & Ahl, M., 2004: Granite ages and some problems of rock classification. / K. Högdahl, U.B. Andersson & O. Eklund (red.). The Transscandinavian Igneous Belt (TIB) in Sweden: a review of its character and evolution. *Geological Survey of Finland, Special Paper* 37, 86–89.

Högdahl, K. & Jonsson, E., 2004a: The Horrsjö complex in the Bergslagen ore province: a Palaeoproterozoic caldera with a mineralised rim? *GFF* 126, 23.

Högdahl, K. & Jonsson, E., 2004b: U-Pb geochronology of Hyttsjö granites in the Långban-Nordmark ore district, western Bergslagen. *GFF* 126, 23–24.

Isaksson, H., Thunehed, H., Triumf, C.-A., Persson, L., Kero, L. & Stephens, M.B., 2004: Methods of interpretation of topographic and airborne geophysical data – lineaments and fracture zones. *GFF* 126, 173 (abstract).

Jonsson, E. & Stephens, M.B., 2004: Investigation of alkaline rocks in the Prästrun and Åkersjön areas, Jämtland. *Sveriges geologiska undersökning Rapport* 08-1129/2004.

Jonsson, E., Billström, K., Boyce, A. J. & Broman, C., 2004: Metallogensis and paragenetic evolution of the Långban Fe-Mn-(Ba-As-Pb-Sb...) deposit, Bergslagen, Sweden. *GFF* 126, 150.

Mattsson, H., Stanfors, R., Wahlgren, C.-H., Carlsten, S. & Hultgren, P., 2004: Oskarshamn site investigation. Geological single-hole interpretation of KSH02 and KAV01. *SKB P-04-133*, 30 s.

Mattsson, H., Stanfors, R., Wahlgren, C.-H., Stenberg, L. & Hultgren, P., 2004: Oskarshamn site investigation. Geological single-hole interpretation of KSH01A, KSH01B, HSH01, HSH02 and HSH03. *SKB P-04-32*, 29 s.

Meurer, W.P., Hellström, F.A. & Claeson, D.T., 2004: The relationship between chlorapatite and PGE-rich cumulates in layered intrusions: the Kläppsjö Gabbro, north-central Sweden, as a case study. / J.E. Mungall, W.P. Meurer & R.F. Martin (red.): Platinum-Group Elements: Petrology, Geochemistry, Mineralogy. *Canadian Mineralogist Thematic Issues* 42, part 2, 279–289.

Möller, C., Snäll, S. & Stephens, M.B., 2004: Dissolution of quartz, vug formation and new grain growth associated with hydrothermal alteration in KFM02A, Forsmark. *GFF* 126, 175–176 (abstract).

Page, L., Hermansson T., Söderlund, P., Andersson, J. & Stephens, M.B., 2004: Forsmark site investigation. Bedrock mapping. U-Pb, ⁴⁰Ar/³⁹Ar and (U-Th)/He geochronology. *Svensk Kärnbränslehantering AB Rapport P-04-126*, 64 s.

Sjöström, H., Högdahl, K., Persson, K.S. & Bergman, S., 2004: The shear zones of central Sweden. *GFF* 126, 35–36.

Sjöström, H., Högdahl, K., Bergman, S., Rauseus, G. & Amcoff, Ö., 2004: Structural inheritance and orogenic collapse in the central Scandinavian Caledonides. *GFF* 126, 86.

- SKB, 2004: Preliminary site description. Simpevarp area – version 1.1. *SKB R-04-25*, 465 s.
- Stephens, M.B. i SKB, 2004: Preliminary site description. Forsmark area – version 1.1. *Svensk Kärnbränslehantering AB Rapport R-04-15*, 399 s.
- Stephens, M.B. & Hermansson, J., 2004: Rock domains and major structures at Forsmark – a new three-dimensional geological model. *GFF 126*, 177–178 (abstract).
- Stephens, M.B., Andersson, J. & Bergman, T., 2004: Character and structural framework of the bedrock, Forsmark, south-central Sweden. *GFF 126*, 178 (abstract).
- Wagner, T., Boyce, A.J., Jonsson, E. & Fallick, A.E., 2004: Laser microprobe sulphur isotope analysis of arsenopyrite: experimental calibration and application to the Boliden Au-Cu-As massive sulphide deposit. *Ore Geology Reviews 25*, 311–325.
- Wahlgren, C.-H. & Stephens, M.B., 2004: Tectonometamorphic reworking of TIB rocks during the Sveconorwegian orogeny, south-central Sweden. / K. Högdahl, U.B. Andersson & O. Eklund (red.): The Transscandinavian Igneous Belt (TIB) in Sweden: a review of its character and evolution. *Geological Survey of Finland, Special Paper 37*, 56–58.
- Wahlgren, C.-H., Sandahl, K.-A., Berglund, J., Pettersson, J. & Persson, P.-O., 2004: Bedrock geology of the Simpevarp peninsula and the Ävrö and Hålö islands. *GFF 126*, 179 s.
- Wahlgren, C.-H., Ahl, M., Sandahl, K.-A., Berglund, J., Pettersson, J., Ekström, M. & Persson, P.-O., 2004: Oskarshamn site investigation. Bedrock mapping 2003 – Simpevarp subarea. Outcrop data, fracture data, modal and geochemical classification of rock types, bedrock map, radiometric dating. *SKB P-04-102*, 59 s.
- Wickström, L.M., 2004: Testing hypotheses of conodont relationships in the Lower Palaeozoic. *GFF 126*, 115.



Geological Survey of Sweden
Box 670
SE-751 28 Uppsala
Phone: +46 18 17 90 00
Fax: +46 18 17 92 10
www.sgu.se

Uppsala 2005
ISSN 0349-2176
ISBN 91-7158-709-8
Tryck: Edita Norstedts Tryckeri