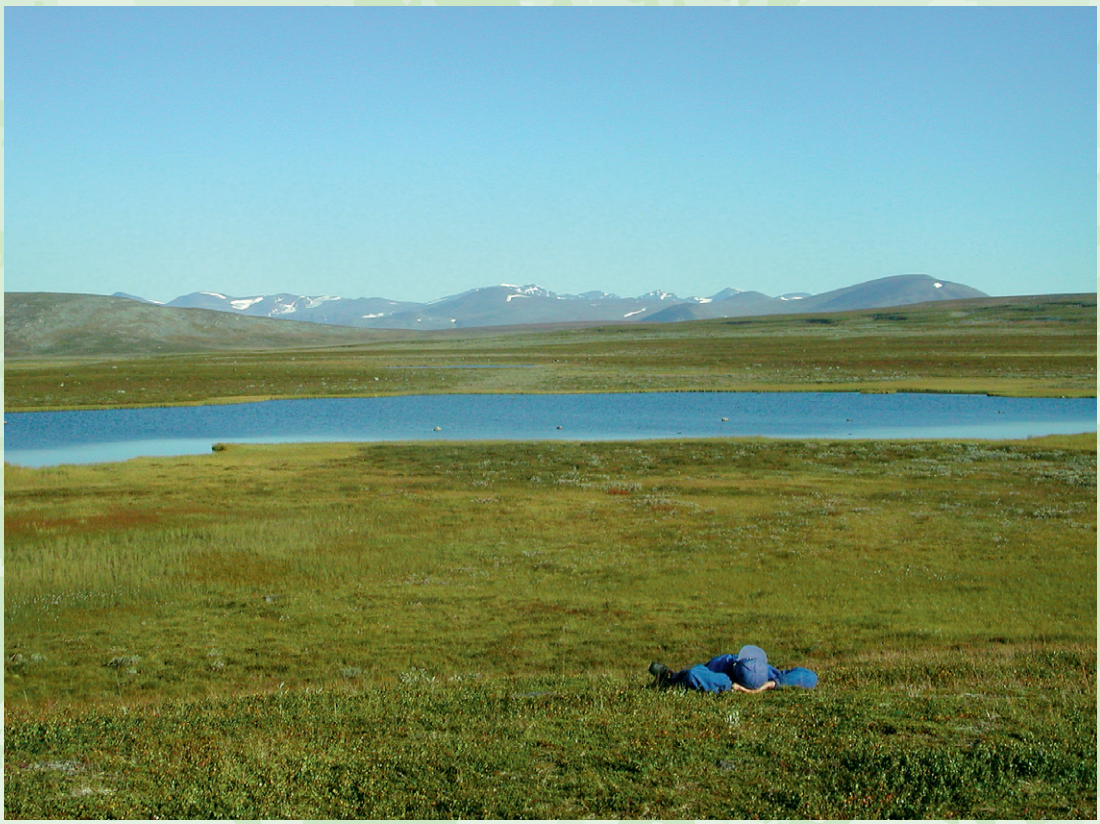
Rapporter och meddelanden 112

Berggrundsgeologisk undersökning

Sammanfattning av pågående verksamhet 2002

Hans Delin (red.)



SGU
Sveriges geologiska undersökning
Geological Survey of Sweden

Rapporter och meddelanden 112

Berggrundsgeologisk undersökning

Sammanfattning av pågående verksamhet 2002

Bedrock mapping
Summary of ongoing activities 2002
with an introduction in English

Hans Delin (red.)

Sveriges geologiska undersökning
2003

ISBN 0349-2176
ISSN 91-7158-681-4

Omslagsbild: Utsikt från Rovas (29I Kebnekaise SO) och Pärveförkastningen mot Kebnekaisemassivet i nordväst. Personen i förgrunden vilar på det höjda berggrundsblocket vid Pärveförkastningen. Foto Benno Kathol.

© Sveriges geologiska undersökning

Layout: Agneta Ek, SGU
Tryck: Elanders Tofters, Östervåla 2003

INLEDNING

I denna skrift presenteras sammanfattningar av de fältarbeten och övriga undersökningar som utfördes under fältsäsongen 2002 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 nionde 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 31 december 2002.

Den insamlade berggrundsgeologiska informationen lagras successivt i en hälldatabas med hjälp av det internt utvecklade programmet BGDATA. De färdiga berggrundskartorna är tillgängliga både i tryckt form och som kartdatabaser. Produktionsläget för dessa framgår av figurerna 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 2002 within the Geological Survey of Sweden's (SGU) programme for regional bedrock mapping. It aims to present the status of bedrock map production at SGU as at 31st December 2002 and to provide access to new geological information from ongoing projects prior to final release when the material is published.

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

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

Hans Delin
Senior State Geologist

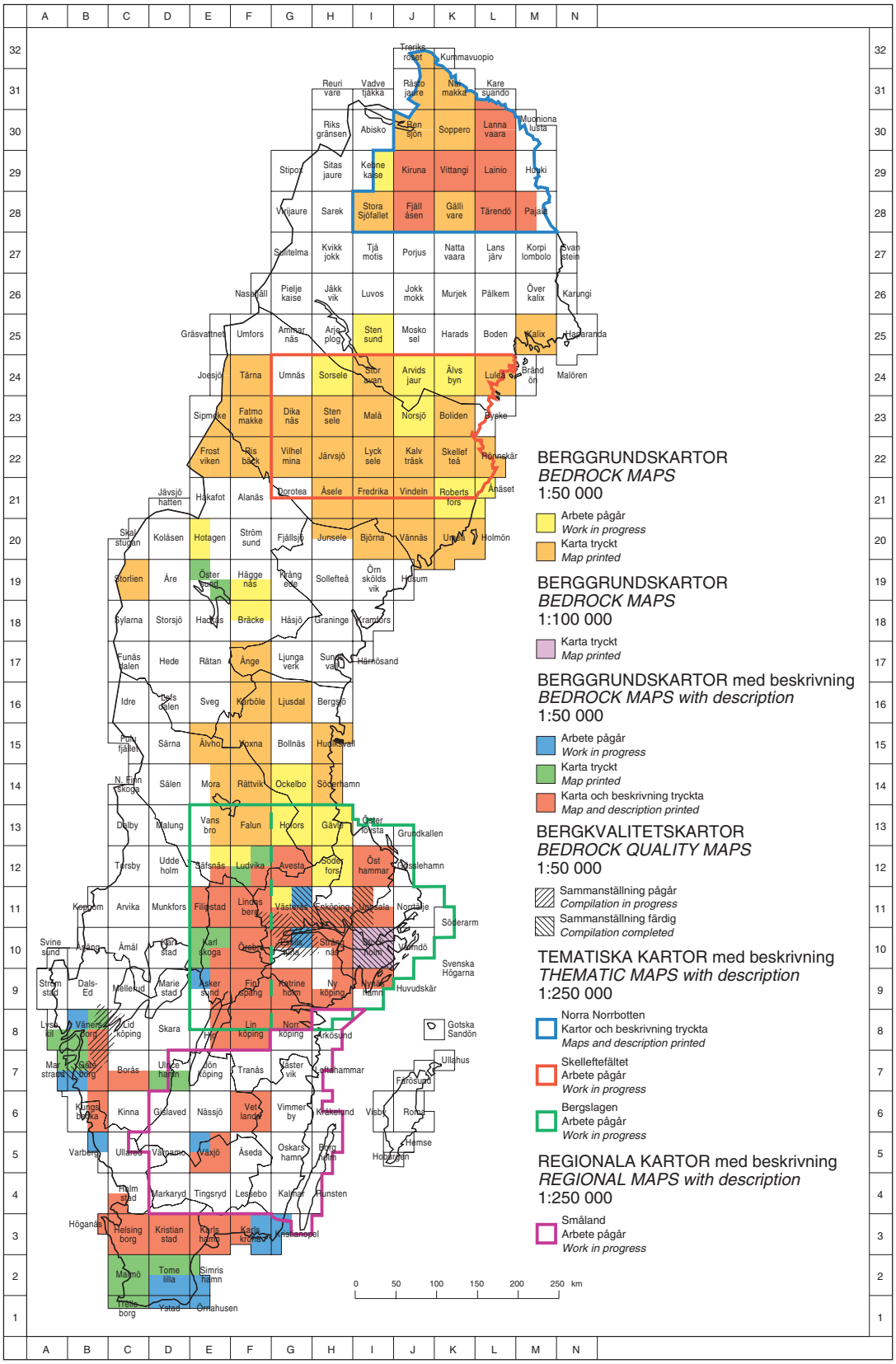


Fig. 1. Produktionsläget för berggrundskartor i skala 1:50 000, regionala berggrundskartor i skala 1:250 000 samt tematiska sammanställningar i skala 1:250 000 (2003-03-31).

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 (2003-03-31).

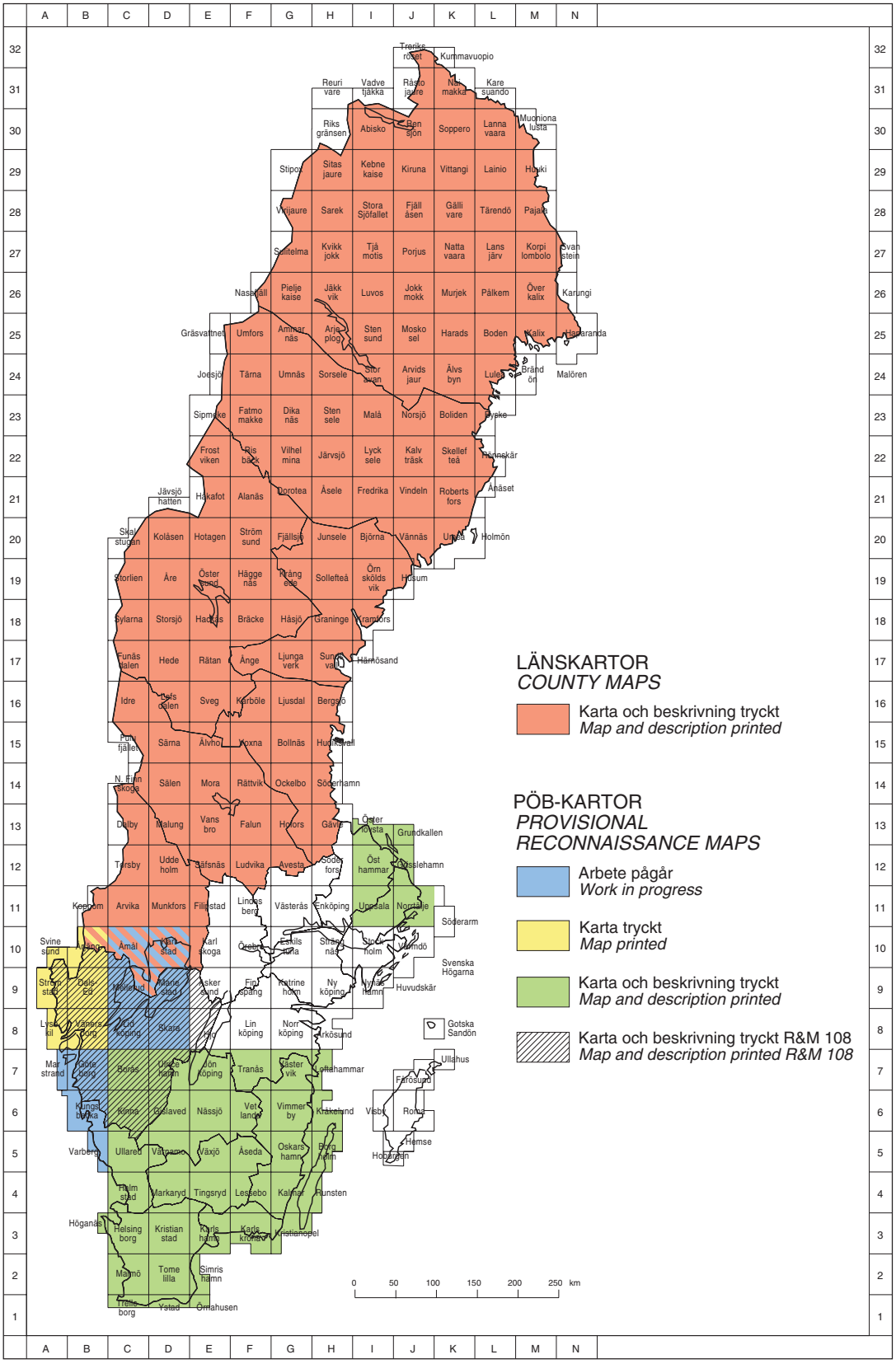


Fig. 2. Produktionsläget för länskartor i skala 1:200 000 respektive 1:400 000 och provisoriska översiktliga berggrundskartor (PÖB) i skala 1:250 000 (2003-03-31).

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 (2003-03-31).

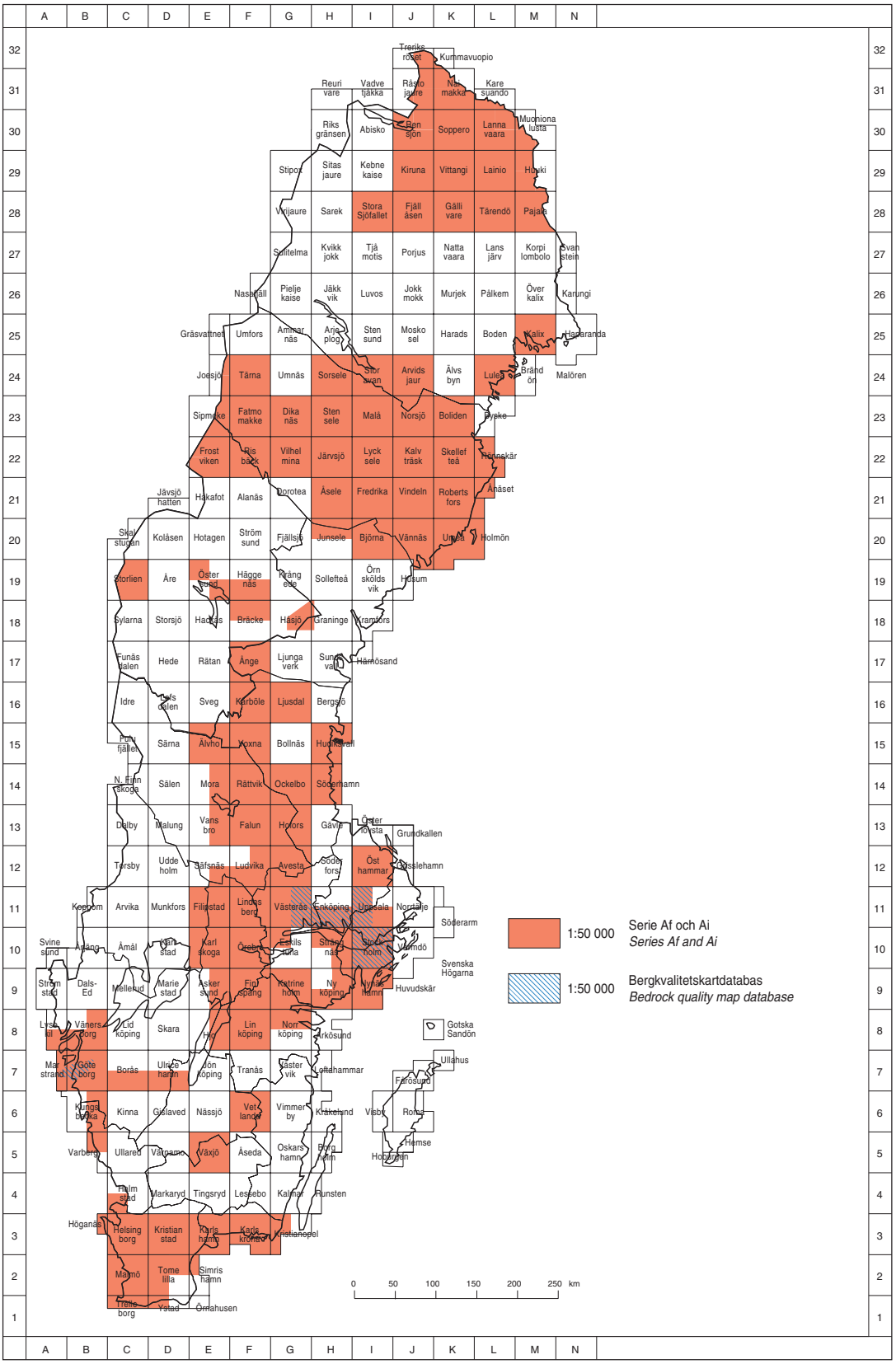


Fig. 3. Produktionsläget för digitala lokala berggrundskartor. Den angivna skalan i teckenförklaringen anger den skala i vilken kartan är digitaliserad (2003-03-31).

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 (2003-03-31).

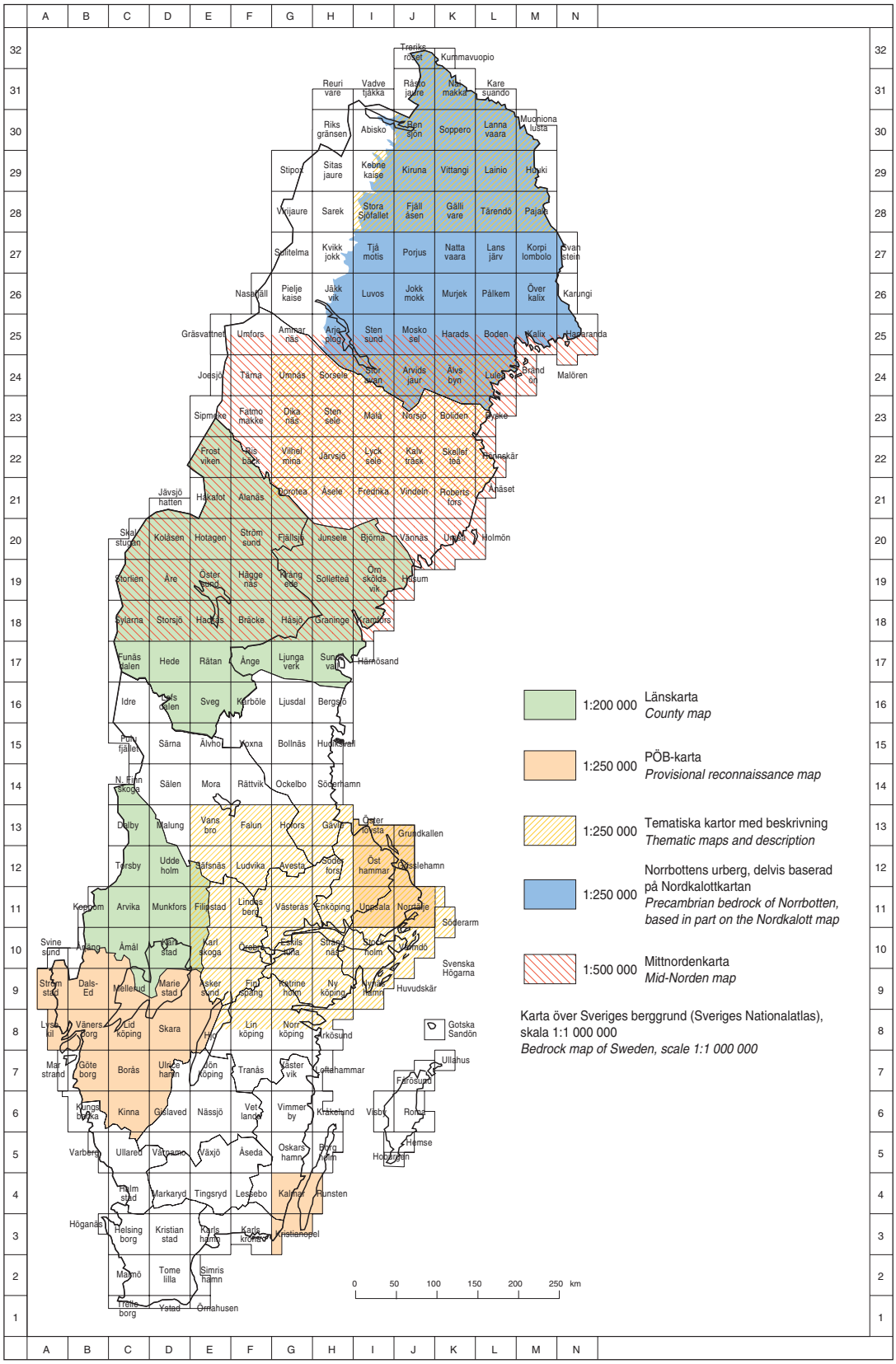


Fig. 4. Produktionsläget för digitala regionala berggrundskartor. Den angivna skalan i teckenförklaringen anger den skala i vilken kartan är digitaliserad (2003-03-31).

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 (2003-03-31).

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Berggrundskartor 1:50 000

Projekt Svealand 10
Kartområdet 12E Säfsnäs NO 11
Kartområdena12H Söderfors och 13H Gävle SV/SO 15
Stefan Bergman, Hans Delin, Lutz Kübler, Magnus Ripa och Johan Söderman, Uppsala

Projekt Byske, Älvsbyn, Stensund (BÄST) 28
Kartområdet 24K Älvsbyn 29
Kartområdet 25I Stensund SV/SO 43
Sven Aaro, Mehrdad Bastani, Uppsala, Bo Gustafsson, Malå, Benno Kathol, Claes Mellqvist, Torbjörn Thelander och Mats Wedmark, Uppsala

Kartområdet 29I Kebnekaise NO/SO 62
Torbjörn Thelander, Lutz Kübler Uppsala, Jan-Anders Perdahl, Malå

Tätortsprojekt. Kommunkartor 1:50 000

Projekt Norra Göteborgsregionen–Trestad 72
Inger Lundqvist, Tomas Eliasson, Göteborg, Lena Persson, Mattias Göransson och Mehrdad Bastani, Uppsala

Projekt Västra Mälardalen 85
Ildikó Antal Lundin, Lisbeth Hildebrand och Lars Persson, Uppsala

Regionala kartor 1:250 000

Projekt Småland regionalt berg 96
Nils-Gunnar Wik, Lund, Ulf Bergström, Göteborg, Dick Claeson, Lund, Niklas Juhojuntti, Leif Kero, Uppsala, Lena Lundqvist, Jesper Petersson, Göteborg, Sam Sukotjo, Mats Wedmark, Uppsala och Hugo Wikman, Lund

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: 0953-107 60
Fax: 0953-216 86

BERGGRUNDSKARTOR 1:50 000

Projekt Svealand

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

INLEDNING

Svealandsprojektet omfattar kartområdena 11G Västerås NV, 12E Säfsnäs NO, 12F Ludvika NV, 12H Söderfors NV, NO, SO, SV och 13H Gävle NV, NO, SO, SV (fig. 1). Syftet med projektet är att skapa ett berggrundsgeologiskt underlag för bl.a. prospektering efter mineralresurser i vissa delar av Bergslagen och närliggande områden. Resultaten av undersökningarna kommer att redovisas i form av berggrundsgeologiska och geofysiska databaser samt tryckta berggrundskartor i skala 1:50 000. Arbetet genomförs som så kallad baskartering varvid i genomsnitt ca 4–5 km^2 undersöks per geolog och dag. Under år 2000 och 2001 genomfördes berggrundskartering och geofysiskt fältarbete inom områdena 11G Västerås NV, 12F Ludvika NV och främst de södra delarna av 12H Söderfors. Preliminära resultat från dessa undersökningar rapporteras i Bergman m.fl. (2001, 2002). Kartdatabasen och övriga databaser för området 11G Västerås NV är färdigställda och finns tillgängliga på SGU. Nedan redovisas de under år 2002 genomförda arbetena i kartområdena 12E Säfsnäs NO, 12H Söderfors och 13H Gävle.

Området domineras av bergarter som bildades under den svekokarelska orogenesen (bergskedjebildningen) för ca 1 960 till 1 750 miljoner år sedan. Äldst i det aktuella området är svekofenniska

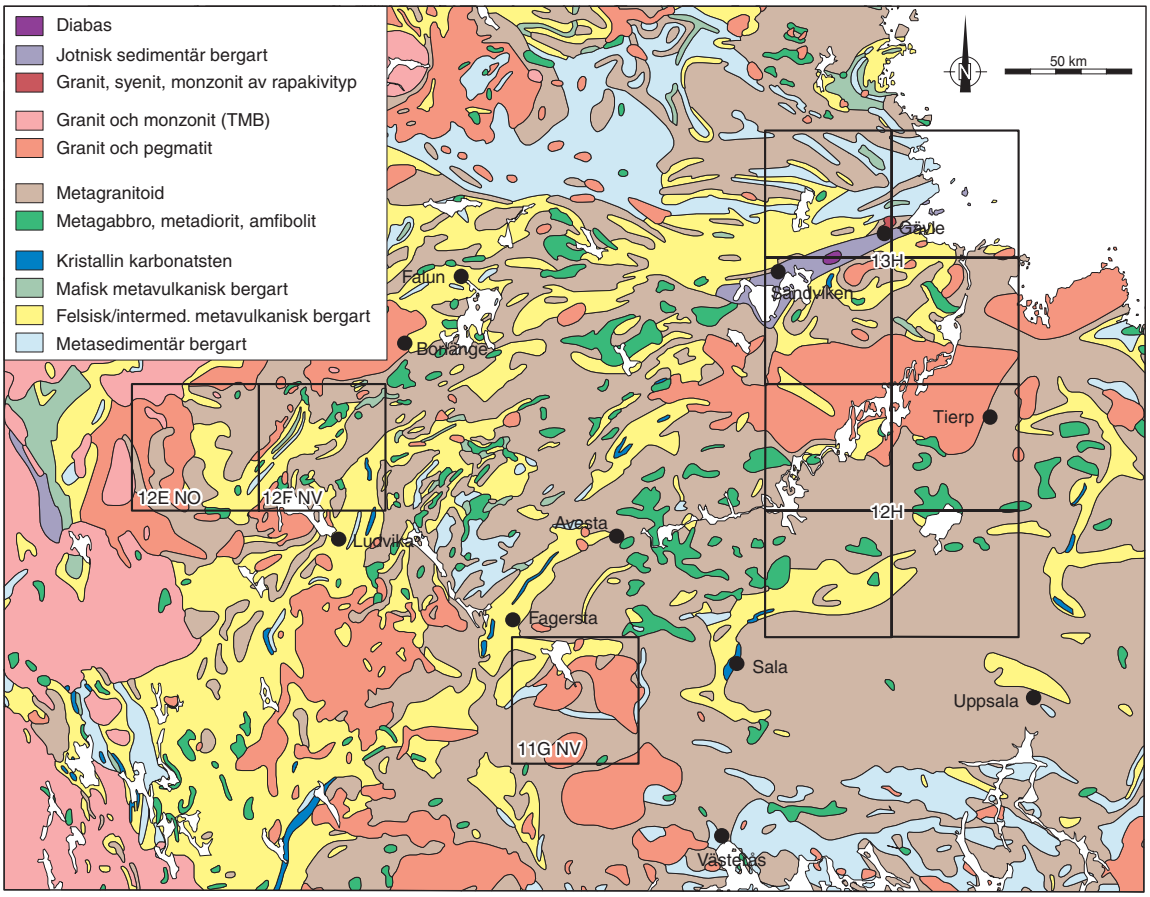


Fig. 1. Berggrundskarta över delar av södra, centrala Sverige, modifierad från Lundqvist m.fl. (1994). De kartområden som ingår i Svealandsprojektet är markerade med rutor.

ytbergarter (bergarter avsatta på jordytan), som utgörs av vulkaniska och sedimentära avlagringar bildade för ca 1900 miljoner år sedan. Ytbergarterna intruderades av djup- och gångbergarter (intrusivbergarter bildade i jordskorpan) för ca 1 900–1 850 miljoner år sedan. Djupbergarterna kallas tidigorogent svekokarelska. Ovannämnda bergarter omvandlades genom att de fördes ner i jordskorpan och där utsattes för höga temperaturer och/eller tryck (metamorfos) under kulminationen av orogenesen. Lokalt var omvandlingen så stark att bergarterna smälte. Dessa smältor (magmor) gav upphov till en ny generation djup- och gångbergarter som kallas senorogent eller syn- till senorogent svekokarelska. Efter den svekokarelska orogenesen avsattes dels jotniska sedimentära bergarter (1 600–1 200 milj. år), dels kambriska till ordoviciska dito (545–443 milj. år) på den äldre berggrunden, som dessutom intruderades av flera generationer av diabasgångar.

KARTOMRÅDET 12E SÄFSNÄS NO

Inledning

Kartområdet 12E Säfsnäs NO ligger i Dalarnas län. Det omfattar delar av Ludvika, Gagnefs och Vansbro kommuner.

Den geologiska undersökningen omfattade 155 persondagar i fält och av dessa gick ett antal åt till exkursion, revision och provtagning. I genomsnitt karterades mellan 4 och 5 km^2 per geolog och dag. Kartunderlaget var äldre ekonomiska kartor (skala 1:10 000) med höjdkurvor. Nya vägar och hällar tolkades med hjälp av flygbilder och ritades in på fältkartorna. En del data från LKAB-material i arkiv på SGUs mineralkontor i Malå, liksom observationspunkter enligt Magnusson & Lundqvist (1933) och Hjelmqvist (1966), överfördes till fältkartorna. Lägen för fyndigheter i SGUs mineral- och fyndighetsdatabas överfördes också. För lägesbestämning användes GPS. I den geologiska undersökningen medverkade Daniel Larsson och Anders Lundgren, i den geofysiska (se nedan) Maria Carlsäter.

Äldre geologiska arbeten som berör området är kartbladet Grängesberg (Magnusson & Lundqvist 1933) och länskartan över Kopparbergs län (Hjelmqvist 1966), numera Dalarnas län. Modernt geologiskt material finns för omkringliggande områden, nämligen 13E Vansbro SO (Kresten 1987 a), 13F Falun SV (Kresten 1987b), 12F Ludvika SV (Strömberg 1988) och 12E Säfsnäs SO (Ripa 1998). Kartområdet 12F Ludvika NV karterades av Magnus Ripa och Lutz Kübler under fältsäsongen 2001 (Bergman m.fl. 2002).

Årets geofysiska fältarbete, sex och en halv veckor för ordinarie geofysiker och fyra för extrageofysiker, fokuserades bl.a. på komplettering av petrofysikprover för att göra dem ytmässigt representativa. Dessutom utfördes karakterisering av de olika bergartstypernas strålningsegenskaper genom målinriktad mätning med spektrometer, samt identifiering av de diabaser som framträder tydligt i potentialfältsdata. Ett antal orienterade prover av diabaserna samlades in.

För kartområdet finns flygmätta data från år 1979. Flygningarna genomfördes av LKAB Prospektering och omfattar magnetfälts-, gammastrålnings- och VLF-data med punkttätheten 200 x 40 m. Flygriktningen var ost–västlig och flyghöjden 30 m. Tyngdkraftsmätningar utfördes under 1980-talet på sammanlagt 601 punkter, vilket ger en punkttäthet på drygt 1 per km^2.

Petrofysikdata mätta före 1990 finns för 98 bergartsprover. De insamlades med tanke på dåvarande projektmål och därför utfördes en kompletterande provtagning (84 prover) under årets fältarbete. Sedan tidigare föreligger bland annat tre prover från projekt ”Bergslagstraversen”, vilket under åren 1981–82 huvudsakligen koncentrerade sig på metavulkaniska enheter, samt 45 prover från SGUs syntesprojekt ”Bergslagen” (Stephens m.fl. 2001). I det senare gjordes också mätningar av berggrundens strålningsegenskaper på 32 observationspunkter. Under årets arbeten tillkom 107 nya mätpunkter. På varje observationspunkt utfördes normalt minst två mätningar, men fler där berggrunden är heterogen. Bearbetningen/tolkningen av geofysiska data har i skrivande stund inte avslutats, men kommer att presenteras i den kortfattade beskrivningen till den tryckta kartan.

Bergarter

Berggrunden i området sammanfattas i figur 2. I områdets sydöstra hörn förekommer svekofenniska ytbergarter, vilka är de äldsta bergarterna i området. För övrigt dominerar djupbergarter, som kan indelas i fyra typer: Tidigorogena metagranitoider och -mafiter; syn- till senorogena graniter, pegmatiter och apliter; postorogena syenitoider och mafiter av så kallad TMB-typ; diabaser. De plutoniska bergarternas sammansättning redovisas i figur 3.

Bergarterna är relativt välbevarade i områdets sydöstra del, men den metamorfa graden ökar åt nordväst.

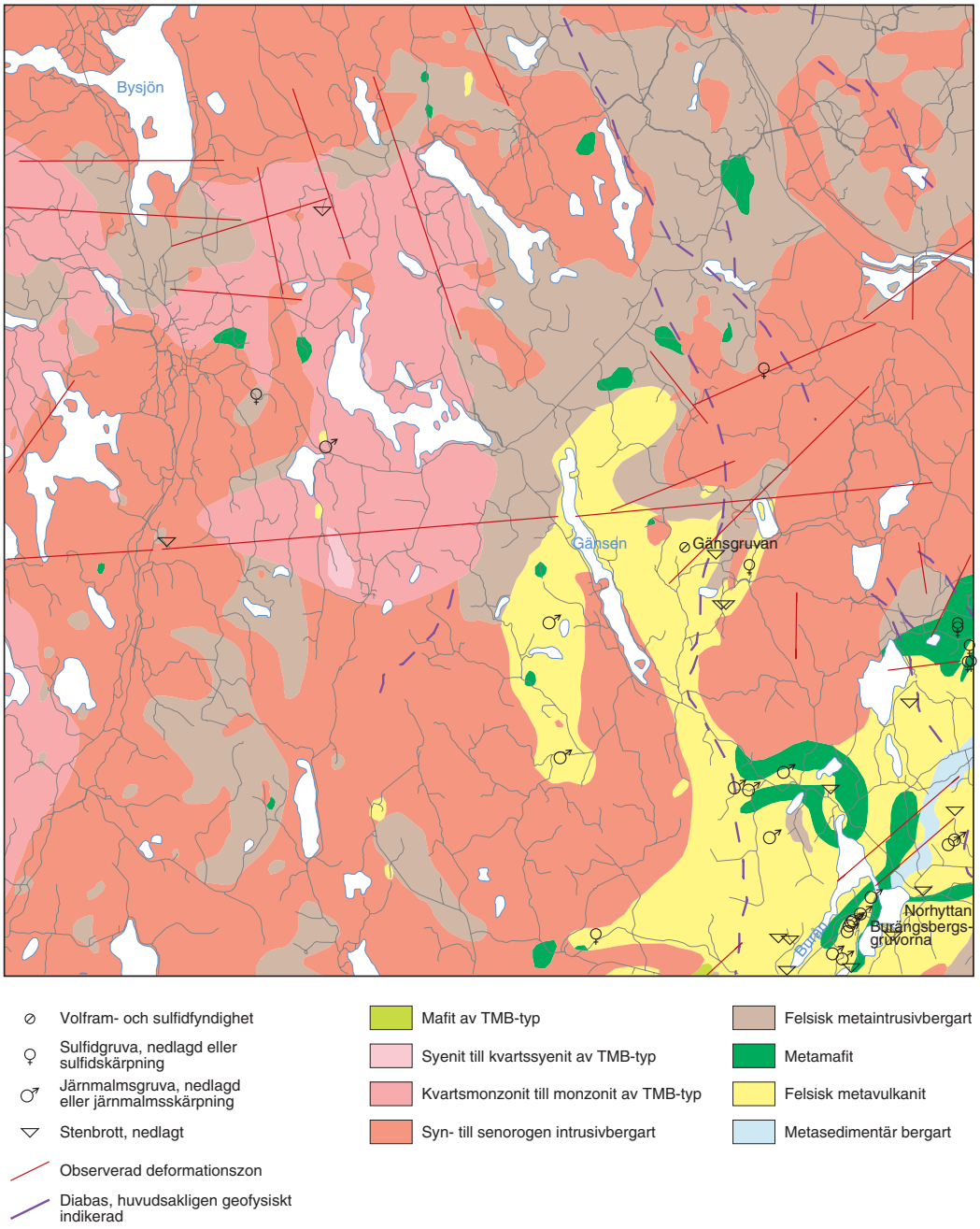


Fig. 2. Förenklad och preliminär berggrundsgeologisk karta över området 12E Säfsnäs NO.

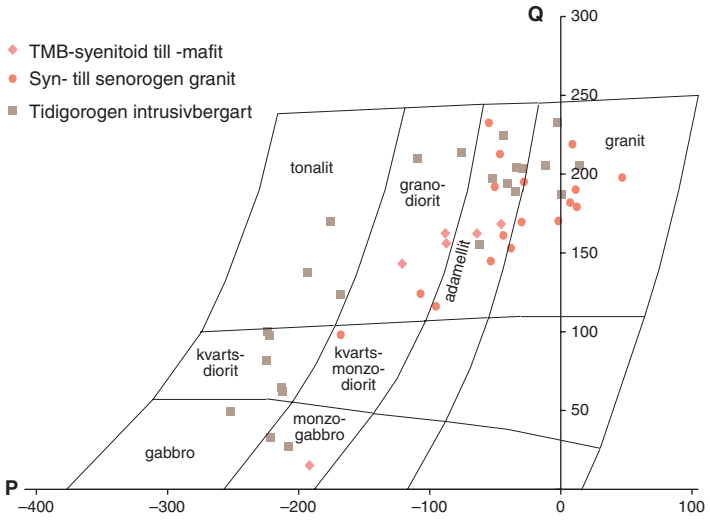


Fig. 3. De plutoniska bergarternas i området 12E Säfsnäs NO sammansättning i Q-P-diagram enligt Debon & Le Fort (1983).

Ytbergarter

De svekofenniska ytbergarterna domineras av felsisk metavulkanit. Ett stråk med metagråvacka ansluter till det som förekommer i kartområdet 12F Ludvika NV öster härom (Bergman m.fl. 2002). Kristallin kalksten (marmor) förekommer inlagrad bland metavulkaniterna.

Metavulkaniten i områdets sydöstra del är relativt välbevarad, lokalt till och med hälleflintliknande. Mot norr och väster är den dock alltmer omkristalliserad och intetsägande. Öster om sjön Gänsen är den lokalt i stort sett en gnejs. Ett mineral som kan vara cordierit har observerats i häll där.

I mer välbevarade varieteter av metavulkanit kan strökorn (kvarts och/eller fältspat) observeras, liksom litiska fragment. En del porfyriska metavulkaniter representerar sannolikt ytnära intrusioner (kryptodomer). Strukturer som kan vara flödesbandning finns norr om Norhyttan. Lokalt är metavulkaniten lagrad tillsammans med kristallin kalksten (dolomitisk till kalcitisk). Vid kontakterna har det på en del platser bildats skarn genom metamorfos och möjligen har också en hydrotermal omvandling ägt rum. Kalk- och skarnparageneserna är lokalt mineraliserade med metallföreningar som på några håll varit brytvärda (se nedan).

I området förekommer ett stråk av metagråvacka som har oklara fältförhållanden gentemot metavulkaniterna (se också Bergman m.fl. 2002). Karakteristiskt för metagråvackan är att den för rikligt med i stort sett idiomorfa porfyroblaster av andalusit. Mäktighetens variation hos de sandiga och leriga skikten beror sannolikt på att gråvackan avsatts under omväxlande distala och proximala förhållanden. Söder om landsvägen öster om Norhyttan är bergarten välblottad i ett stort antal hällar, men det nuvarande projektets ramar tillåter inte en mer ingående analys av de sedimentära processerna. Sandstensgrova och arkosiska led i metagråvackan är lokalt svåra att skilja säkert från felsisk metavulkanit.

Intrusivbergarter

Intrusivbergarterna består dels av plutoniter, dels av gångar. Volymmässigt dominerar yngre plutoniter, vilka består av två genetiskt olika (?), men i stort sett likåldriga typer. Den ena är en syn- till senorogen granit (lokalt även pegmatit), som sannolikt bildats genom uppsmältning av äldre berggrund under metamorfosen, den andra en differentierad, postorogen bergartssvit med inslag av mantelmaterial i mer mafiska led.

De tidigorogena plutoniterna bildar en differentierad svit med mafisk till dominerande granitisk sammansättning i området. Sviten beskriver en kalkalkalin utvecklingstrend och anses vara komagmatisk med metavulkaniterna ovan. Associerade med plutoniterna finns även gångbergarter. De domineras av mafisk till tonalitisk sammansättning (amfiboliter), men även felsiska gångar förekommer.

Metaplutoniterna är övervägande medelkorniga. Texturen är jämn- till ojämnkornig, men lokalt porfyrisk eller ögonförande. Strökornen består av kvarts eller kalifältspat i metagranit, kalifältspat eller plagioklas i intermediära led och plagioklas i basiska. Lokalt finns enklaver, som består av finkornigt material, lika felsiskt som eller mer mafiskt än värdbergarten. Metaplutoniterna är i allmänhet folierade och/eller stängliga, på flera ställen gnejsiga men lokalt även massformiga.

De syn- till senorogena bergarterna bildar dels större kroppar, dels gångar. De förra domineras av granit, men består lokalt av pegmatit. Gångarna utgörs av aplit, granit eller pegmatit. Bergarterna bildades troligen genom uppsmältning av den äldre berggrunden i samband med kulminationen under den svekokarelska orogenesen.

Syn- till senorogena graniter i området är i allmänhet medelkorniga. De är jämnkorniga (Malingsbo- till Stockholmstyp) eller ojämnkorniga till porfyriska (Enkullen- till Fellingsbrotyp). Strökornen domineras av kalifältspat, som lokalt har tydlig rapakivitextur. Kornen är centimeter- till tändsticksaskstora. Formen är i allmänhet rektangulär, men runda korn finns också. Lokalt finns strökorn eller xenokrister av rundad kvarts. Sällsynt förekommer finkorniga, mafiska till felsiska enklaver. De syntill senorogena bergarterna är övervägande massformiga, men har lokalt en foliation som i stora drag är parallell med den i intilliggande äldre berggrund.

I flera områden förekommer tidigorogena och syn- till senorogena graniter eller granitoider tillsammans, på ett sätt som gör det svårt att helt klart presentera relationen på kartan. Dels förekommer bergarterna som distinkta kroppar bredvid varandra, dels förekommer yngre bergarter som ådror eller gångar i de äldre och dessutom förekommer de äldre bergarterna som mer eller mindre tydliga xenoliter i de yngre. I det senare fallet kan bergarten växla från den ena till den andra i meterskala. Den bild som visas i figur 2 måste därför betraktas som en förenkling och generalisering av verkliga förhållanden avseende fördelningen av ovan nämnda bergarter.

De postorogena plutoniterna tillhör det så kallade transskandinaviska magmatiska bältet (TMB). De bildar en differentierad svit, från ultramafit till granit, med alkalikalkig affinitet (Ripa 1998). Inom området dominerar kvartsmonzonit till monzonit, medan mafit och syenit är underordnade.

TMB-bergarterna är övervägande medelkorniga och jämnkorniga/ojämnkorniga till porfyriska. Strökornen domineras av kalifältspat, som lokalt har rapakivitextur. Liksom i övriga intrusivbergarter inom området förekommer enklaver av finkornigt material, som antingen är lika felsiskt som värdbergarten eller mer mafiskt. TMB-plutoniterna är övervägande massformiga, men lokalt starkt skjuvade. Skjuvningen skedde troligen i distinkta, men relativt mäktiga (>hällskala; 10–20 meter) zoner.

Det är i många fall tämligen svårt att avgöra om en bergart ska hänföras till TMB-gruppen eller den syn- till senorogena gruppen av plutoniter. Speciellt gäller det för porfyriska graniter till granodioriter med rapakivitextur. Det är möjligt att delar av det som i figur 2 markerats som porfyrisk syntill senorogen granit egentligen tillhör TMB-gruppen. Likaså skulle förmodligen en del av det som markerats som porfyrisk monzonit kunna tolkas som granit av Fellingsbrotyp.

Diabas är den yngsta bergarten inom området och gångar av den förekommer lokalt. Deras utbredning framgår delvis av den flygmagnetiska kartan. Sannolikt förekommer åtminstone två diabasgenerationer. Den ena, och troligen äldre generationen, är plagioklasporfyrisk och stryker huvudsakligen i NNO-lig riktning. Den andra är jämnkornig och stryker i nordlig till NNV-lig riktning.

Metamorfos

Den metamorfa graden är inte utvärderad i detalj. Förekomst av cordierit och andalusit i områdets sydöstra delar visar dock att en medelhög grad av metamorfos drabbat bergarterna här. Som tidigare nämnts ökar till synes omvandlingen åt nordväst. Den tolkningen baseras på en ökad grad av omkris-

tallisation, ett ökat inslag av syn- till senorogena gångbergarter och ådror samt förekomst av gnejsiga strukturer i den äldre berggrunden.

Strukturer

I stora drag beskriver de uppmätta tektoniska planstrukturerna inom området ett stort z-veck med ett ost–västligt till ONO-ligt strykande axialplan. Den veckade strukturen förekommer i viss grad även i de yngre plutoniterna, så den måste vara synmetamorf. Axialplanets strykning i z-vecket är nästan parallell med strykningen hos den dominerande strukturen i området 12F Ludvika NV öster härom (Bergman m.fl. 2002). I det senare området är det tydligt att den dominerande strukturen är axialplan till en mesoskopisk och mer storskalig veckning av en tidigare tektonisk foliation.

Naturresurser

Med naturresurser avses här malmmineral, industrimineral och övriga bergmaterial.

Inga malmer bryts för närvarande inom området. Tidigare har man brutit järnmalm på ett par ställen. Den viktigaste fyndigheten var Burängsbergsfältet sydväst om Norhyttan. Här bröts 250 000 ton manganrik skarnjärnmalm mellan åren 1858 och 1917, medan ca 8 miljoner ton återstår. Ett smärre antal sulfidmalmsskärpningar förekommer, men någon omfattande brytning har knappast bedrivits. Volfram provbröts i Gänsgruvan 1944. Varpen där är lokalt även ganska sulfidrik.

Kalcitisk kristallin karbonatsten (marmor) har brutits på flera ställen. De viktigaste förekomsterna ligger strax väster om Burån, några kilometer väster om Norhyttan, där flera stora och vattenfyllda hål finns. Lokalt finns skärpningar i pegmatit, men det är oklart vad som eftersökts (sannolikt kvarts, fältspat eller molybdenglans).

Bergets sprickighet (antal 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 yngre granit torde vara bra som krossmaterial i den mån de inte har olämpliga strålningsegenskaper.

KARTOMRÅDENA 12H SÖDERFORS OCH 13H GÄVLE

Det område som hittills undersökts omfattar större delen av kartområdet 12H Söderfors och sydvästra delen av 13H Gävle. Området ligger i Uppsala, Västmanlands och Gävleborgs län och omfattar delar av Tierps, Uppsala, Heby, Sandvikens och Gävle kommuner. Som karteringsunderlag användes ekonomiska kartan i skala 1:20 000 och 1:10 000 samt fastighetskartan i skala 1:12 500. Hällar från tidigare utförda jordartskarteringar (12H SO: Grånäs 1989, 12H SV: SGU, opublicerat, 12H NV: Grånäs 1985, 12H NO: Ericsson & Lidén 1988) och nya flygbildstolkade hällar (13H Gävle) överfördes till fältkartorna. För lägesbestämning av observationslokaler användes GPS.

Äldre geologiska kartor med beskrivningar som berör området finns i Erdmann (1865), Hummel (1865), Gumaelius (1868), Wahlqvist (1868), Stolpe (1869 a, b), Pettersson (1871), Asklund & Sandegren (1934), Sandegren m.fl. (1939), Sandegren & Asklund (1943, 1946, 1948), Sandegren & Lundegårdh (1949) och Lundegårdh & Lundqvist (1956). Den sydöstra delen av området berörs av Lundegårdh (1957). Över de angränsade kartområdena Östhammar och Avesta finns moderna berggrundskartor med beskrivningar (Stålhös 1991, Persson 1997). I Tierps kommun har undersökningar nyligen gjorts på uppdrag av Svensk Kärnbränslehantering AB (Bergman m.fl. 1999, 2000).

Geofysisk information för området föreligger i form av flygmätta data från det magnetiska totalfältet, gammastrålningen (totalstrålning, kalium, uran och torium) och det elektromagnetiska fältet (VLF med två sändare). Kartområdet 13H NV/NO mättes 1997 med ost–västlig flygriktning, och områdena 12H och 13H SV/SO mättes 1998 med nord–sydlig flygriktning. Flyghöjden var 60 m

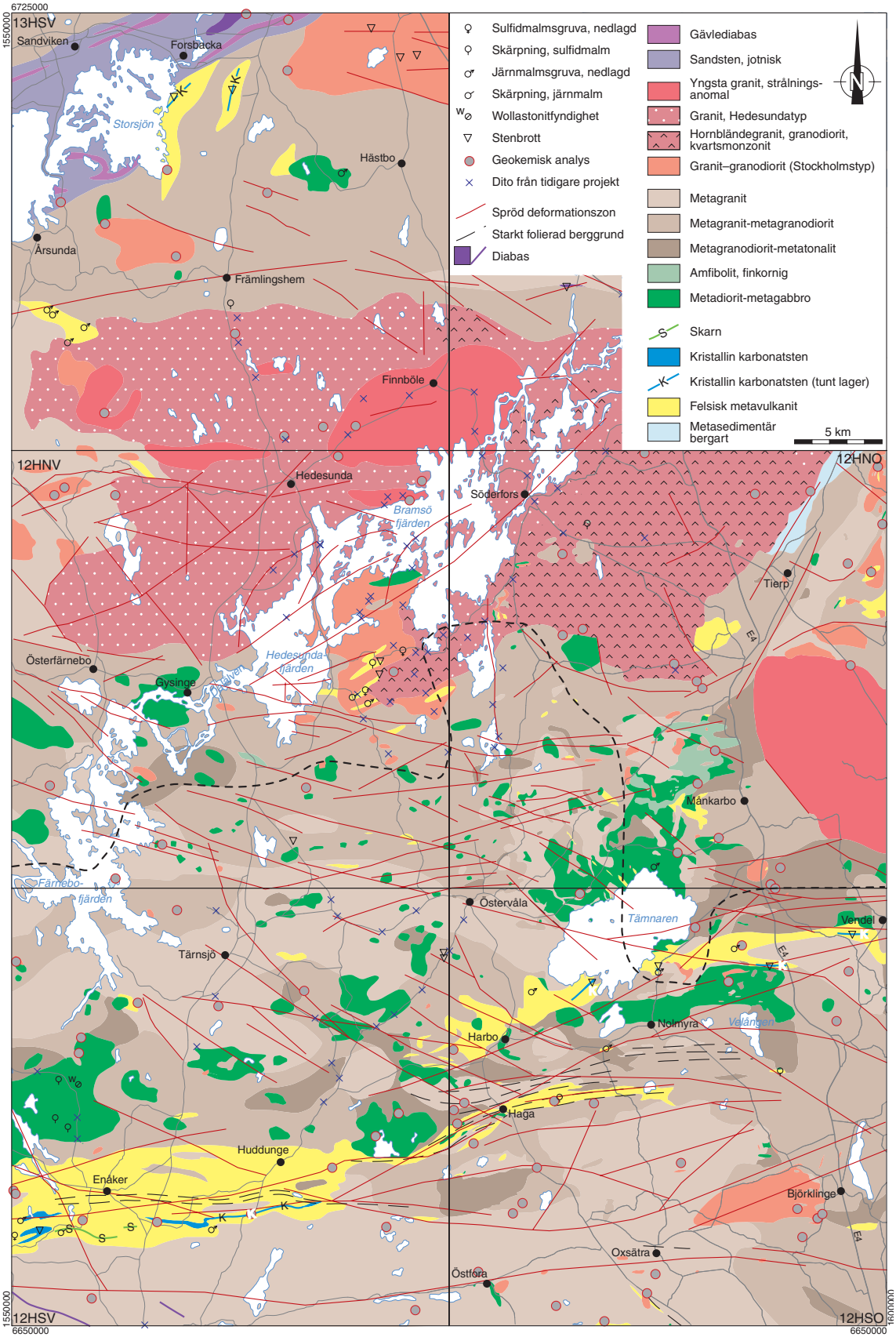


Fig. 4. Förenklad karta över 12H Söderfors och delar av området 13H Gävle med en preliminär skiss över berggrunden i de hittills karterade delarna. Lägen för geokemiska bergartsanalyser är markerade. Årets rapport gäller området norr om den streckade linjen.

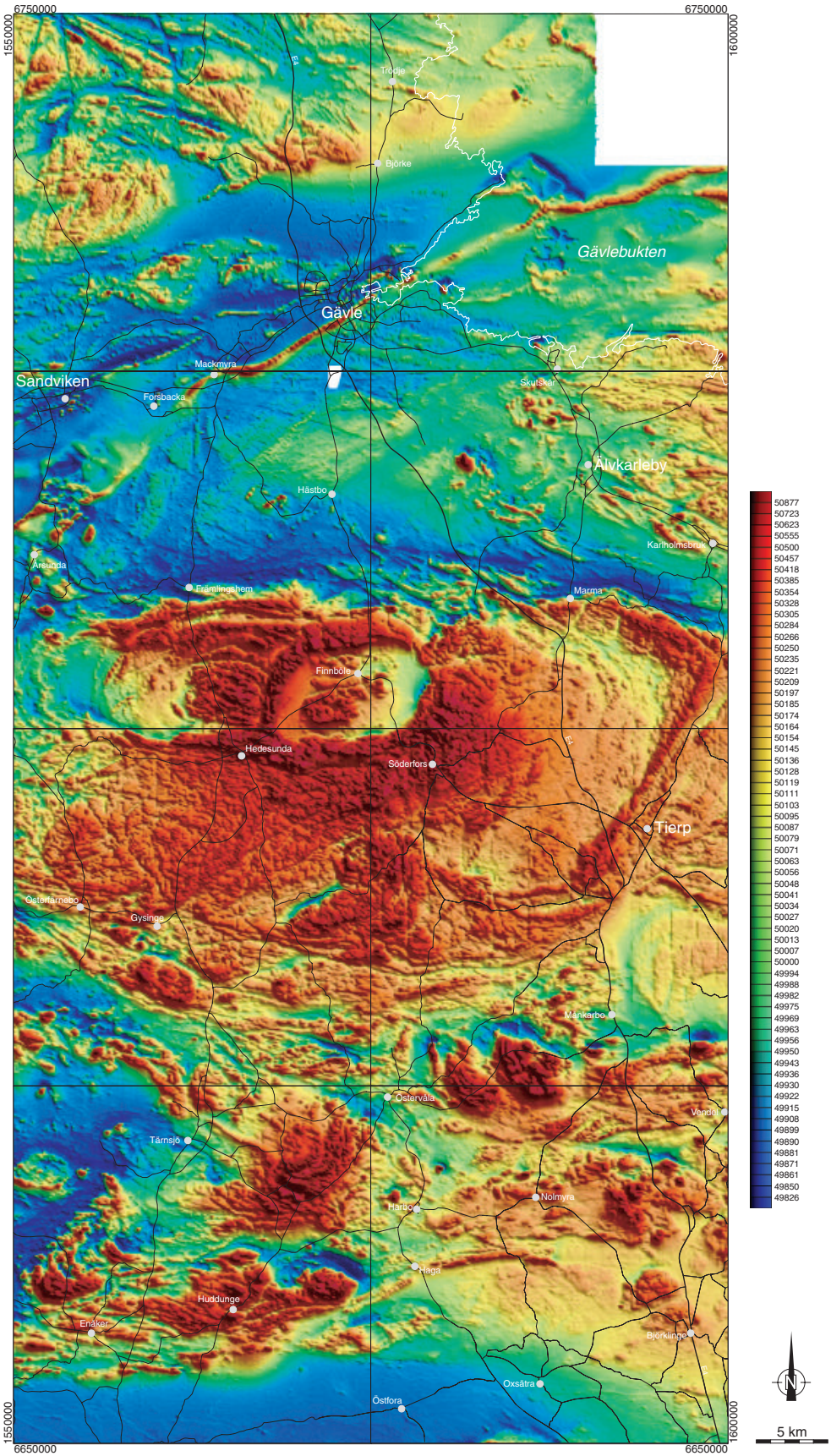


Fig. 5. Magnetisk totalfältskarta över området 12H Söderfors och 13H Gävle.

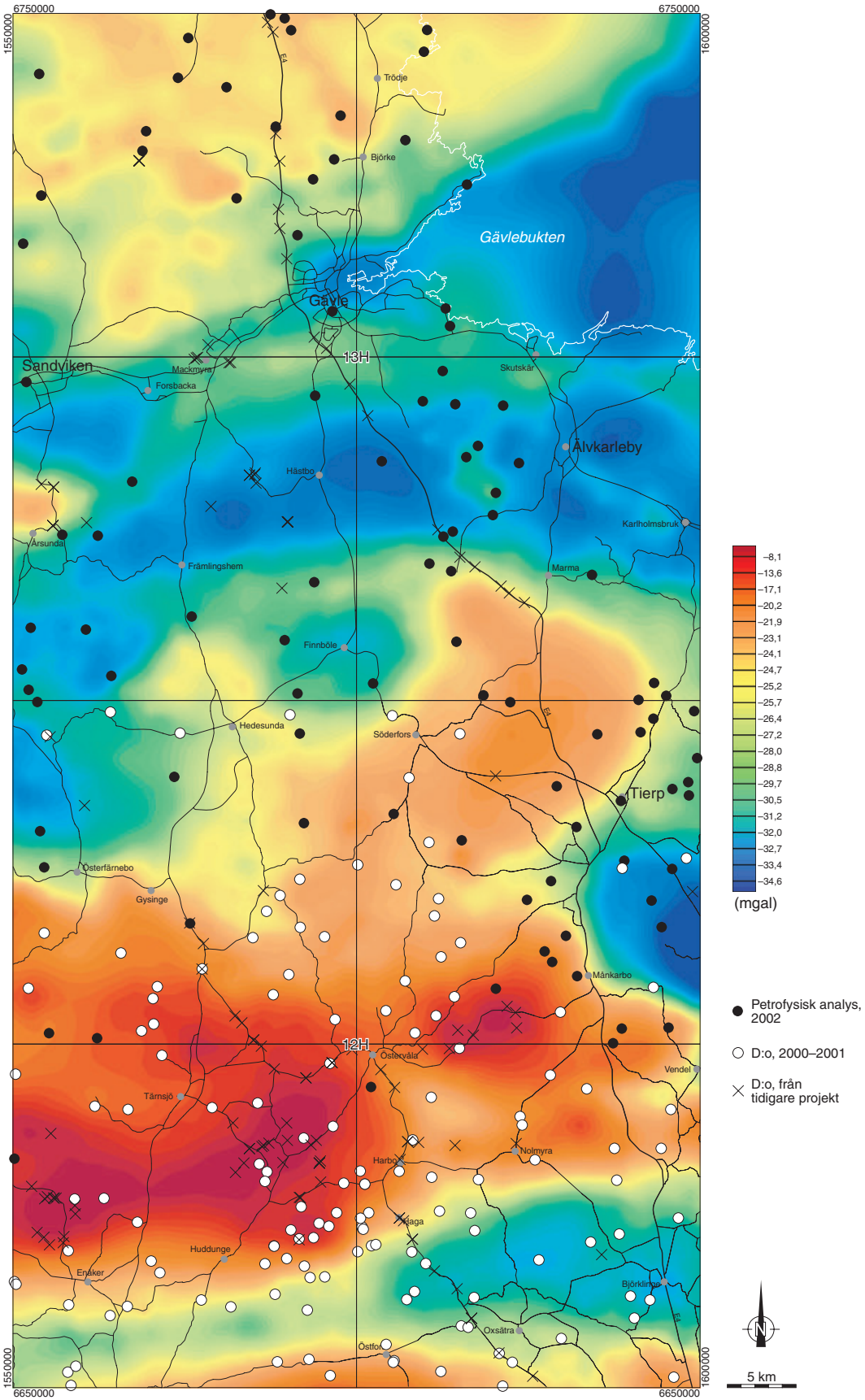


Fig. 6. Tyngdkraftskarta över området 12H Söderfors och 13 H Gävle, med markering av lägen för petrofysiska analyser.

och linjeavståndet 200 m. Positionsbestämningen gjordes med dGPS. I området (12H/13H) finns det tyngdkraftsmätningar från 2 705 punkter av vilka 116 mättes under år 2002.

Under år 2002 gjordes ca 2 000 hällobservationer inom området och de fördelar sig över en karterad yta på ca 1 700 km^2. Ett bergartsprov togs för radiometrisk datering. En preliminär kartbild över berggrunden i de karterade områdena visas i figur 4, liksom en preliminär tolkning av deformationszoner från den magnetiska totalfältskartan (fig. 5) som gjordes som stöd inför fältarbetet. Karteringen av delområdet 13H SV har ännu inte utvärderats och reviderats, varför både den delen av figur 4 och de textavsnitt som berör området bygger på något osäkrare bedömningar än vad som gäller för resten av undersökningsområdet (12H).

I årets geofysiska fältinsats har ingått strålningsmätning, petrofysisk provtagning och profilmätning av magnetiskt totalfält och elektromagnetiskt fält (VLF). Strålningsmätning av totalstrålning, kalium, uran och torium utfördes på 254 lokaler (733 mätningar). Sammanlagt finns det nu strålningsmätningar från 423 lokaler. Laboratoriemätningar av densitet, magnetisk susceptibilitet och remanens har utförts på 100 petrofysikprover (varav 2 orienterade). Tidigare i projektet har 140 petrofysikprover mätts och från tidigare undersökningar finns petrofysiska data från 126 provtagningspunkter. Detta gör att det nu finns data från sammanlagt 366 petrofysikmätningar. Provpunkternas lägen finns redovisade i figur 6. Under årets fältarbeten har 11 markprofiler mätts med avseende på magnetiskt totalfält och berggrundens elektromagnetiska egenskaper (VLF).

I början av oktober genomfördes slutexkursionen för området 12H Söderfors.

I fältarbetet deltog även Martin Ahl, extrageologerna Daniel Boman, Magnus Ekdahl och Anna Engström samt extrageofysikern Maria Carlsäter.

Bergarter

Berggrunden i området domineras av tidigorogena intrusivbergarter. I intrusivbergarterna finns stråk med svekofenniska metavulkaniska bergarter och kristallin karbonatsten (marmor). Ett fåtal lokaler med metasedimentära bergarter har påträffats. I vissa områden förekommer senorogen granit och pegmatit. I områdets norra del finns Hedesundagraniten och dess associerade djupbergarter. Postorogen diabas finns framför allt i nordvästra delen av kartområdet 13H SV och som smala gångar i sydvästra delen av 12 H. En kemisk klassificering av tidig- till senorogena intrusivbergarter redovisas i figur 7.

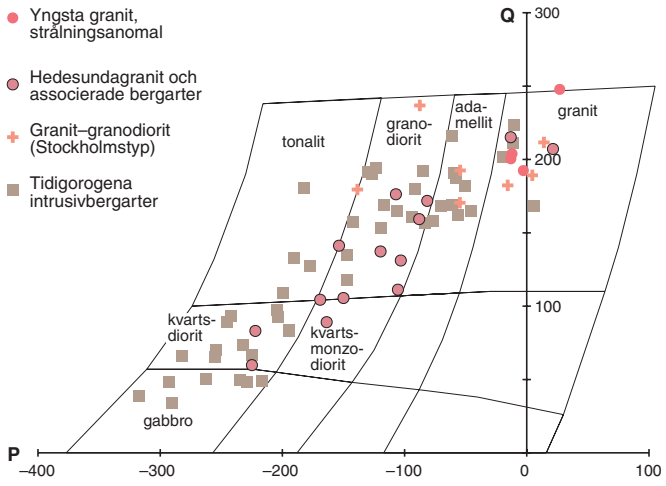


Fig. 7. Klassificering av intrusivbergarter från kartområdena 12H Söderfors och 13H Gävle i ett Q-P-diagram (Debon & Le Fort 1983).

Äldre ytbergarter

Norr om Tierp finns ett stråk med ådrade, bandade, finkorniga ytbergarter som preliminärt bedömts vara av sedimentärt ursprung (fig. 8 a). Åderförgnejsad metagråvacka finns på Kalvön i Färnebofjärden, söder om Gysinge.

Felsiska metavulkaniska bergarter (fig. 8 b, c) har sin huvudsakliga utbredning i södra delen av kartområdet 12H Söderfors och har beskrivits tidigare (Bergman m.fl. 2002). I de nyligen undersökta områdena uppträder felsiska metavulkaniska bergarter i mindre omfattning, t.ex. i Månkarbo–Tierpstrakten. En bandning orsakad av en varierande halt av mörka mineral är allmänt förekommande. Mafiska band (möjligen gångar) är vanligt förekommande och på vissa ställen finns plagioklasporfyriska intermediära led. Primära texturer påträffas endast i undantagsfall, beroende på en stark plastisk deformation och omkristallisation.

I gruvområdet Hade–Sevallbo utgörs sidoberget i gruvhål och skärpningar vanligen av en ganska homogen, mörkt grå felsisk metavulkanit med inslag av mörkt ”grönskarn” och konforma lager av marmor. Berggrunden i området är starkt migmatitomvandlad och metavulkaniten växlar med granitiskt mobilisat på ett komplicerat sätt, vilket gör gränsdragningen på kartan mellan metavulkanit och migmatitgranit svårbedömd.

Söder om Årsunda, i kartområdet 13H SV, finns ett mindre område med felsisk metavulkanit och ett antal små, nedlagda järnmalmsgruvor. Ytterligare en liten förekomst med felsisk metavulkanit samt ett par nedlagda marmorbrott, som indikerar metavulkanitens fortsättning norrut, finns öster om Storsjön. Detta område är mycket dåligt blottat, varför utbredningen av metavulkaniten är svårbedömd.

Tidigorogena intrusivbergarter

De tidigorogena intrusivbergarterna innefattar mer eller mindre deformerad och omvandlad gabbro, diorit, kvartsdiorit, tonalit, granodiorit och granit. De två sistnämnda bergarterna är vanligast och utgör huvuddelen av områdets berggrund.

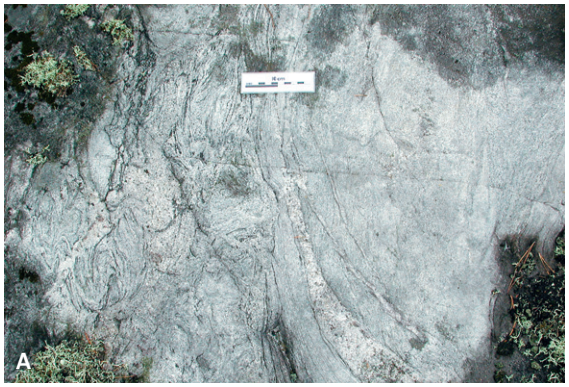
Ett stort antal kroppar av metagabbro till metadiorit, upp till flera km i diameter, finns i en zon som sträcker sig i ONO-lig riktning genom hela kartområdet 12H. Bergarterna varierar i kornstorlek från fin- till medelkorniga och är på många ställen intruderade av granitoidgångar. Lokalt finns ultramafiska bergarter (fig. 8 d) associerade med metagabbron.

I den nordvästligaste delen (13H SV) av undersökningsområdet har endast några få, mindre kroppar av metagabbro påträffats. Detta kan delvis bero på områdets dåliga blottningsgrad jämfört med förhållandena längre söderut.

I området nordväst om Månkarbo finns ett större område med finkornig amfibolit. På många ställen förekommer amfibolit tillsammans med medelkornig metagabbro. Ljusgrå ådror av metagranitoid i metamafiterna är karakteristiskt. Lokalt finns större gångliknande partier av metagranitoid som har ett rikligt innehåll av finkorniga mafiska bergarter. I de flesta fall är det sannolikt fråga om magmatisk blandning (”magma mingling”). Den finkorniga amfiboliten tolkas som en ytlig intrusion med en nära relation till övriga mafiska intrusivbergarter.

Norr om Sevallbo vid Bramsöfjärden finns ett område med ganska finkornig metamafit som är deformerad och ådergnejsomvandlad, i norra delen delvis starkare migmatitomvandlad.

Fig. 8. Fotografier av svekofenniska ytbergarter och tidigorogena intrusivbergarter. Koordinater i rikets nät. **A.** Ådrad ytbergart, möjligen av sedimentärt ursprung. 3 km norr om Tierp (6696150/1594770). **B.** Pisolittextur i röd, kaliextrem felsisk metavulkanit nära Runhällen (6655220/1557080). **C.** Bandat epidot-diopsidskarn med fragment av felsisk metavulkanit (6655370/1553250). **D.** Metaultramafisk bergart. 7 km öster om Östervåla (6674500/1583580). **E.** Enklavsvärm i metatonalit. 5 km söder om Månkarbo (6674980/1593650). **F.** Magmatisk bandning och överskärande mafisk gång i metatonalit. 5 km söder om Månkarbo (6675220/1593380). **G.** Foliation i tidigorogen metatonalit klipps av metadiabas med finkornig (kyld) kontakt. 5 km söder om Månkarbo (6675000/1593650).


A


E


SGU
B


F


SGU
C


D


G

Ett antal områden med grå metagranodiorit till metatonalit är i huvudsak koncentrerade till samma stråk som de mafiska intrusionerna (se ovan). Mafiska enklaver är mycket vanliga i dessa bergarter. Goda exempel på enklavsvärmar (fig. 8 e) kan studeras i Månkarbo bergtäkt. Vid denna lokal har även en magmatisk bandning bildats i metagranitoiden (fig. 8 f). Metagranit finns i större omfattning i t.ex. Östervåla–Tärnsjöområdet.

De centrala delarna av 13H SV bedöms för närvarande domineras av metagranitoider, som ännu inte har differentierats i kartbilden.

Mafiska gångar är vanligt förekommande i den äldre berggrunden (fig. 8 f–g). Mäktigheten uppgår normalt till några decimeter.

Senorogena intrusivbergarter

Bland de senorogena intrusivbergarterna ingår dels en granit som är associerad med pegmatit (Stockholmstyp), dels Hedesundagranit (Sandegren & Asklund 1948) och med den associerade intrusivbergarter.

Den förstnämnda typen uppträder allmänt som gångar och små kroppar i den äldre berggrunden. Graniten är fint medelkornig och varierar från grå till röd. Övergångar till granodioritisk sammansättning förekommer. Vanligen är en svag foliation utbildad, men massformiga delar finns också. Xenoliter av folierade metagranitoider och andra äldre bergarter förekommer rikligt. I nordvästligaste delen av området 12H Söderfors har hällar med en ljust rödgrå, finkornig och odeformerad granit påträffats. Denna bergart har mycket stor utbredning in i det angränsande kartområdet 12G Avesta NV (Persson 1997). I närheten finns fler hällar med en mer heterogen migmatitgranit med rester av bl.a. en trolig felsisk metavulkanit. Söder om Hedesundafjärden, i gruvområdet Hade–Sevallbo, finns ett stort område där berggrunden är starkt omvandlad och till största delen består av migmatitgranit med mer eller mindre assimilerade rester av gnejsig metavulkanit (fig. 9 a–b).

Sydväst om Gävle stad finns ett större område med rödgrå, homogen granit, som är föremål för en omfattande brytning för framställning av krossberg. Öster respektive söder om Årsunda finns två förekomster av en mer heterogen migmatitgranit.

Hedesundagranit är enligt Sandegren & Asklund (1948) en köttröd till lätt röd, grovkornig bergart med 2–3 cm stora mikroklinpertitögon i en mörkare grundmassa. Nya fältundersökningar i kombination med resultat från geofysiska mätningar visar att Hedesundagraniten bör delas upp i två olika huvudtyper. Den ena är en tydligt folierad, medel- till grovkornig och grovporfyrisk granit med utpräglat långsträckta, kantiga fältspatströkorn. Denna övergår i en likaledes folierad, rikligt hornbländeförande och enklavförande granodiorit (densitet runt 2 740 kg/m^3) som dominerar i östra delen (fig. 9 c). Detta område karakteriseras av en hög magnetiserbarhet (fig. 5) och ett tyngdkraftsöverskott (fig. 6). Granodioriten har låga strålningsvärden (U <3 ppm och Th <10 ppm) och susceptibiliteter >300 x 10^{-5} SI-enheter (medelvärde ca 1 800 x 10^{-5} SI-enheter). Områden där huvudbergarten har kvartsmonzonitisk till kvartsmonzodioritisk sammansättning finns i de södra centrala och östra delarna (fig. 9 d–e). Där är bergarten delvis småporfyrisk med rundade fältspatströkorn, delvis saknas strökorn. I den del av Hedesundaintrusionen som finns inom 13H SV finns ett antal lokaler med talrika, delvis stora enklaver av ganska finkornig, mörk monzodiorit till kvartsmonzodiorit. Gångar av finkornig granit till aplit finns i många av de undersökta hällarna.

Den andra granittypen finns nordväst om Söderfors där den framträder tydligt i geofysiska data som en rundad, ca 11 x 6 km stor intrusiv kropp med låg magnetisering (<100 x 10^{-5} SI-enheter), hög totalstrålning (U <10 ppm och Th >40 ppm) och låg densitet (2 640 kg/m^3, se fig. 5, 6 och 10). Graniten är röd och grovkornig, delvis grovporfyrisk, och är på de flesta ställen massformig till svagt folierad. Förutom avvikande geofysiska egenskaper hos denna granit saknas de finkorniga granitgångar som är karakteristiska i de ovan beskrivna Hedesundabergarterna. Detta, tillsammans med den svagt utbildade strukturen och den magnetiska anomalibilden, gör att den bedöms tillhöra en yngre generation. En U-Pb-datering av titanit har gett åldern 1 782±5 miljoner år (Persson & Persson 1997). Nordost om Månkarbo finns en ca 14 x 8 km stor granitkropp med likartade geofysiska särdrag och fältuppträdande (fig. 9 f), och den bedöms tillhöra samma granitgeneration (jfr Bergman

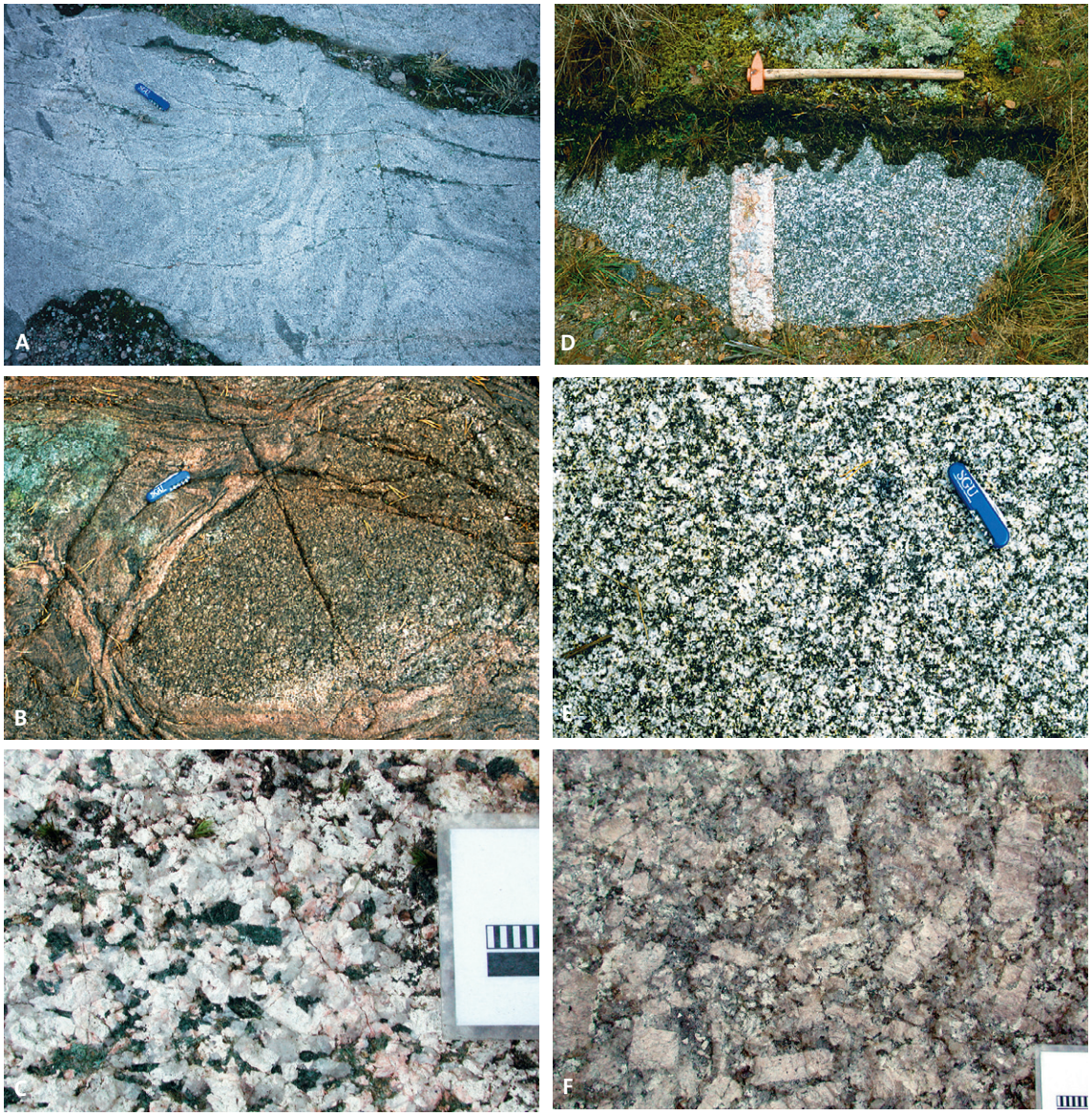


Fig. 9. Fotografier av senorogena intrusivbergarter. Koordinater i rikets nät. **A.** Migmatitgranit med spökstrukturer och små rester av metamafit (6686124/1568903). **B.** Starkt migmatitomvandlad felsisk metavulkanit med inslag av postmetamorf (eller syn-) monzobergart från Hedesundaintrusionen. Nära ”Hade silvergruva” (6686260/1569556). **C.** Granodiorit från Hedesundaintrusionen. 5 km nordväst om Tierp (6697665/1591650). **D.** Senorogen kvartsmonzonit till kvartsmonzodiorit med pegmatitgång. Tillhör Hedesundaintrusionen (6686140/156988). **E.** Detalj av D. **F.** Grovporfyrisk granit. 5 km öster om Månkarbo (6679135/1596585).

m.fl. 1999). Även sydost om Årsunda, nära den södra gränsen för kartområdet 13H SV, finns en ca 5 x 3 km stor förekomst med en likartad granit. Även denna har liknande geofysiska egenskaper, dvs. hög strålning och låg susceptibilitet.

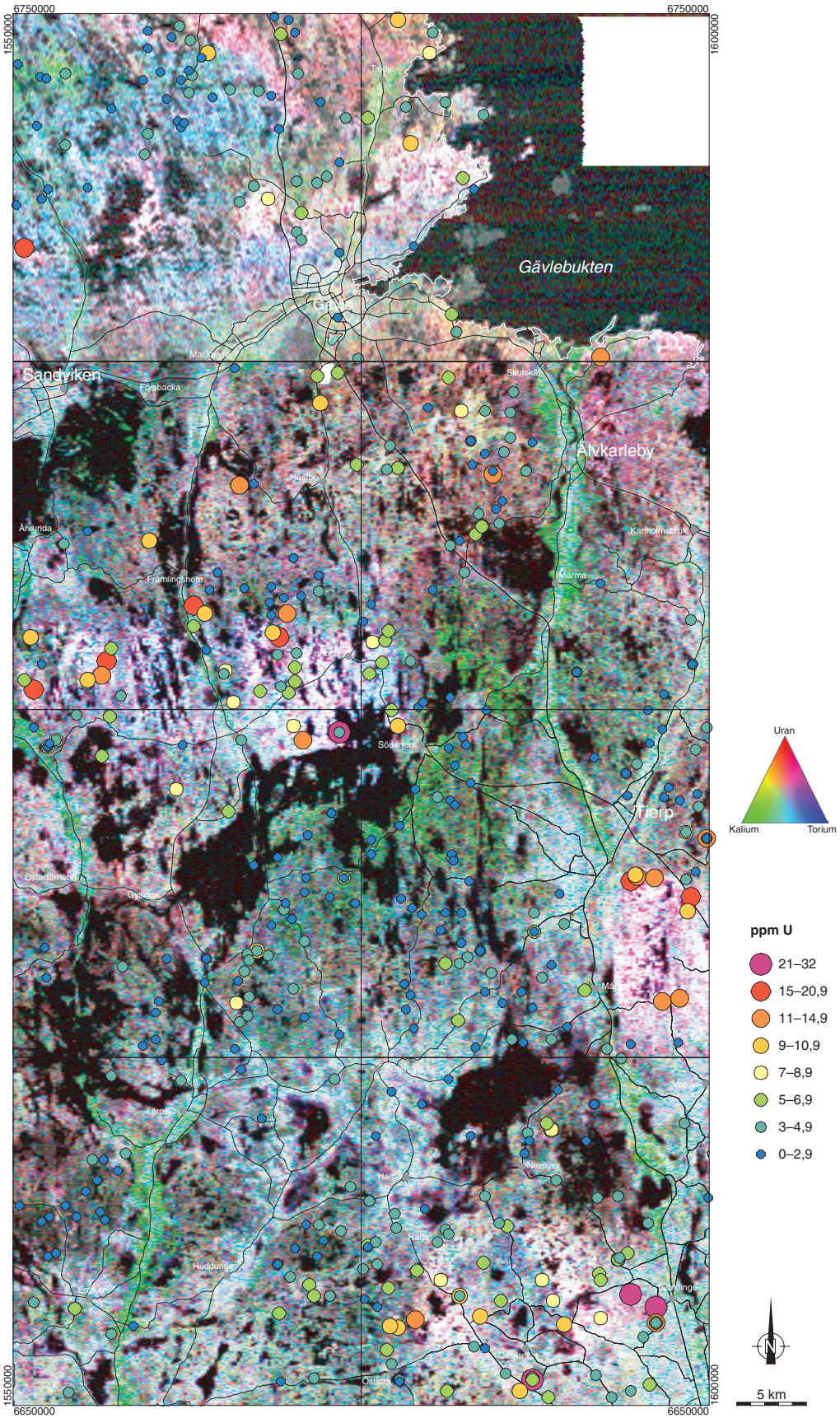


Fig. 10. Ternär strålningskarta över området 12H Söderfors och 13H Gävle med lägen för spektrometermätningar. Symbolernas storlekar motsvarar medelvärden av uranhalter.

Postorogena bergarter

I det nordvästligaste hörnet av området 13H SV finns en del av en större förekomst med jotnisk sandsten, så kallad Gävlesandsten. Den bildar ett sammanhängande område, från Storvik i väster via Sandviken mot Gävle och vidare ut i Bottenhavet. Området är relativt dåligt blottat och täcks till stora delar av Storsjön. Sandstenen har tidigare undersökts av Sandegren m.fl. (1939), Gorbatschev (1967) och Lundegårdh (1967). Gävlesandstenen, som vanligen är gulröd till röd, utgör en svagt skålformad bildning (synklinal) med flackt liggande lagring och är åtminstone delvis begränsad av förkastningar. Enligt Lundegårdh (1967) finns det gott om sedimentära strukturer samt lager av arkos och konglomerat.

I ovan nämnda sandsten finns en konform inlagring av en mafisk, finkornig bergart som tidigare kallats Gävlediabas. Bergarten syns tydligt på den magnetiska totalfältskartan (fig. 5) och tycks följa den yttre konturen av sandstenen i hela dess utbredningsområde. Gorbatschev (1967) tolkar Gävlediabasen som en lagergång. Mandeltextur är vanligt förekommande (mandelstensdiabas enligt Sandegren m.fl. 1939) och detta kan, tillsammans med bl.a. bergartens strukturella uppträdande, indikera att bildningen är ett basaltiskt lavaflöde. Både Gävlediabasen och sandstenen kommer att undersökas närmare under kommande fältsäsong (2003).

Vid Mackmyra, nordost om Forsbacka (13H SV), finns ett hällområde med postjotnisk diabas av Åsbytyp, dvs. en relativt grovkornig bergart med ofitisk textur och typisk brunaktig grusvittring på hällytor. Bergarten har tidigare tolkats både som en ”stockformad” intrusion med stort djupgående (Sandegren m.fl. 1939) och som en flackt liggande intrusion (Gorbatschev 1967). Moderna geofysiska data stöder den senare tolkningen.

Metamorfos

Metamorfosgraden i större delen av den äldre berggrunden i kartområdet torde ligga i undre amfibolitfacies, men är svårbedömd i brist på lämpliga indikatormineral. Norr om Östervåla är de tidigorogena metagranitoiderna mer genomgripande omkristalliserade än mot söder och delvis starkt ådrade, vilket tyder på att metamorfosgraden ökar mot norr. Migmatitomvandlade bergarter har påträffats på flera spridda lokaler. Särskilt vanliga är dessa i närheten av Hedesundagraniten och med den associerade bergarter, t.ex. söder om Hedesundafjärden i området Hade–Sevallbo, där delvis svåridentifierade rester av äldre bergarter (främst felsisk metavulkanit) ”simmar” i en röd migmatitgranit. Fältrelationerna tyder på att metamorfosen och bildningen av migmatitgraniten är äldre än (eller likåldrig med) Hedesundagraniten och associerade bergarter (fig. 9 b).

Strukturer

De tidigorogena intrusiva bergarterna har i många områden sina primära magmatiska texturer bevarade. Detta gäller särskilt i den sydligaste delen av kartområdet 12H, där bergarterna är massformiga till svagt folierade eller stängliga. Deformationsgraden ökar generellt mot norr, och är särskilt intensiv i områden med plastiska skjuvzoner. De dominerande strukturriktningarna är nordost- till NNO-liga och ost–västliga, men stora avvikelser finns. Strukturmönstret tyder på en storskalig, öppen till tät veckning med axialplan i ONO-lig riktning i området väster om Månkarbo. Ett likartat veckmönster har observerats i hällar i området, särskilt i ådrad finkornig amfibolit. De uppmätta veckaxlarna stupar i allmänhet 50–80° mot öster. Vid några lokaler kan man påvisa att bergartens huvudfoliation bildats i ett tidigorogent skede, innan mafiska gångar intruderade. Dessa gångar är i sin tur omvandlade och deformerade, möjligen i samband med den storskaliga veckningen.

Flera ungefär parallella deformationszoner (huvudsakligen spröda) med VNV-lig riktning uppträder i tidigorogena intrusivbergarter och korsar kartområdet 12H NV strax söder om Gysinge. Några hällar med plastiska skjuvzoner (mylonit) har observerats i anslutning till de förstnämnda zonerna, dock med annan riktning. Längre norrut, inom Hedesundaintrusionen, är den plastiska deformatio-

nen relativt svag till måttlig, men flera milslånga, spröda deformationszoner genomkorsar berggrunden, särskilt i området 12H NV. Zonerna syns tydligt på den magnetiska anomalikartan i kontrast mot de starkt magnetiska Hedesundabergarterna. I den nordvästligaste delen av 12H NV finns en zon med nordvästlig riktning och stark plastisk deformation (gnejs, mylonit) i tidigorogena granitoider.

Naturresurser

Krossberg

I det under året undersökta området finns bergtäkter bl.a. sydost om Månkarbo i tidigorogen metagranodiorit till tonalit. I Gävleområdet, sydväst om tätorten, bryts en senorogen granit i tre större täkter.

Industrimineralförekomster

Gråvit kristallin karbonatsten (marmor) bröts vid Hyttön under 1800-talet för användning vid den närbelägna Ertsmanshyttan (Sandegren & Lundegårdh 1949). Flera små förekomster av marmor, troligen kalcitmarmor, har brutits i anslutning till de skarnjärnmalmer som nämns nedan.

Metalliska mineralförekomster

Mindre magnetitförekomster i metagabbro finns intill Iggelbo vid Tämnarens norra strand och i metavulkanit i närheten av Gråmyrens marmorbrott, sydost om Tämnaren.

Ett antal mindre skarnjärnmalmer (magnetit) med åtföljande marmorlager har brutits i gruvstråket Hade–Sevallbo, bl.a. vid Gundbo gruvor (12H SV). Liknande malmer har också brutits söder om Årsunda, i Kaptensgruvan m.fl. och vid Jordåsgruvorna öster om Storsjön (13H SV).

Sulfidmalm har brutits i några små förekomster i anslutning till ovannämnda järnmalmer. Den största är ”Hade silvergruva”, som öppnades på 1500-talet av Gustav Vasa. Malmen utgjordes av silverhaltig blyglans i skarn.

REFERENSER

Asklund, B. & Sandegren, R., 1934: Beskrivning till kartbladet Storvik. *Sveriges geologiska undersökning Aa 176*, 150 s.

Bergman, T., Johansson, R., Lindén, A., Rudmark, L. & Stephens, M., 1999: Förstudie Tierp. Jordarter, bergarter och deformationszoner. *SKB R-99-53*, 119 s.

Bergman, T., Johansson, R., Stephens, M. & Wahlroos, J.-E., 2000: Förstudie Tierp och Älvkarleby. Fältkontroll av berggrunden inom potentiellt gynnsamma områden samt tyngdkraftsmodellering. *SKB R-00-47*, 56 s.

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.

Debon, F. & Le Fort, P., 1983: A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. *Transactions of Royal Society of Edinburgh, Earth Sciences 73*, 135–149.

Erdmann, E., 1865: Några ord till upplysning om bladet Lindsbro. *Sveriges geologiska undersökning Aa 14*, 67 s.

Ericsson, B. & Lidén, E., 1988: Jordartskartan 12H Söderfors NO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 87*.

Gorbatschev, R., 1967: Petrology of Jotnian rocks in the Gävle area. *Sveriges geologiska undersökning C 621*, 50 s.

Grånäs, K., 1985: Jordartskartan 12H Söderfors NV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 74*.
Grånäs, K., 1989: Jordartskartan 12H Söderfors SO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 104*.
Gumaelius, O., 1868: Bladet Sala. *Sveriges geologiska undersökning Aa 26*, 127 s.
Hjelmqvist, S., 1966: Beskrivning till berggrundskarta över Kopparbergs län. *Sveriges geologiska undersökning Ca 40,* 217 s.
Hummel, D., 1865: Några ord till upplysning om bladet Skattmansö. *Sveriges geologiska undersökning Aa 15*, 60 s.
Kresten, P., 1987a: Berggrundskartan 13E Vansbro SO. *Sveriges geologiska undersökning Ai 14*.
Kresten, P., 1987b: Berggrundskartan 13F Falun SV. *Sveriges geologiska undersökning Ai 17*.
Lundegårdh, P.H., 1957: Petrology of the Uppsala region, eastern Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C 544*, 74 s.
Lundegårdh, P.H. & Lundqvist, G., 1956: Beskrivning till kartbladet Uppsala. S*veriges geologiska undersökning Aa 199*, 117 s.
Lundegårdh, P.H., 1967: Berggrunden i Gävleborgs län. *Sveriges geologiska undersökning Ba 22*, 303 s.
Lundqvist, T., Bygghammar, B., Stephens, M.B., Beckholmen, M. & Norling, E., 1994: Sveriges berggrund i skala 1:250 000. *I* C. Fredén (red.): *Berg och jord.* Sveriges Nationalatlas.
Magnusson, N.H. & Lundqvist, G., 1933: Beskrivning till kartbladet Grängesberg. *Sveriges geologiska undersökning Aa 177*, 133 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.
Pettersson, A.L.T., 1871: Några ord till upplysning om bladet Salsta. *Sveriges geologiska undersökning Aa 43*, 54 s.
Ripa, M., 1998: Beskrivning till berggrundskartan 12E Säfsnäs SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 190*, 77 s.
Sandegren, R. & Asklund, B., 1943: Beskrivning till kartbladet Horndal. *Sveriges geologiska undersökning Aa 185*, 106 s.
Sandegren, R. & Asklund, B., 1946: Beskrivning till kartbladet Möklinta. *Sveriges geologiska undersökning Aa 186*, 101 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 191*, 106 s.
Sandegren, R., Asklund, B. & Westergård, A.H., 1939: Beskrivning till kartbladet Gävle. *Sveriges geologiska undersökning Aa 179*, 143 s.
Stephens, M.B., Ahl, M., Bergman, T., Lundström, I., Persson, L., Ripa, M. & Wahlgren, C.-H., 2001: 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 Rapporter och meddelanden 105*, 63–74.
Stolpe, M., 1869a: Några ord till upplysning om bladet Upsala. *Sveriges geologiska undersökning Aa 31*, 70 s.
Stolpe, M., 1869b: Några ord till upplysning om bladet Örbyhus. *Sveriges geologiska undersökning Aa 32*, 26 s.
Strömberg, A.G.B., 1988: Berggrundskartan 12F Ludvika SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 158*.
Stålhös, G., 1991: Beskrivning till berggrundskartorna Östhammar NV, NO, SV, SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 161, 166, 169, 172*, 249 s.
Wahlqvist, A.H., 1868: Beskrivning till kartbladet Leufsta. *Sveriges geologiska undersökning Aa 29*, 54 s.

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

Projekt Byske, Älvsbyn, Stensund, baskartering berg (BÄST)

Sven Aaro, Mehrdad Bastani, Bo Gustafsson, Benno Kathol, Claes Mellqvist, Torbjörn Thelander och Mats Wedmark

ALLMÄN INLEDNING

Projektet ”Byske, Älvsbyn, Stensund baskartering berg (BÄST)” omfattar kartområdena 23L Byske NV, NO, SV, 24K Älvsbyn NV, NO, SO, SV och 25I Stensund NV, NO, SO, SV (fig.1). Syftet är att skapa ett berggrundsgeologiskt underlag för en långsiktigt hållbar resurshantering inom delar av Västerbottens och 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 process för baskartering, varvid i genomsnitt 4–5 km^2 undersöks per geolog och dag. Karteringen inom projektet har pågått under somrarna 2001 och 2002. Resultat från fältarbetena år 2001 har redovisats i Antal Lundin m.fl. (2002). Kartområdena som hittills karterats framgår av figur 1, liksom tidsplaneringen för övriga kartområden inom projektet. Projektet beräknas vara färdigt i slutet av år 2004.

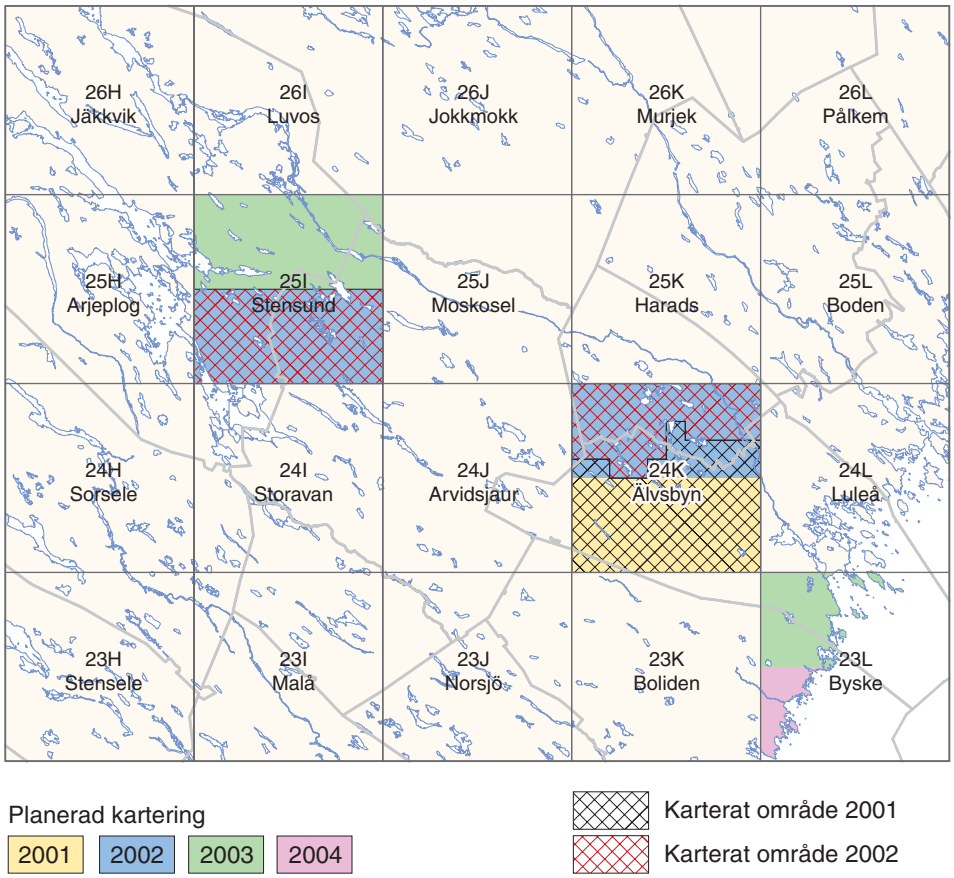


Fig. 1. Genomförd och planerad karteringsverksamhet inom projektet ”Byske, Älvsbyn, Stensund, baskartering berg (BÄST)”.

KARTOMRÅDET 24K ÄLVSBYN

Mehrdad Bastani och Torbjörn Thelander

Inledning

Fältarbetena sommaren 2002 i kartområdet 24K Älvsbyn genomfördes under tiden juni till mitten av augusti. Årets kartlagda yta är ca 900 km^2 och omfattar 1 110 hällobservationer. Till detta kan läggas de hällobservationer som gjordes under revideringen av området för Skelleftefältsprojektet sommaren 1998 (Kathol m.fl. 1999). Gammaspektrometriska data finns från ca 480 lokaler, och 60 geofysiska profiler har mätts med elektromagnetiska (VLF, RMT) och magnetiska instrument, i båda fallen ingår mätningar från 1997, 1998 och 2001.

GEOLOGI

Torbjörn Thelander

Fältarbetet under sommaren 2002 var koncentrerat till kartbladsområdena 24K NO och NV under sammanlagt 30 personveckor och utfördes av Jan-Erik Ehrenborg, Vladislav Stejskal och Torbjörn Thelander (de två förstnämnda som extrageologer). I och med årets karteringar är fältinsatserna inom kartområdet 24K Älvsbyn avslutade.

Resultaten från fältsäsongerna 2001 och 2002 finns sammanfattade i den preliminära berggrundskartan i figur 2. Mycket av kartområdets centrala del består av svekofenniska metagråvackor tillhörande den ”Bottniska supergruppen”. Samtidigt med de turbiditavsatta sedimenten avsattes såväl mafiska som felsiska vulkaniter. Åtminstone två generationer av tidigsvekokarelska djupbergarter har bildats i området, Jörnsviten och den något yngre Pertitmonzonitsviten. En genomgripande migmatitisering påverkade såväl ytbergarterna som de tidigsvekokarelska intrusionerna, varvid stora områden med migmatitgranit bildades. Utöver dessa bergartsled finns såväl monzonit som syenit, vilka fortfarande intar oklara åldersställningar.

Svekofenniska ytbergarter

De svekofenniska sedimentära bergarterna domineras av arenitiska och siltiga turbiditer som i väsentlig omfattning omvandlats till paragnejser. Turbiditursprunget framgår av spridda områden med bevarade primära strukturer såsom graderad skiktning, belastningsstrukturer samt av bergartssekvensens allmänna utseende (fig. 3 a). Förekomster av sulfid- och grafitförande svartskifferhorisonter, huvudsakligen geofysiskt indikerade genom förhöjd magnetiserbarhet och elektrisk ledningsförmåga, är särskilt vanliga i kartområdets södra del. Tunna inslag av vulkanoklastiter och basaltisk kuddlava i de metasedimentära bergarterna visar på en vulkanisk aktivitet samtidigt med sedimentationen. De stratigrafiskt yngsta sedimentära bergarterna är kvartsitisk sandsten med korsskiktning (fig. 3 b) och konglomerat med fragment av främst vulkaniska bergarter (fig. 3 c), dvs. bergarter som avspeglar en avsättning i grunt vatten. Detta understryks ytterligare av att de uppträder i nära samband med felsiska, troligen terrestriska vulkaniter av Arvidsjaurtyp.

De felsiska vulkaniterna i kartområdets västra del är vanligen porfyriska, och sammansättningen växlar mellan ryolit och dacit. Ignimbritstrimmighet, pimpsten och litiska fragment förekommer ställvis (fig. 3 d). Såväl till utseende som utbredning ansluter sig bergarterna till Arvidsjaurvulkaniterna. De stora förekomsterna av felsisk vulkanit i kartområdets norra och östra delar har en likartad utbildning.

Andesitiska till basaltiska vulkaniter finns som spridda förekomster, såväl i paragnejserna som i yngre djupbergarter. Andesitiska matargångar har också påträffats i felsiska vulkaniter som tillhör

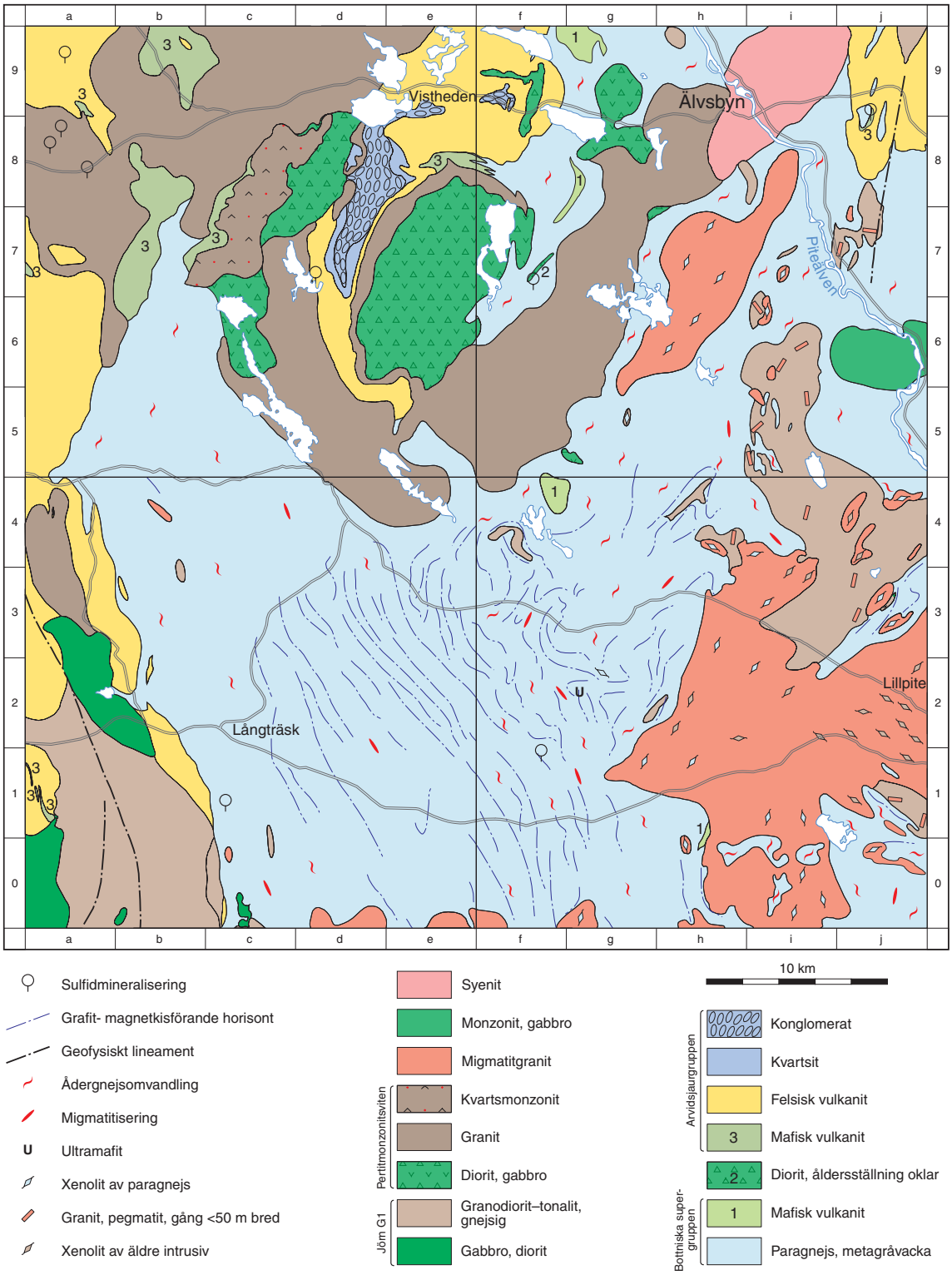


Fig. 2. Förenklad berggrundskarta över kartområdet 24K Älvsbyn.

Arvidsjaurgruppen. De mafiska vulkaniterna är vanligen porfyriska och har ställvis en vulkanoklastisk prägel. Välbevarade basaltiska kuddlavor förekommer underordnat (fig. 3 e).

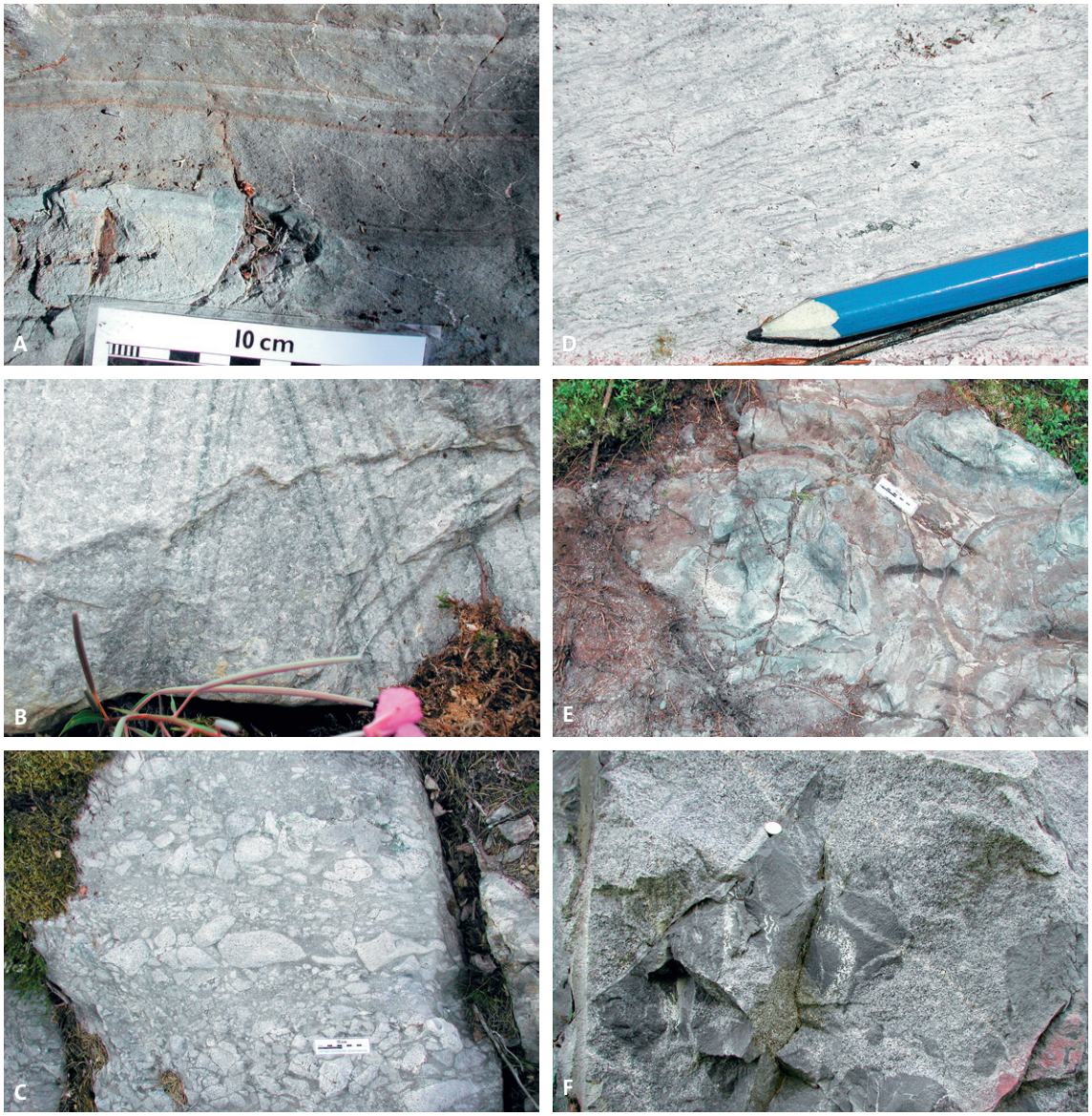


Fig. 3. Fotografier av bergarter inom kartområdet 24K Älvsbyn. Koordinater i rikets nät. **A.** Metagråvacka norr om Stavträsk (7286821/1728484). **B.** Korsskiktad kvartsitisk sandsten vid Finntjärnliden (7285840/1717284). **C.** Vulkaniskt konglomerat, Snårberget (7292191/1724942). **D.** Ignimbritstrimmig felsisk vulkanit, Lill-Pålsberget (7294648/1749623). **E.** Basaltisk kuddlava söder om Pålsträsk (7290838/1748717). **F.** Magmablandning i monzonit, Sikfors (7280914/1749757).

Tidigsvekokarelska djupbergarter

Sammansättningen hos de äldsta, tidigsvekokarelska, kalkalkalina intrusivbergarterna är dominerande granodioritisk till tonalitisk, och de bedöms vara av Jörn GI-typ med en ålder av ungefär 1 890 miljoner år. De är, bl.a. i kartområdets sydvästra del, associerade med gabbroida bergarter. Granitoiderna är också till stor del rikligt genomsatta av aplit- och pegmatitslirig granit, sannolikt av migmatitgranitisk karaktär. I områden där migmatitiseringen är särskilt påtaglig har den regionala deformationen påverkat de kalkalkalina intrusionerna så att de nu vanligen är utbildade som ortognejser. Ett fåtal ultramafiska kroppar med en sannolikt obetydlig utbredning har påträffats vid Hällbäcken (2 g), och även dessa antas litostratigrafiskt tillhöra Jörn GI.

Pertitmonzonitsvitens djupbergarter är något yngre än de ovannämnda och domineras av en rödaktig, ojämnkornig, medel- till grovkornig granit som till synes är fri från inneslutningar av andra bergarter. Graniten, som också finns i en ljusgrå variant, är vanligen massformig, men en tydlig foliation påträffas ställvis och antyder lokala plastiska deformationszoner. Till denna svit förs även en kvartsmonzonit med en ganska betydande utbredning inom kartområdet 24K NV. Kvartsmonzonitens perifera delar innehåller rikligt med xenoliter av Arvidsjaurgruppens vulkaniter, vilket således fastställer det relativa åldersförhållandet gentemot dessa. Kvartsmonzoniten breccierar också en diorit tillhörande en av de mafiska intrusioner som uppträder i nära relation med Pertitmonzonitsviten. Dessa mafiska kroppar, där Storsundsgabbron (6–7 e) har störst utbredning, domineras av massformig gabbro och diorit.

Syn- till sensvekokarelska djupbergarter

Heterogen ojämnkornig granit, på många ställen pegmatit- eller aplitgenomsatt, upptar stora ytor i kartområdets östra del. Graniten är massformig, migmatitassocierad och har inneslutningar av såväl paragnejs som av ortognejs med granodioritisk till tonalitisk sammansättning. Inneslutningarnas andel av hällytorna varierar inom vida gränser, vilket medför att gränsdragningen mellan den migmatitanknutna graniten och särskilt de tidigorogena svekokarelska intrusivbergarterna kan vara vansklig. Riktlinjen i den här aktuella karteringen har varit att där åtminstone ca 25 % av hällytan består av tidigsvekokarelska intrusivbergarter markeras området som sådant, och först när den migmatitassocierade graniten bedömts utgöra mer än 75 % av hällytan har den markerats som migmatitgranit på kartan.

Syeniten som uppträder kring Älvsbyn i områdets norra del antas sedan tidigare ha en ålder av ca 1800 miljoner år, men åldersställningen är fortfarande oklar och ett bergartsprov har tagits för radiometrisk datering.

Den monzonit som markerats längst i öster på kartan (5–6 j) är ljusgrå, medelkornig och massformig. Magmablandningsstrukturer med finkorniga, mafiska inneslutningar förekommer bl.a. vid Sikfors (fig. 3 f). Även denna intrusion tillskrivs en ålder av ca 1 800 miljoner år (Wikström & Söderman 2000).

Mineraliseringar och nyttosten

Malm, industrimineral eller nyttosten utvinns för närvarande inte inom kartområdet, men en ganska omfattande prospektering efter främst basmetaller, guld och nickel har förekommit. Vid Stavträsk (7 f) förekommer kopparkis, bornit och magnetkis i gråvackor och diorit (Lundmark 1985 a, b). Vid Kutuliden, även kallad Finnträsk (7 d), finns arsenikkis, kopparkis, guld, flusspat och turmalin i en delvis omvandlad röd granit. Vid Luspenåive (9 a) uppträder kopparkis, zinkblände och blyglans i felsisk vulkanit (Sandahl 1974, Carlson m.fl. 1983, Carlson 1984). Disseminerade sulfidmineraliseringar vid Pålsträsk (9 j) och Fjuskullen (1h) har beskrivits av Carlson m.fl. (1983) och Lundmark (1985 c). Vid Sarvasåive (8–9 a) finns en fattig dissemination med kopparkis, flusspat, scheelit, molybdenglans och arsenikkis (Sjöstrand 1982). Fyndigheterna Kanisberget (8 h) och Brännberget (7 h) består av en svag dissemination av svavelkis i biotitrika zoner i röd granit, respektive dissemination av arsenikkis i pegmatit och gnejs (Högbom 1922). Två obetydliga sulfidmineraliseringar finns vid Svartliden (1 f) och Hällbäcken (2 g) enligt Lundmark (1984). En mycket fattig guldmineralisering i grusigt konglomerat (Lundqvist m.fl. 1985) förekommer vid Långträsk (1 c). Vid Önusträsket (0 f) har borrningar efter nickel utförts (Lundmark & Filén 1990). Obetydliga stenbrott i pegmatit har påträffats i samband med karteringen.

GEOFYSIK

Mehrdad Bastani

Fältarbete

De geofysiska markmätningarna inom kartområdena 24K Älvsbyn NO och NV utgör en komplettering av de mätningar som genomfördes under 1997, 1998 och 2001. Mätningarna har utförts av Leif Kero, Johan Daniels, Carl-Axel Triumf, Mehrdad Bastani, Ildikó Antal Lundin och Niklas Juhojuntti. Under fältarbetet sommaren 2002, som omfattade 20 arbetsveckor och utfördes av Mehrdad Bastani och Mattias Lindman (extrageofysiker), har kompletterande bergartsprover insamlats från 174 lokaler (fig. 4) för bestämning av petrofysiska egenskaper. På samma lokaler bestämdes kalium-, uran- och toriumhalterna med hjälp av gammaspektrometer. Flygmätta VLF-data från undersökningsområdet saknas, men 27 markprofiler har mätts med hög upplösning, både med VLF och magnetometer, i syfte att kartlägga plastiska deformationszoner, sprickzoner och bergartskontakter.

Nedan ges en kortfattad genomgång av de geofysiska data som insamlats, såväl under de tidigare fältsäsongerna som under den senaste.

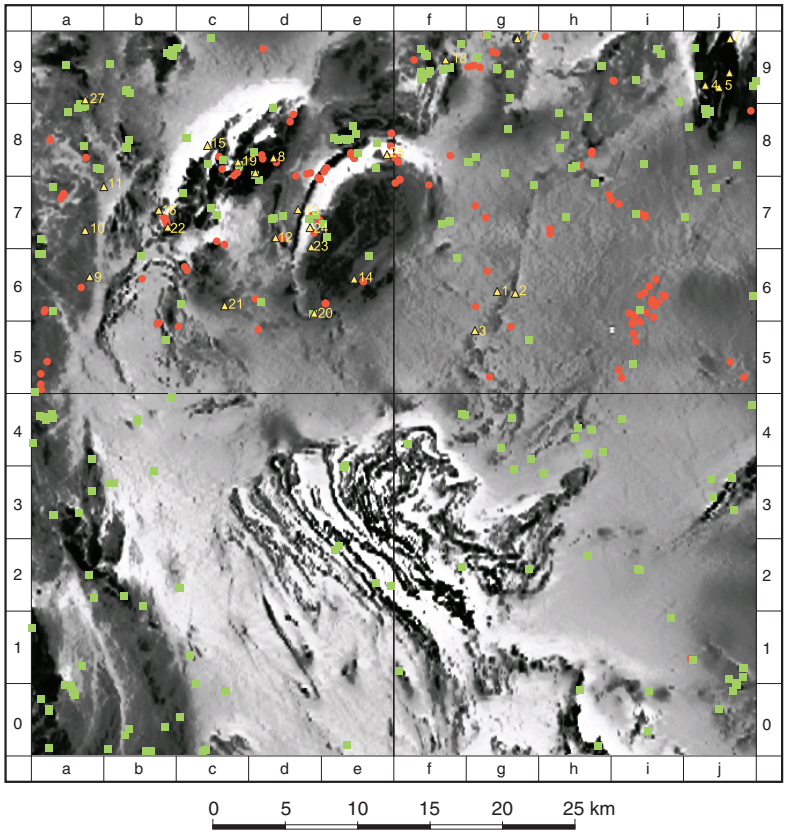


Fig. 4. Läget för geofysiska fältundersökningar i kartområdet 24K Älvsbyn under 1997, 1998, 2001 och 2002. Gröna symboler representerar petrofysikprov och/eller spektrometermätningar på hällar tagna 1997 till 2001, röda symboler representerar petrofysikprov och/eller spektrometermätningar tagna under sommaren 2002 inom kartområdena NO och NV. Gula symboler visar startpunkter av VLF- samt magnetfältsprofiler. I bakgrunden visas magnetiskt totalfält där mörk ton anger höga värden.

Petrofysik- och strålningsdata

Bergarterna inom kartområdet 24K Älvsbyn har klassificerats i fyra huvudgrupper: *basiska-metabasiska intrusiva, felsiska-metafelsiska intrusiva, vulkaniska-metavulkaniska* och *sedimentära-metasedimentära* bergarter. Figurerna 5 a, 6 a, 7 a och 8 a visar förhållandet mellan medelvärdena för fem fysikaliska egenskaper hos bergartsgrupperna i kartområdena Älvsbyn NO och NV. Mätningarna presenteras i sju separata diagram:

1. Uran mot kalium
2. Torium mot kalium
3. Uran/torium mot kalium
4. Torium mot uran
5. Densitet mot kalium
6. Densitet mot uran
7. Densitet mot susceptibilitet

Motsvarande förhållanden baserade på data från 1997, 1998 och 2001 som samlades in från hela kartområdet 24K Älvsbyn visas i figur 5 b, 6 b, 7 b och 8 b.

De flesta basiska och metabasiska intrusiva bergarterna i undersökningsområdet har kaliumhalter under 2 %, uranhalter mindre än 3 ppm och toriumhalter mindre än 5 ppm (fig. 5 a, b). Förhållandet mellan torium och uran är linjärt, dvs. toriumhalten ökar med ökande uranhalt. Vid låga kaliumhal-

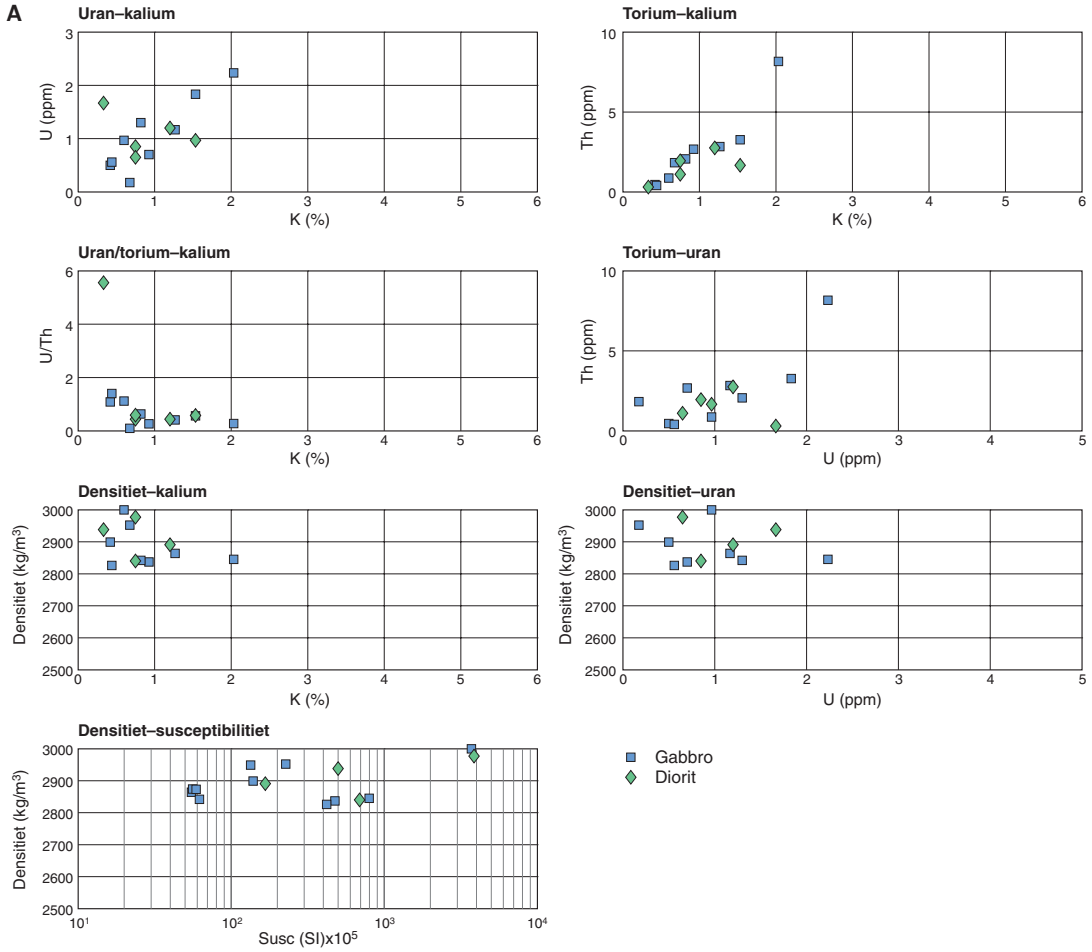


Fig. 5. Sammanställning av analyserade fysikaliska parametrar för basiska och metabasiska djupbergarter inom:
A) 24K NO och NV. Bergartsprover insamlade och mätningar utförda år 2002.

ter är även förhållandet mellan kalium och torium linjärt. Sambanden mellan densitet och kalium samt mellan densitet och uran är otydliga och avviker från linjära trender.

Kaliumhalterna för den felsiska och metafelsiska gruppen (fig. 6 a, b) varierar mellan 0,7 % (tonalit) och 5,8 % (granit). För de flesta bergarterna i gruppen är kaliumhalten 2–5 %. Generellt är uranhalten mindre än 10 ppm med undantag för pegmatitgranit och pegmatit (max. 37,1 ppm). Förhållandet mellan torium och kalium är approximativt linjärt med undantag för syenit (data från år 2002, se fig. 6) och pegmatitgranit (fig. 6). Ett approximativt linjärt förhållande gäller även mellan uran- och kaliumhalterna. Densiteten varierar linjärt med kaliumhalt, uranhalt och susceptibilitet (logaritmisk skala). Det finns dock avvikelser, bl. a. för monzonit (fig. 6 b) och syenit (fig. 6 a).

Linjära förhållanden mellan de olika fysikaliska egenskaperna framträder tydligast hos de vulkaniska och metavulkaniska bergarterna (fig. 7 a, b). Uranhalten är direkt proportionell mot toriumhalten. Kaliumhalten är omvänt proportionell mot densiteten. Förhållandet densitet/susceptibiliet kan anses vara linjärt om värdet för basalt utesluts.

Figur 8a och b visar variationen av petrofysiska parametrar och radiometriskt bestämda halter av kalium, uran och torium för sedimentära och metasedimentära bergarter. Kaliumhalten har en stor spridning (0,7–7,7 %, maximumvärdet är markerat med pil i fig. 8 b). Uranhalten är generellt lägre (två paragnejsprover visar uranhalter >10 ppm) och varierar betydligt mindre (4,0 ± 2,0 ppm) jämfört med de tre övriga bergartsgrupperna. Susceptibiliten varierar också inom snäva gränser och är vanligen lägre än 1,0 x 10^{-3} SI-enheter.

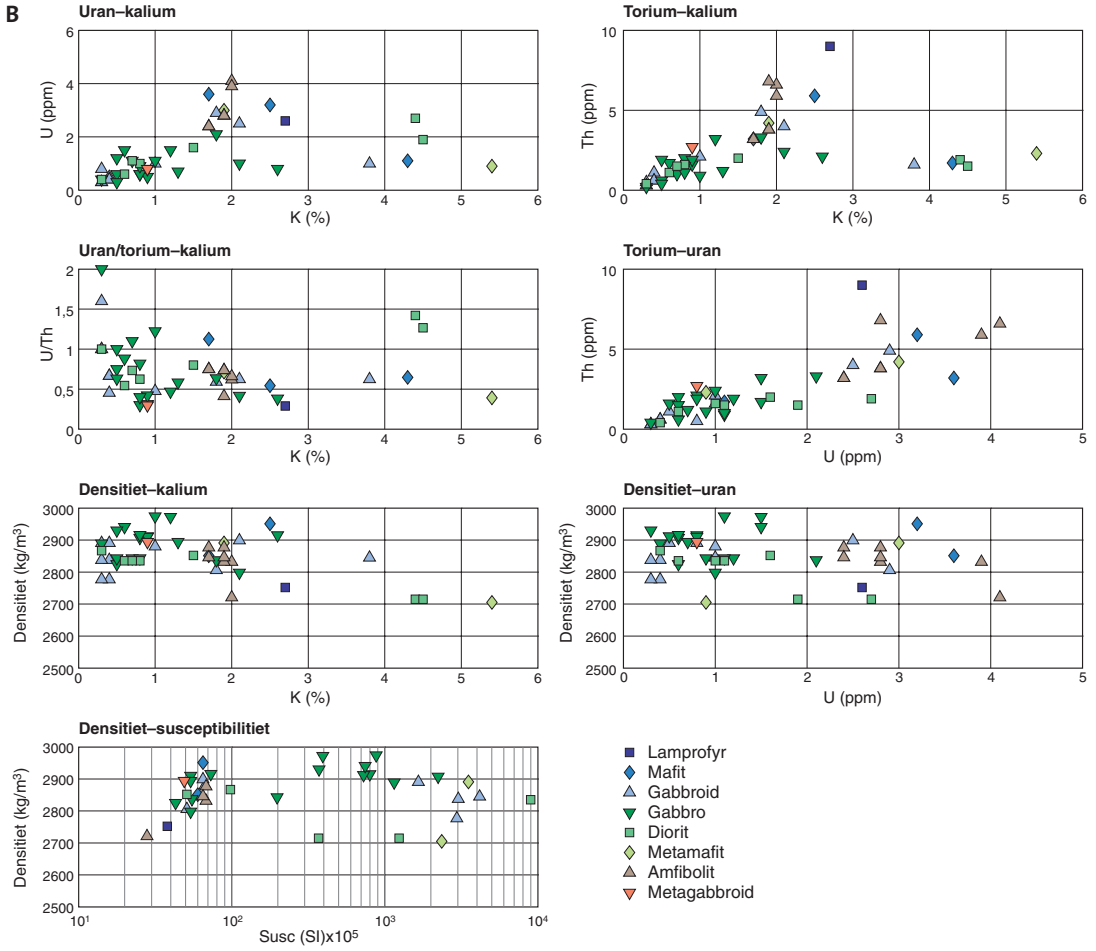


Fig. 5. Sammanställning av analyserade fysikaliska parametrar för basiska och metabasiska djupbergarter inom:
B) hela kartområdet 24K. Bergartsprover insamlade och mätningar utförda år 1997, 1998 och 2001.

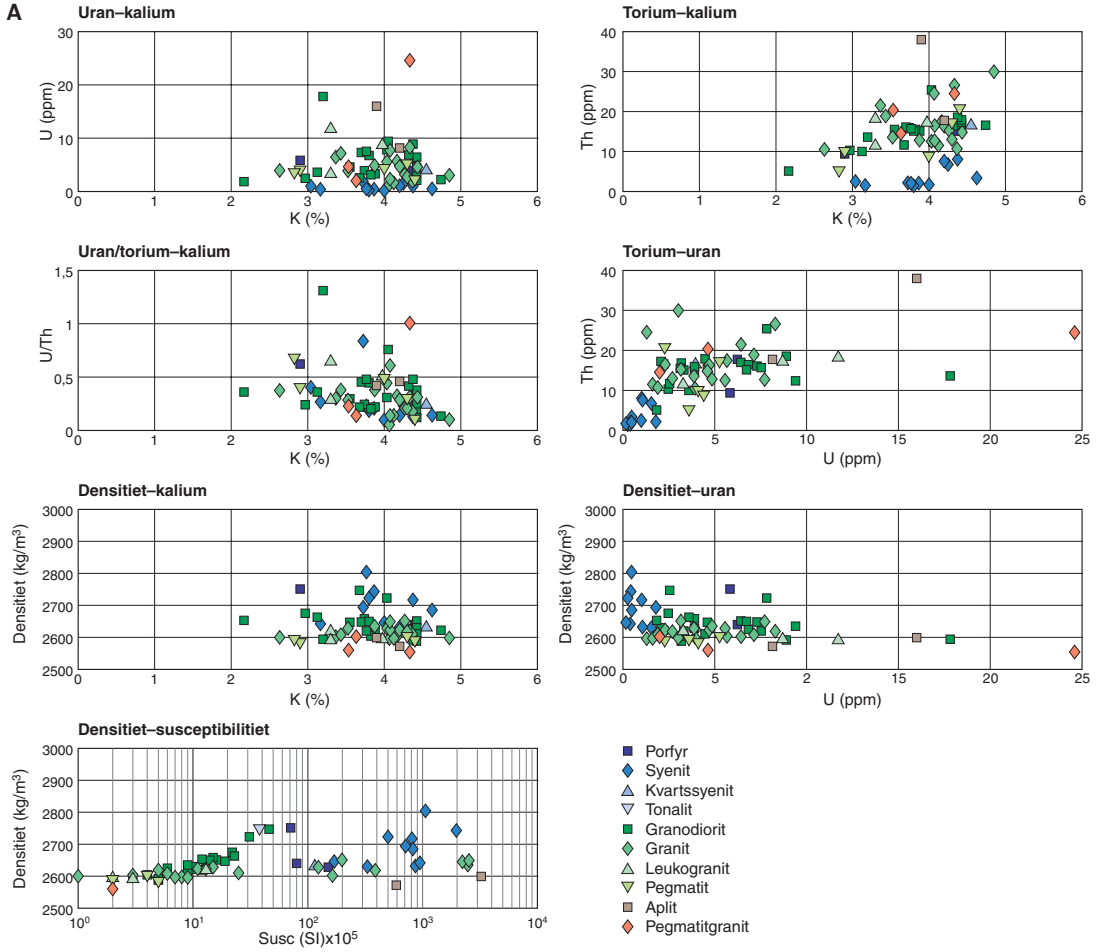


Fig. 6. Sammanställning av analyserade fysikaliska parametrar för felsiska och metafelsiska djupbergarter:
A) 24K NO och NV. Bergartsprover insamlade och mätningar utförda år 2002.

Baserat på alla mätningar inom kartområdet 24K Älvsbyn har medel-, maximum- och minimumvärden för fysikaliska egenskaper beräknats för de fyra huvudbergartsgrupperna. Resultaten visas i tabell 1.

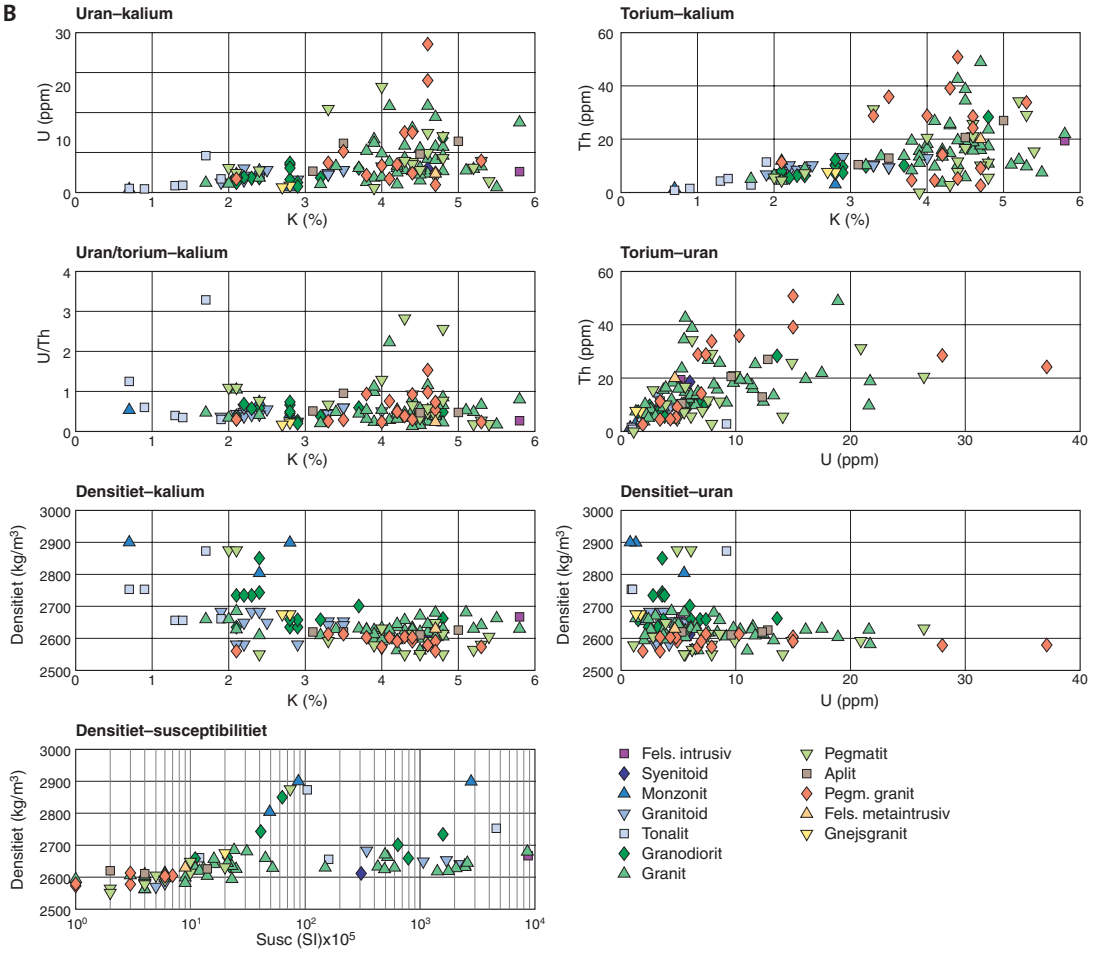


Fig. 6. Sammanställning av analyserade fysikaliska parametrar för felsiska och metafelsiska djupbergarter:
B) hela kartområdet 24K. Bergartsprover insamlade och mätningar utförda år 1997, 1998 och 2001.

Tabell 1. Petrofysiska parametrar och radiometriskt bestämda halter av kalium, uran och torium hos fyra bergartsgrupper i kartområdet 24K Älvsbyn. Mätningarna utfördes vid sammanlagt 474 lokaler under åren 1997, 1998, 2001 och 2002. Sammanställningen är baserad på preliminära bestämningar av bergartstyp.

Parameter	Bergarts-grupp	Basiska–metabasiska	Felsiska–metafelsiska	Vulkaniska–metavulkaniska	Sedimentära–metasedimentära
Kalium (%)	Max	5,4	5,8	5,2	7,7
	Min	0,3	0,7	0,3	0,7
	Medel	**1,53**	**3,6**	**3,0**	**2,9**
Uran (ppm)	Max	4,1	37,1	46,7	11,7
	Min	0,3	0,2	1,1	0,8
	Medel	**1,5**	**7,0**	**5,6**	**3,9**
Torium (ppm)	Max	9,0	50,8	20,1	52,3
	Min	0,2	0,0	0,3	0,8
	Medel	**2,4**	**14,2**	**9,3**	**10,1**
Densitet (kg/m³)	Max	3050	2900	3055	2943
	Min	2705	2550	2590	2596
	Medel	**2857**	**2640**	**2727**	**2719**
Susc. (SI)*10⁵	Max	8975	8732	13902	10210
	Min	28,0	0,0	6,0	7,0
	Medel	**1468**	**534**	**2343**	**357**
Antal bergartsprover		77	203	103	65

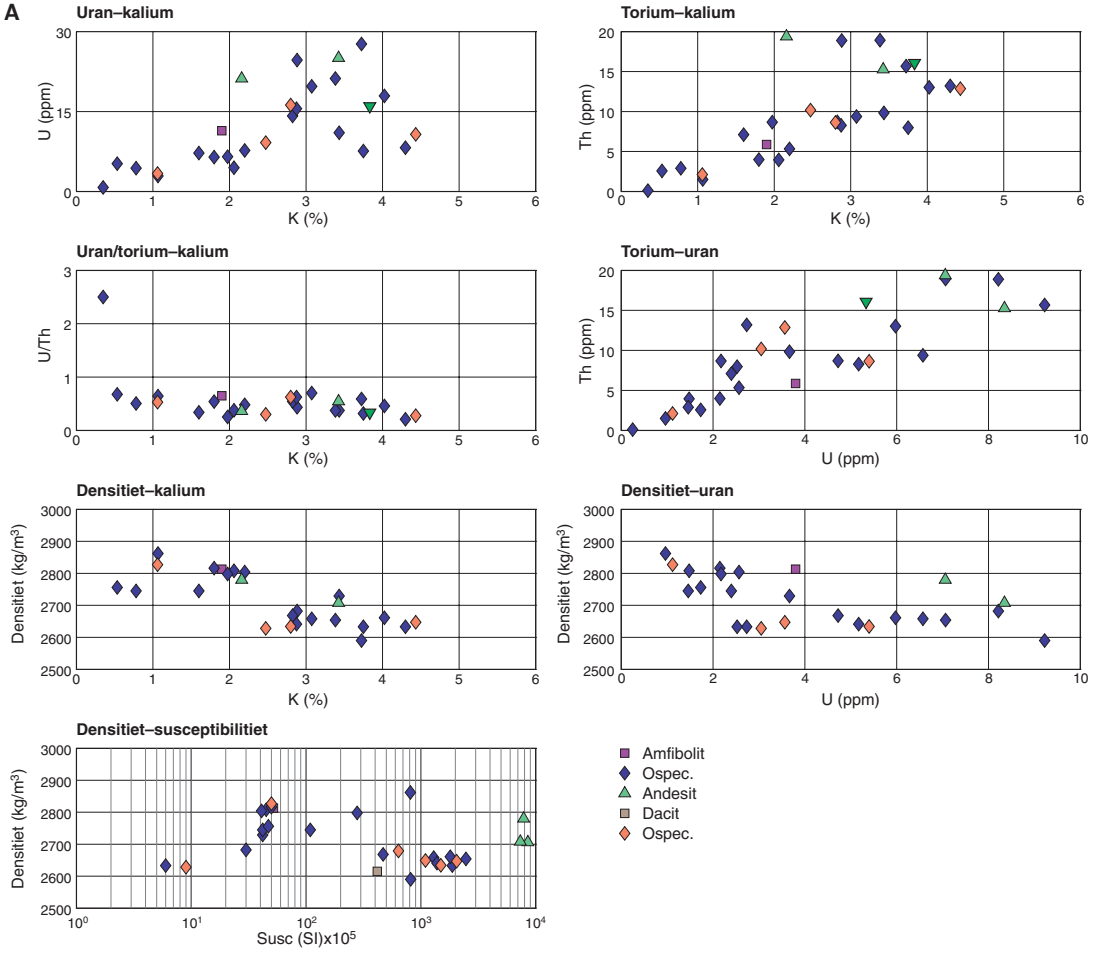


Fig. 7. Sammanställning av analyserade fysikaliska parametrar för vulkaniska och metavulkaniska bergarter inom:
A) 24K NO och NV. Bergartsprover insamlade och mätningar utförda år 2002.

Profilmätningar

Figur 4 visar markprofilernas lägen (gula trianglar) samt lokaler för spektrometermätning i kartområdet 24K Älvsbyn. För att få mer information om sprickzoner och bergartskontakter inom norra delen av området har VLF-fältet samt det magnetiskt totalfältet uppmätts längs några profiler. Till exempel passerar den 5,5 km långa profil 8 över diorit till gabbro (8 d, se fig. 1), granit (8 d), konglomerat (7 d), felsiska vulkaniter (7 d), granit (7 e) och diorit till gabbro (7 e). Modellberäkning av markmätta magnetiska data och VLF-data gör det möjligt att begränsa de geofysiska enheterna på ett mycket tillförlitligt sätt. Detta förbättras ytterligare när även tyngdkraftsdata utnyttjas.

Under sommaren 2002 har en del av de markmätta VLF-data modellerats (profilerna 1–18). Figur 9 visar resistivitetsmodeller samt magnetfältdata längs profilerna 1, 2, 5, 7, 12 och 16. Modellerna visar variationen av den beräknade resistiviteten, från markytan ned till 300 meters djup. Zoner med relativt sett lägre resistivitet kan till exempel tolkas som potentiellt vattenförande sprickzoner eller som magnetkisförande horisonter (Bastani & Juhojuntti 2001). Resistivitetsmodeller kan användas som en utgångsmodell för tolkning av magnetfältsdata, särskilt för de profiler där det saknas hällar och uppgifter om susceptibilitet. I dessa fall kan både susceptibilitet och strukturform modelleras. En preliminär modellberäkning av magnetfältsdata från fyra markprofiler inom kartområdena 24K NO och NV utfördes. Magnet- och resistivitetsmodeller för profil 10 visas i figur 10. Längs denna profil saknas hällar. Resistivitetsmodellen beräknades först, varvid en betydande korrelation mellan magnetfältsdata och resistivitetsmodellen kunde noteras. Observera till exempel profilavsnitten vid

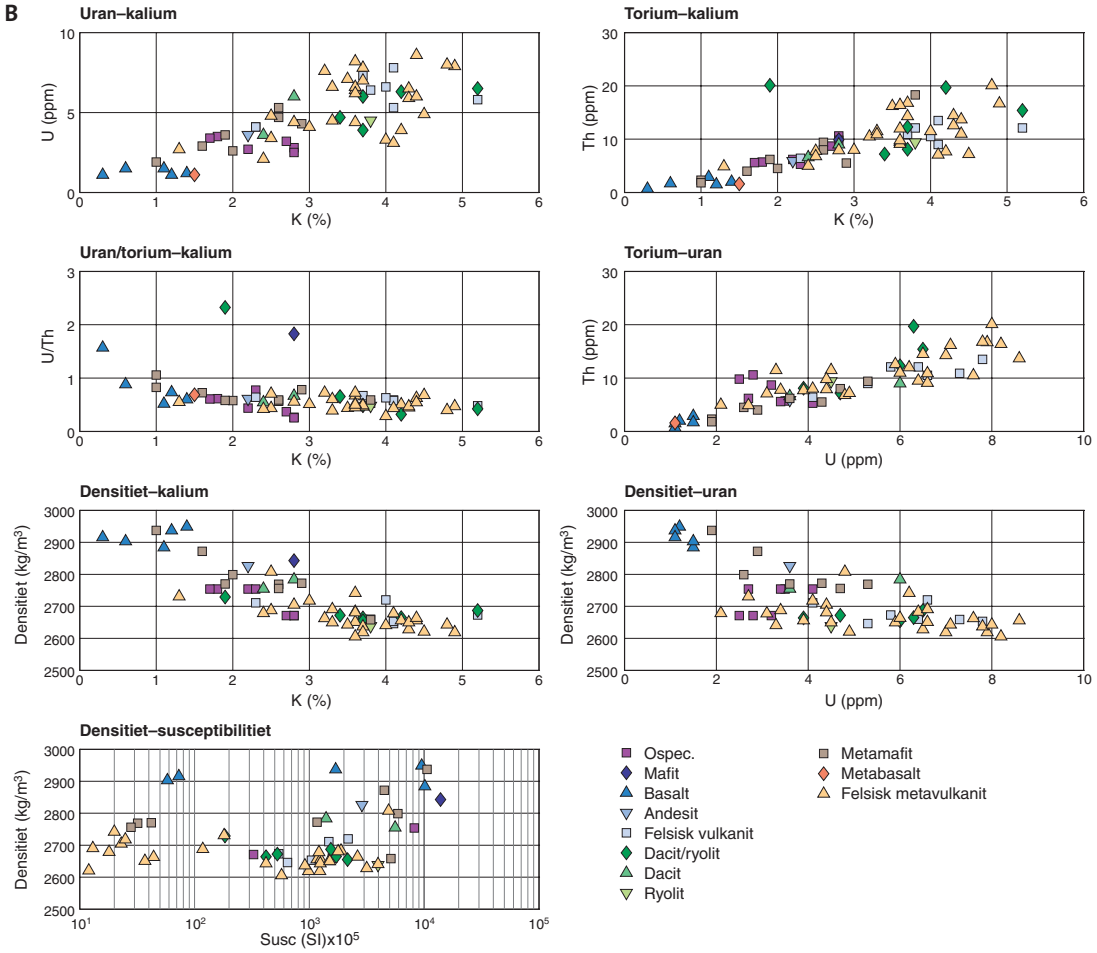


Fig. 7. Sammanställning av analyserade fysikaliska parametrar för vulkaniska och metavulkaniska bergarter inom:
B) hela kartområdet 24K. Bergartsprover insamlade och mätningar utförda år 1997, 1998 och 2001.

750 m respektive 1 500 m från profilens startpunkt (fig. 10). Vid 750 m sjunker magnetfältets styrka med omkring 400 nT samtidigt som resistiviten sjunker med en faktor 10 i modellen. Vid 1 500 m ökar både styrkan av magnetfältet samt resistiviteten. I nästa steg har resistivitetmodellen använts för att konstruera den preliminära magnetiska modell som visas i figur 10. En mycket bra anpassning mellan modelldata och fältdata kan noteras. Modellberäkningen visar att berggrunden under det mellersta avsnittet av profilen har såväl låg resistivitet som låg susceptibilitet. Detta parti kan tolkas som en sprickzon, då det är välkänt att sprickzoner framträder som lågresistiva zoner.

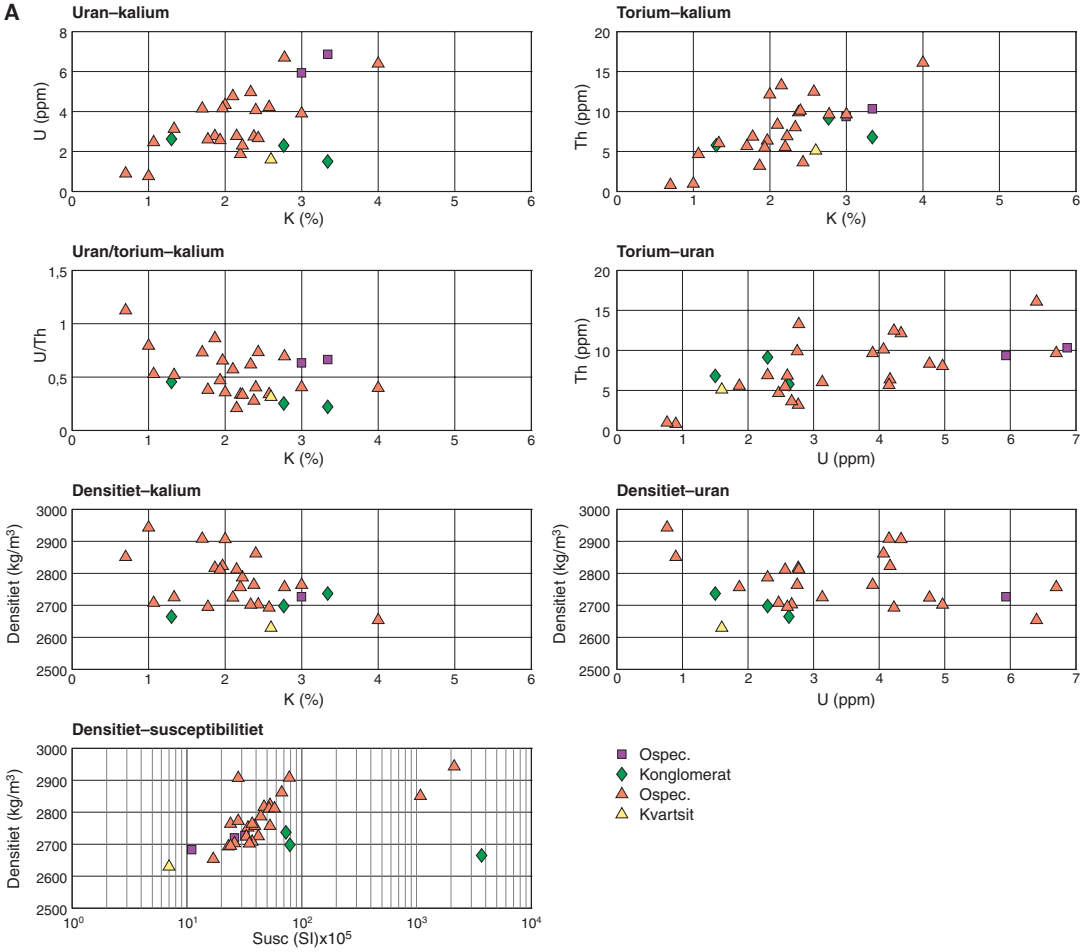


Fig. 8. Sammanställning av analyserade fysikaliska parametrar för sedimentära och metasedimentära bergarter inom: **A)** 24K NO och NV. Bergartsprover insamlade och mätningar utförda år 2002.

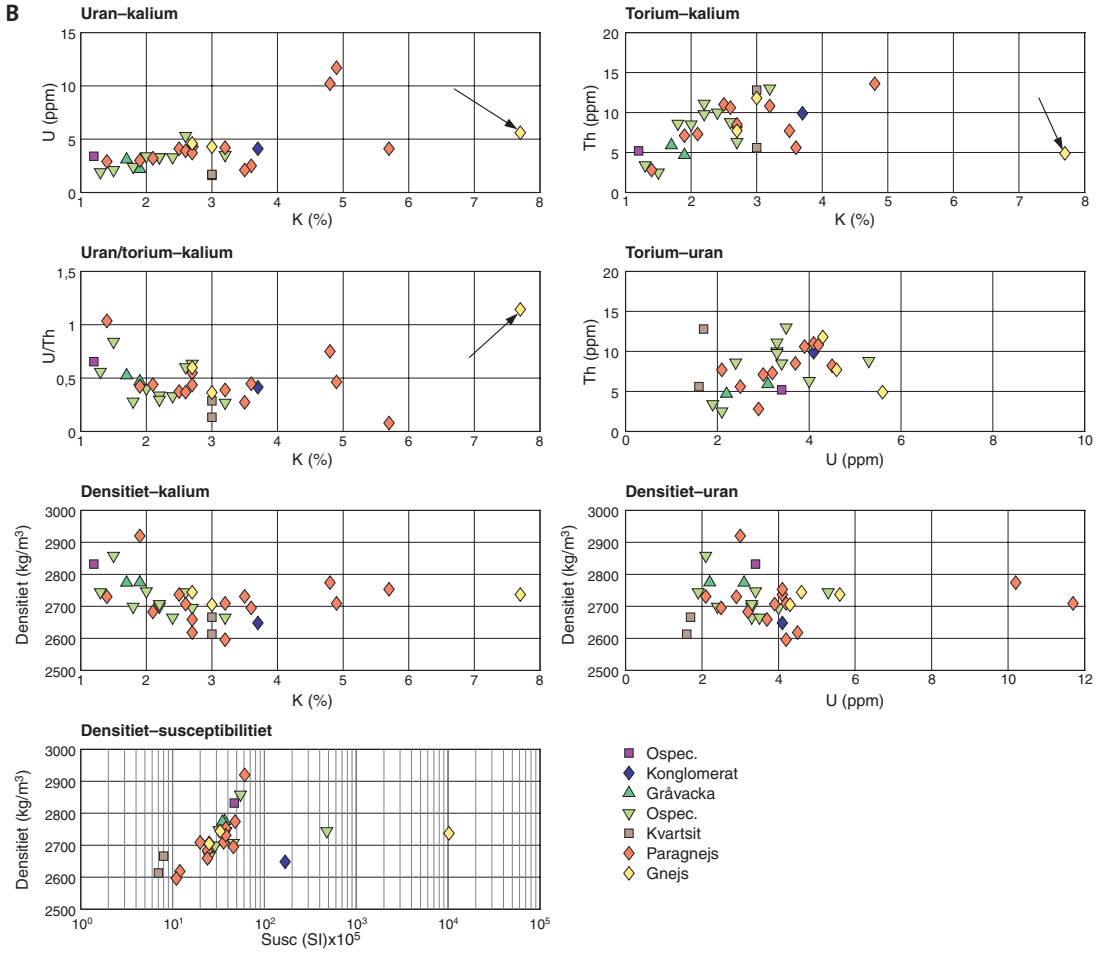


Fig. 8. Sammanställning av analyserade fysikaliska parametrar för sedimentära och metasedimentära bergarter inom:
B) hela kartområdet 24K. Bergartsprover insamlade och mätningar utförda år 1997, 1998 och 2001. Pilen visar den maximala kaliumhalten (gnejs).

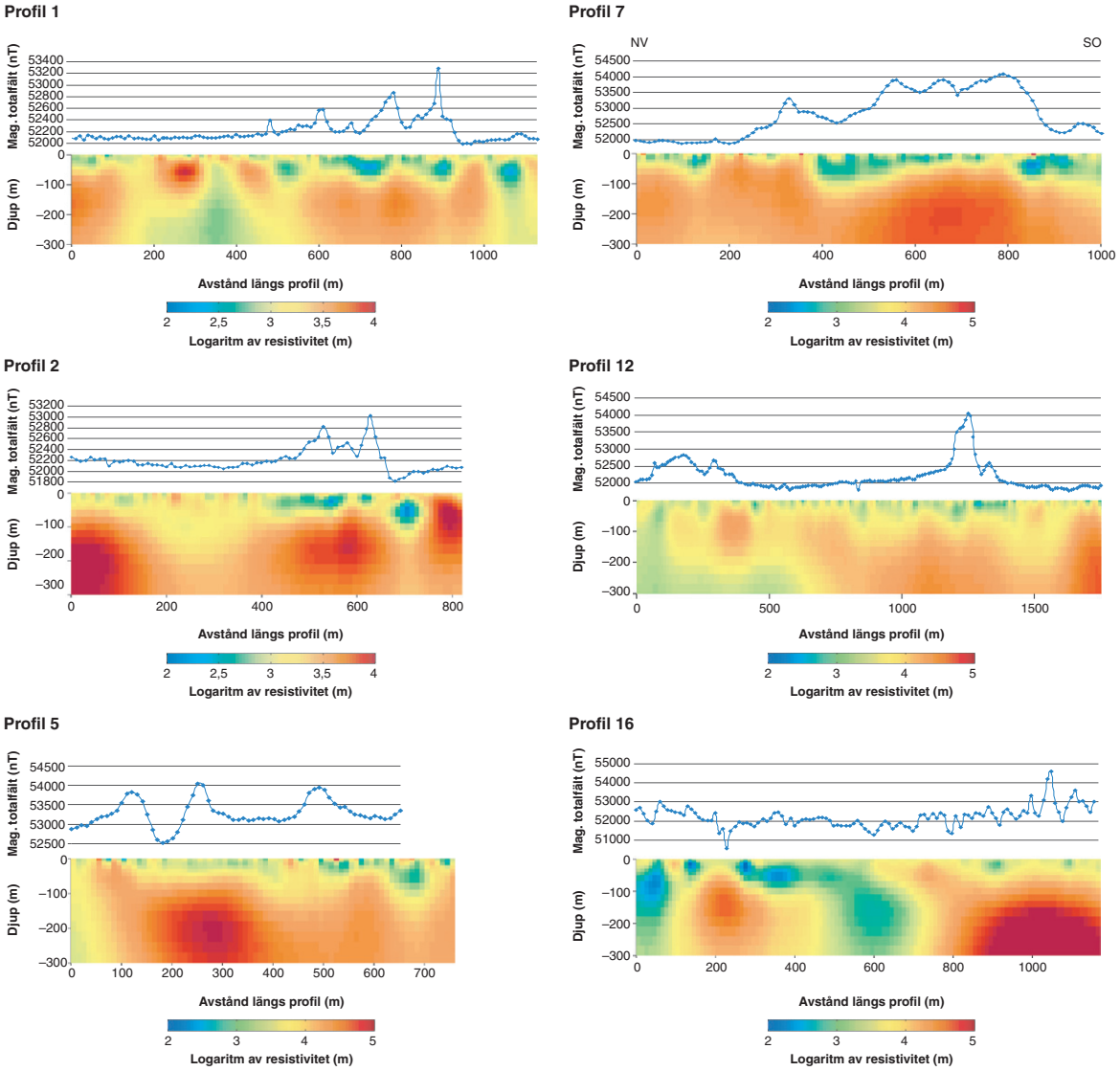


Fig. 9. Resistivitetsmodeller och magnetfältsdata längs profilerna 1, 2, 5, 7, 12 och 16, uppmätta under sommaren 2002 i kartområdet 24K NO/NV. Observera att färgskalorna för resistivitetmodellerna och axelskalorna i magnetfältsdiagrammen varierar.

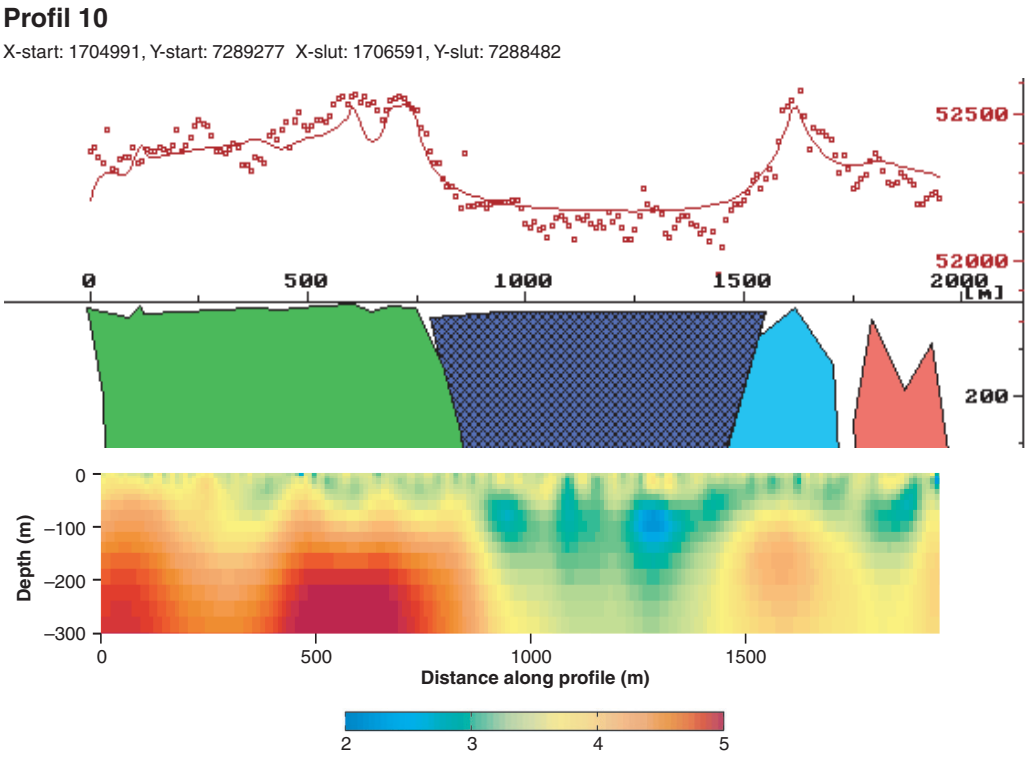


Fig. 10. Magnetisk modell beräknad från markmätta magnetdata samt resistivitetsmodell beräknad från markmätta VLF-data (profil 10, 24K NV). Start- och slutkoordinater representerar profilens läge.

KARTOMRÅDET 25 I STENSUND SV OCH SO

Sven Aaro, Bo Gustafsson, Benno Kathol, Claes Mellqvist och Mats Wedmark

GEOLOGI OCH GEOFYSIK

Inledning

Berggrundsundersökningarna i kartområdena 25I Stensund SV och SO utfördes under juni till augusti 2002. Fältarbetet bedrevs under 68 personveckor, varav 28 i kartområdet 25I SV (Claes Mellqvist med extrageologerna Erik Ogenhall, Uppsala universitet och Anja Olsson, Stockholms universitet) och resterande 40 veckor i 25I SO (Benno Kathol med extrageologerna Lars Bergkvist, Charlåtta Brandt och Fanny Hartvig, samtliga från Stockholms universitet).

De berggrundsrelaterade geofysiska undersökningarna utfördes integrerat med berggrundskartläggningen. Fältarbetet omfattade både 25I SV och SO och bedrevs under totalt 20 personveckor (Sven Aaro och Mats Wedmark samt extrageofysikern Niclas Fredman, Göteborgs universitet).

Som kartunderlag användes ortofoton i skala 1:20 000. Hällunderlaget utgjordes av dels konturer från tidigare utförda arbeten, dels flygbildstolkade hällkonturer erhållna från SGUs jordartsenhet.

Undersökningsområdet är beläget inom Arjeplogs och Arvidsjaurs kommuner i södra delen av Norrbottens län. På grund av områdets topografiska läge ovanför högsta kustlinjen är blottningsgraden relativt låg. Större hällområden är sällsynta men återfinns vanligtvis i områden med höga berg. I vissa bäckfåror samt i vägdiken kan man finna hällar som är betydligt mer blygsamma till storlek, på vissa ställen endast ca 1 m^2 stora. Med hjälp av loggningsprotokoll från kärnborrningar som utförts

i samband med prospektering kan några hällfattiga områden kompletteras med information. Fältsäsongen avslutades i mitten av augusti med två dagars slutexkursion. En preliminär geologisk kartbild över kartområdena 25I Stensund SV och SO presenteras i figur 11 resp. 12.

Flyggeofysiska mätningar över undersökningsområdet har utförts dels 1969 av SGU, dels 1982–84 av LKAB. Vid SGUs mätningar, som utfördes på 30 m flyghöjd och med 200 m stråkseparation, mättes magnetfältet och gammastrålningen. Mätningarna utfördes i ost–västlig riktning vilket innebär att nord–sydliga strukturdrag prioriteras. LKABs mätningar omfattar även VLF-fält och EM-fält enligt slingrammetoden. Beträffande SGUs gammastrålningsmätningar bör nämnas att de utfördes med en detektor med relativt liten volym, endast 6 liter. Detta gör att strålningsinformationen är något mer störd än vad som uppnås med den detektor som används idag. Tyngdkraftskartläggningen har främst utförts i början av 1970-talet, varvid de västligaste, malmpotentiella delarna mättes med ett punktavstånd på ca 1 km. De mer eller mindre glest mätta områdena, främst inom den östra delen av undersökningsområdet, kompletterades i början av 2000-talet.

De magnetiska avvikelserna, baserade på SGUs flyggeofysiska mätningar, framgår av figur 13 och tyngdkraftsavvikelserna av figur 14. Gammastrålningen syns i figur 15 som också visar var markbaserade gammastrålningsmätningar utförts år 2002.

Förutom ovanstående geofysiska undersökningar har omfattande markmätningar utförts i stora delar av de malmpotentiella områdena i samband med SGUs och NSGs prospekteringsverksamhet på 1960-, 70- och 80-talen (fig. 16). Dessa mycket detaljerade mätningar omfattar magnetfält, IP, VLF-fält och EM-fält enligt slingrammetoden. Delar av detta utomordentliga material föreligger i digital form, men stora delar kan enbart återfinnas i form av kartor vid SGUs arkiv i Malå. Viss information om dessa markmätningar går att finna i avsnittet ”Prospektering och mineraliseringar” nedan.

I samband med prospekteringsverksamheten utfördes också en relativt omfattande provtagning för mätning av petrofysiska egenskaper. Detta material omfattar totalt ca 450 analyser av densitet, susceptibilitet och q-värde. Av dem är ca 40 baserade på orienterade bergartsprov, vilket gör att uppgifter om den remanenta magnetiseringens riktning föreligger. De senare proverna består främst av intermediära till basiska vulkaniter och diabaser.

De geofysiska fältinsatser som utförts 2002 innefattar också ett visst antal korta markprofiler, som mätts med magnetometer och/eller VLF-instrument. Avsikten har varit att erhålla en mer detaljerad bild av magnetiska kontakter och större deformationszoner. Profilernas lägen framgår av figur 16.

Tabell 2. Sammanställning av berggrundsgeologiska och geofysiska insatser inom 25I Stensund SV och SO under sommaren 2002.

	25I SV	25I SO
Kartbladsgeolog	10 veckor	6 veckor
Kartbladsgeofysiker	6 veckor	4 veckor
Extrageologer	18 veckor	34 veckor
Extrageofysiker	5 veckor	5 veckor
Antal observationspunkter, berg	769	813
Antal observationslokaler, geofysik	103	76
Antal gammaspektrometermätningar	209	208
Karterad yta	625 km^2	625 km^2
Bergartsprover	167	198
Prover för kemisk analys	22	17
Prover för petrofysiska mätningar	50	40
Dateringsprover	1	1
Geofysiska profiler	10	3

Undersökningsområdet är beläget norr om Skelleftefältet och bergarterna tillhör Skelleftegruppens marina facies som mot norr, men även uppåt i stratigrafin, övergår i Arvidsjaurgruppens terrestriska facies (Lundberg 1980). Detaljerade studier i kartområdet har främst berört ytbergarterna och gjorts i nära samband med prospekteringsinsatser (se avsnittet ”Prospektering och mineraliseringar”). Detta har resulterat i några uppsatser som bl.a. publicerats i både rapport- och artikelform. Mineraliseringarna och

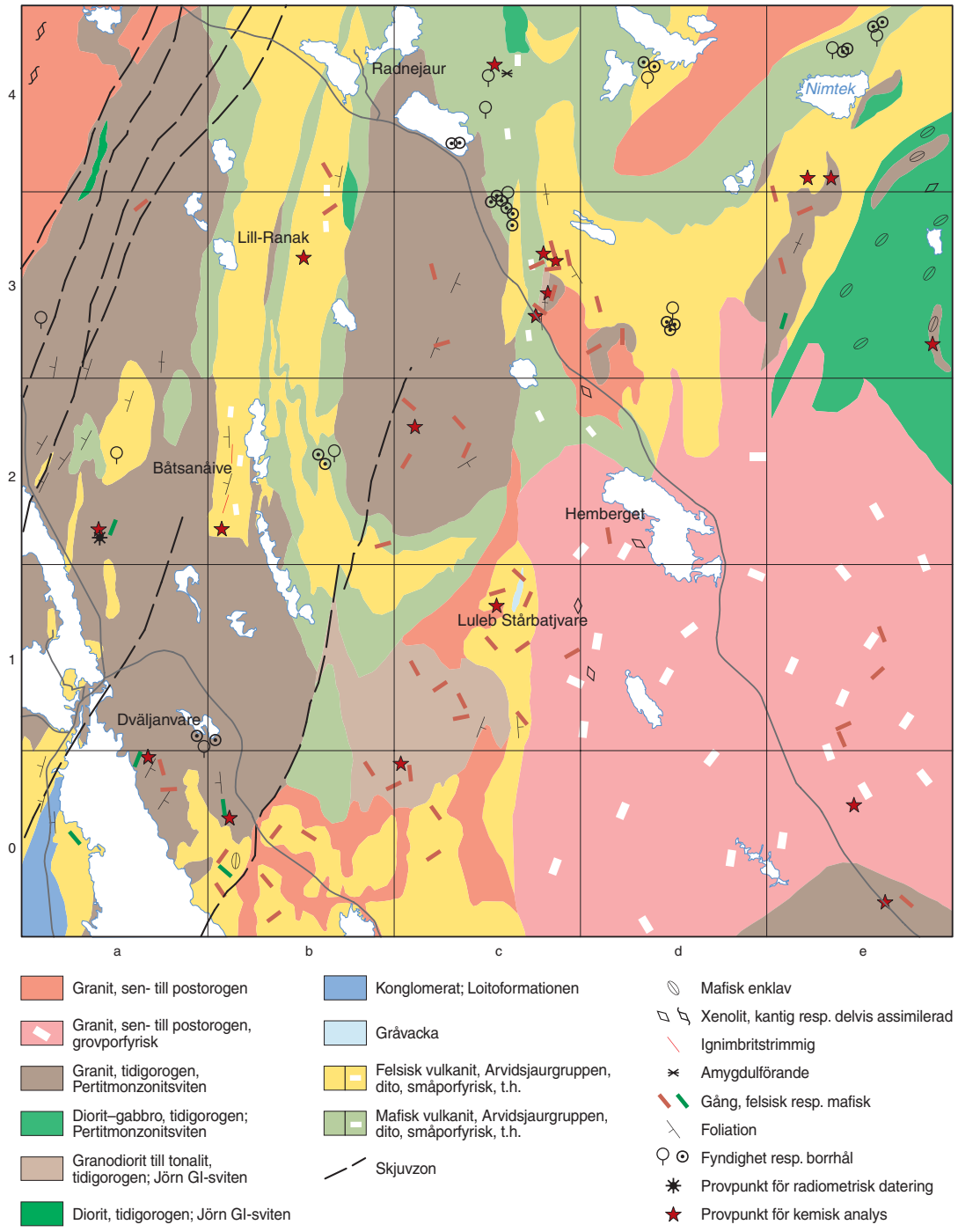


Fig. 11. Förenklad berggrundsgeologisk karta över 25I Stensund SV.

vulkaniterna i områdena vid Radnejaure och sjön Nimtek (25I SV) beskrevs av Padget (1966) och var en syntes av de resultat som erhållits under kopparprospekteringen med början 1958. Andersson (1971) utförde en petrografisk studie av vulkaniterna i kartområdet 25I Stensund SV och uppmärksammade ryoliterna på bl.a. berget Båtsanáive. Arvidsjaurvulkaniterna i området kring sjön Rakkur i kartområdet 25I SO beskrevs av Grip (1935, 1946) och studerades ytterligare av Lilljequist & Svenson (1974), som uppfattade områdets ignimbriter och basiska lavor som mycket välbevarade. I en ej slutförd doktorsavhandling av Bengt Sjöblom finns dessutom en detaljrik studie av Rakkurområdets geologi.

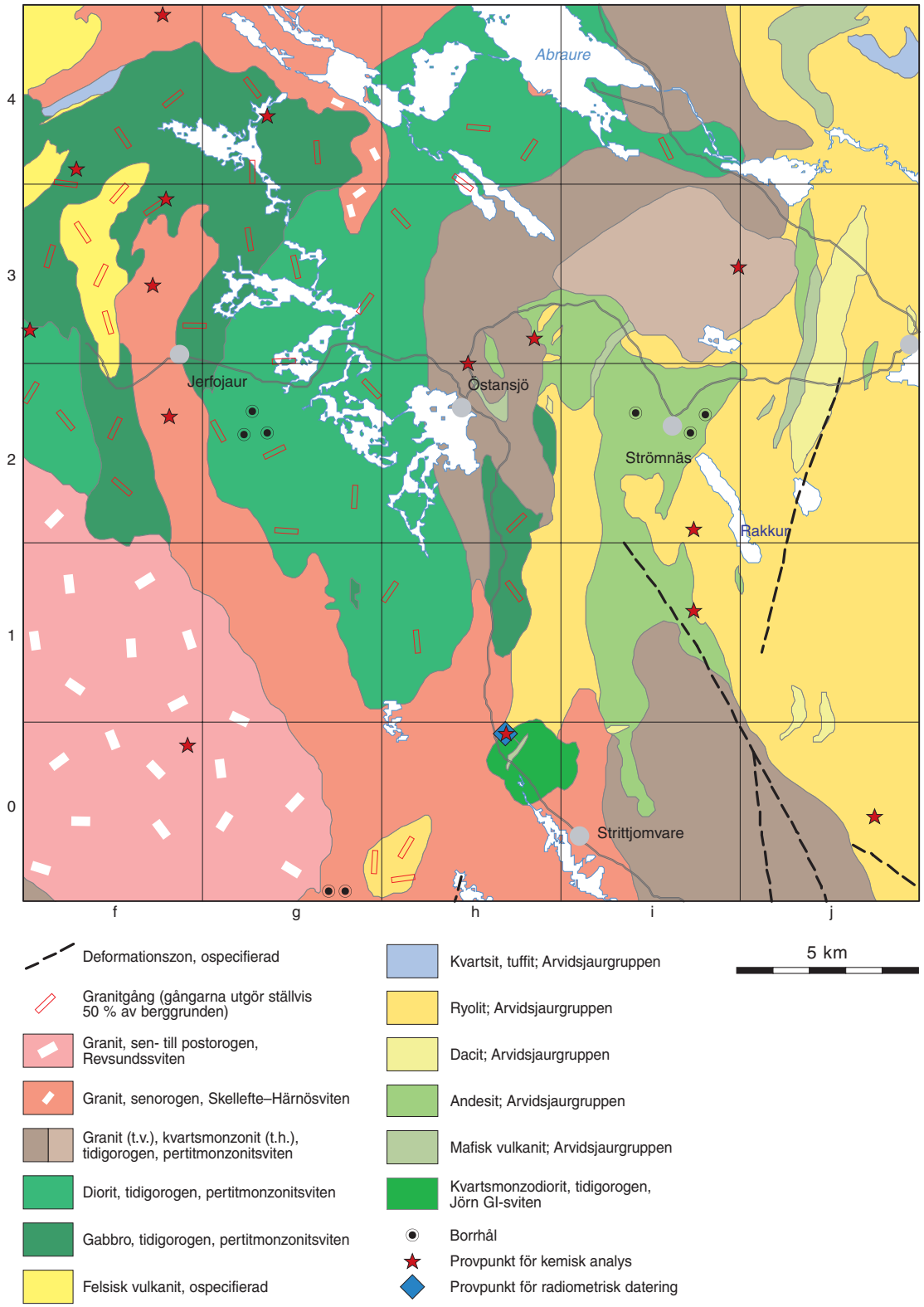


Fig. 12. Preliminär förenklad berggrundsgeologisk karta över 25I Stensund SO. Kartbilden har sammanställts av Lars Bergkvist, Charlåtta Brandt och Fanny Hartvig.

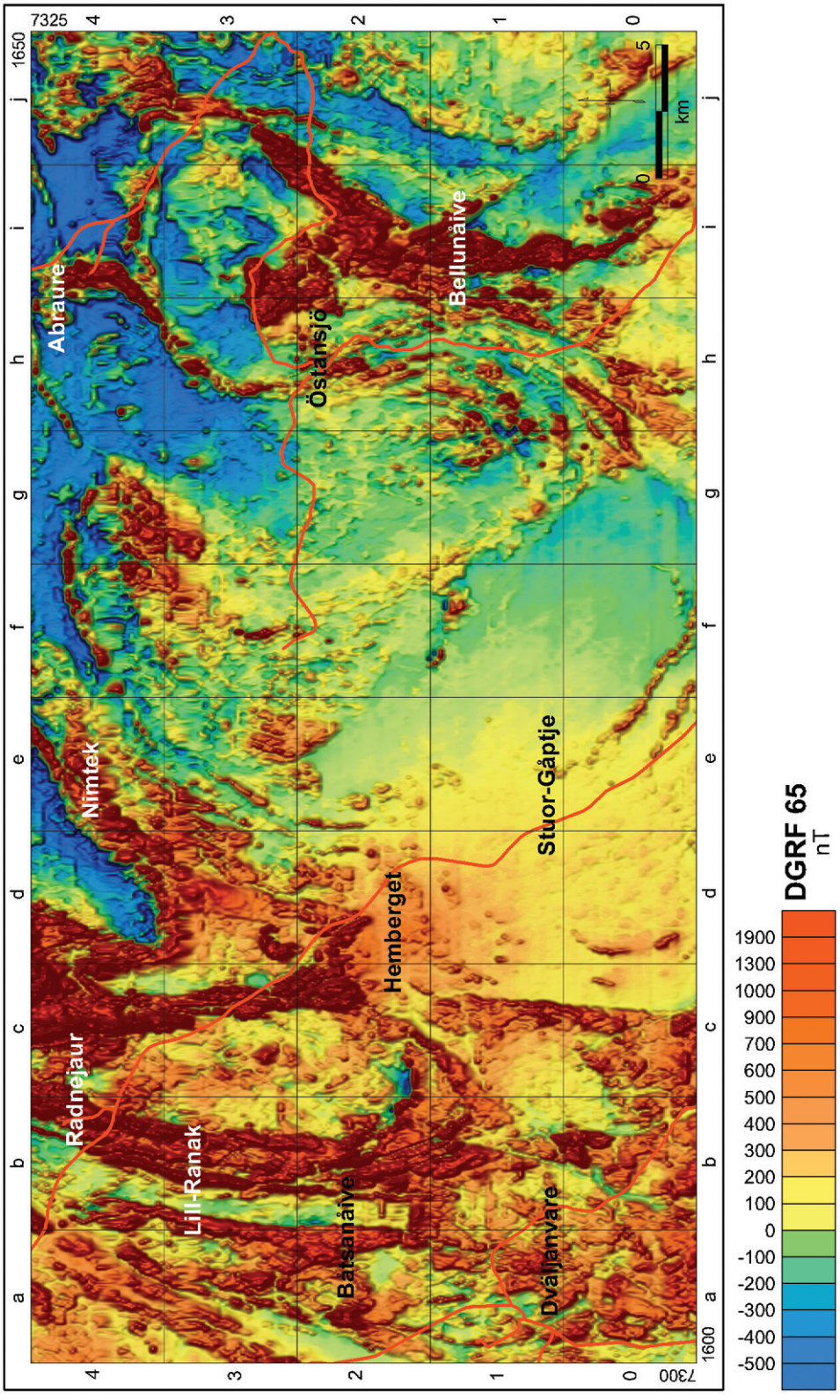


Fig. 13. Magnetfältskarta över 25I Stensund SV och SO. Kartan visar de magnetiska avvikelserna och baseras på flyggeofysiska mätningar som utförts 1969. Positiva drag i anomalibilden är i mycket hög grad förknippade med undersökningsområdets vulkaniter. Susceptibilitetsmätningar på berghällar indikerar magnetithalter på uppemot 6 % i de mer mafiska vulkaniterna.

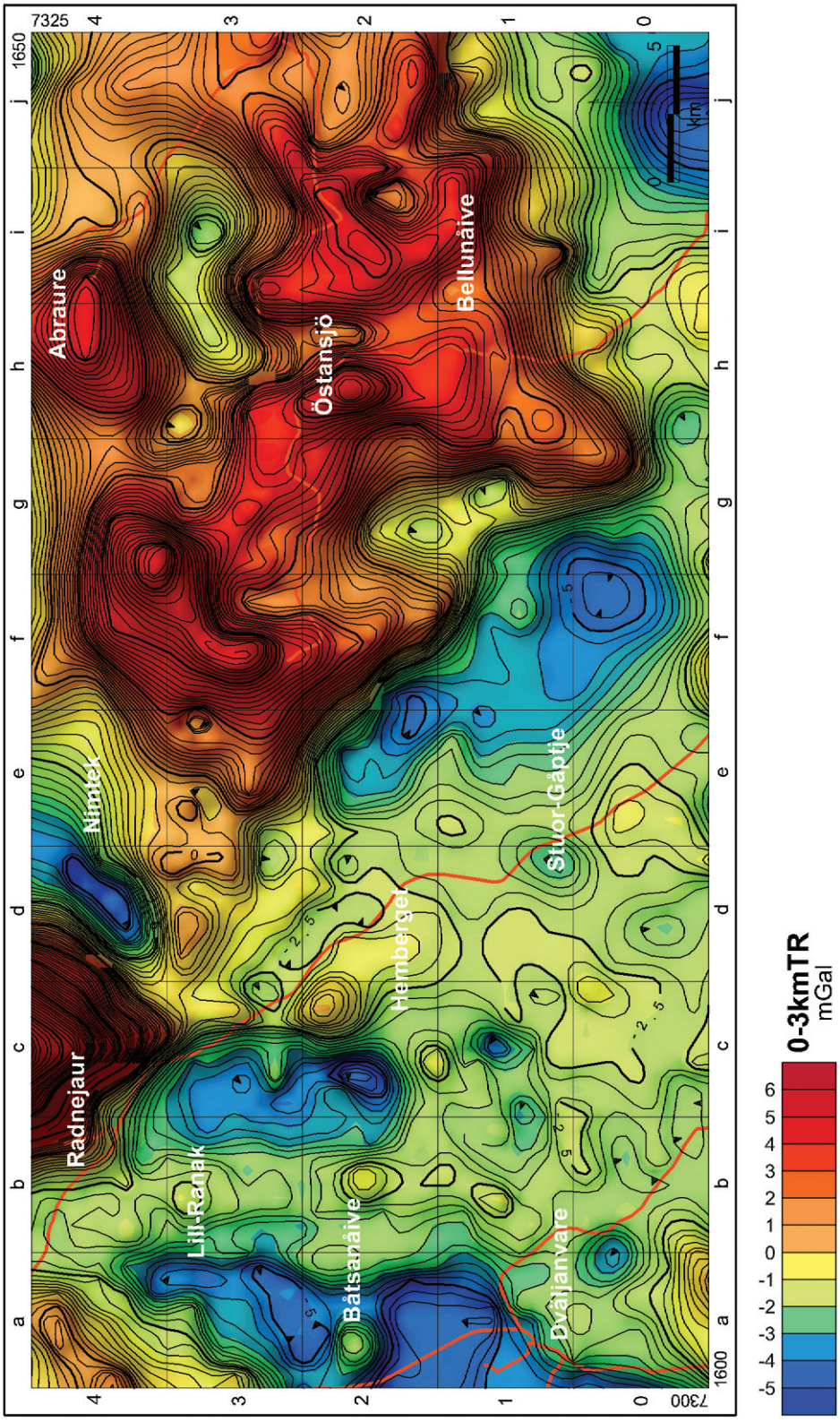


Fig. 14. Tyngdkraftskarta över 25I Stensund SV och SO. Kartan visar tyngdkraftsavvikelser i form av residualanomalier med en ekvidistans av 0,25 mGal. Positiva avvikelser är i många fall relaterade till områdets vulkaniter. De tidigorogena intrusionerna (Pertitmonzonitsviten) ger nästan genomgående upphov till negativa drag.

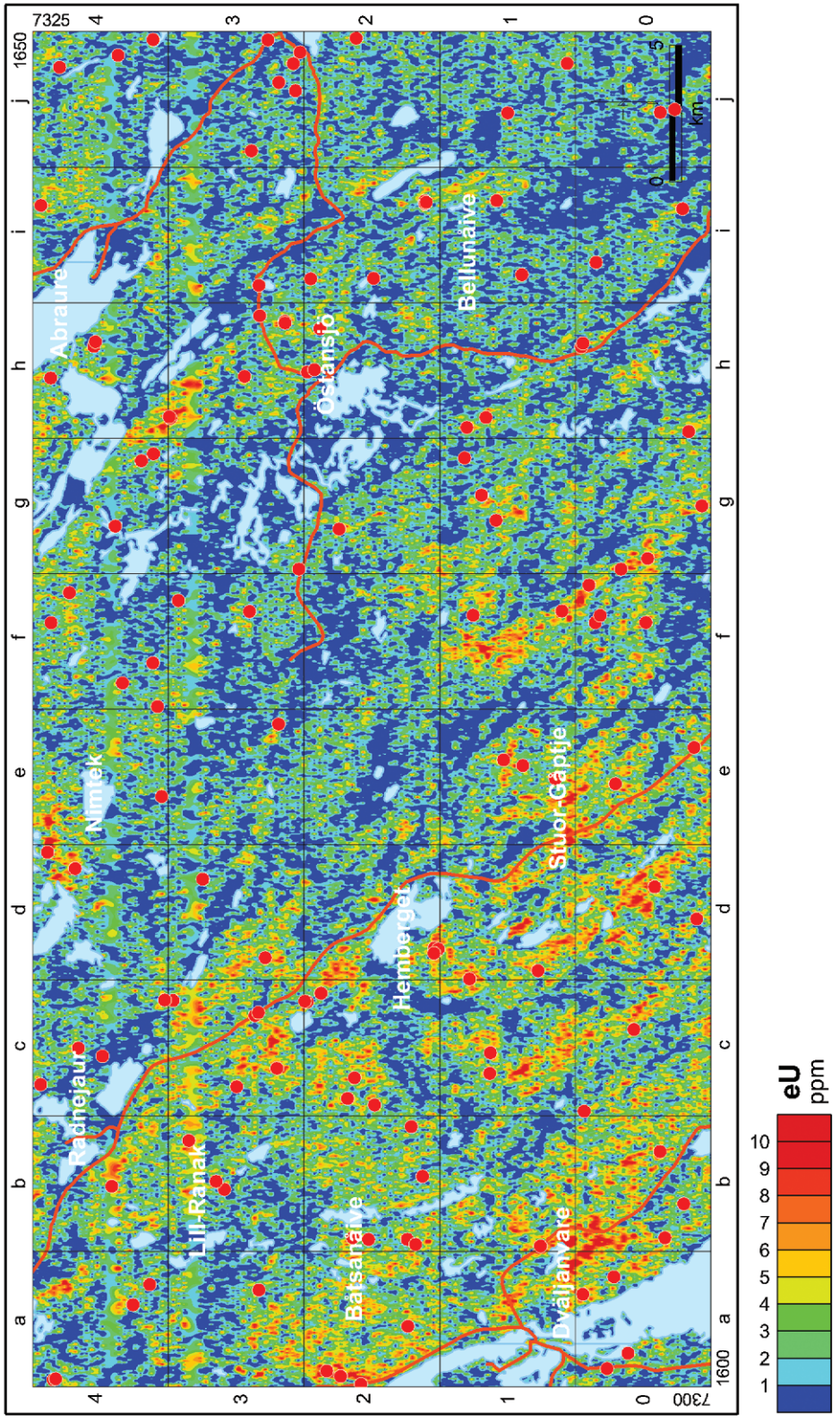


Fig. 15. Karta över markytans ekvivalenta uranhalt i kartområdet 25I Stensund SV och SO. Kartan baseras på flygburna gammastrålningsmätningar från 1969. På grund av den mycket låga blottningsgraden och de relativt talrika myrmarkerna är det omöjligt att urskilja större sammanhängande bergartskomplex. De högsta halterna härhör från granitiska bergarter. Den högsta ekvivalenta uranhalten som uppmätts inom undersökningsområdet på en berghäll under 2002 är 46 ppm. Röda punkter visar lägen för markbaserade mätningar 2002.

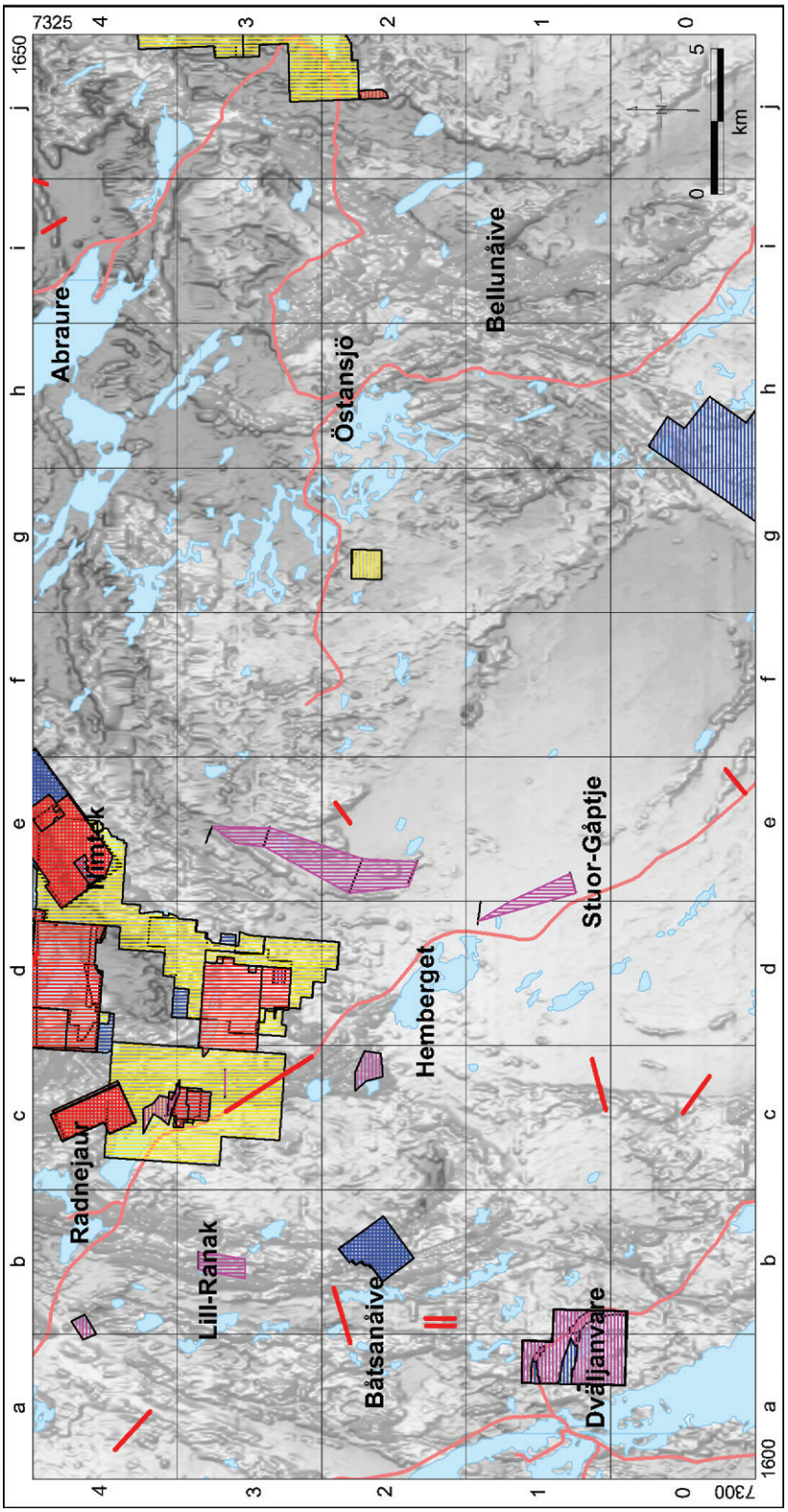


Fig. 16. Kartan visar markmätningsområden som uppmätts i samband med tidigare prospekteringsverksamheter inom kartområdet 25I Stensund SV och SO. Blå områden anger magnetfältsmätningar, gulstreckade områden slingrammätningar, orangestreckade områden IP och violettstreckade områden VLF-mätningar. Grova röda linjer anger profiler som uppmätts med hjälp av magnetometer och/eller VLF-instrument sommaren 2002.



Fig. 17. Magnetometermätning längs väg strax norr om Båtsanåive (25I SV).

Svekofenniska ytbergarter

En majoritet av de ytbergarter som påträffas i kartområdena 25I Stensund SV och SO har vi valt att hänföra till Arvidsjaurgruppen. De består av ryolitiska och ryodacitiska före detta massflöden, lavaflöden och koherenta lavor samt andesitiska till basaltiska lavor och subvulkaniter. Större områden med de surare leden påträffas vid bergen Båtsanåive och Dväljanvare samt vid sjöarna Nimtek (25I SV) och Rakkur (25I SO).

Båtsanryoliten, som tidigare beskrivits av Andersson (1971), visar både ignimbritstrimmighet med ”fiamme” och litofyser (fig. 18 a). Lokalt skiljer sig den mörkt rödgrå Båtsanryoliten tydligt från närliggande subvulkaniska intrusioner, främst genom förekomsten av ovan nämnda primärstrukturer som växlar i karaktär i hällskala.

Subvulkaniterna vid Dväljanvare är däremot homogena och i allmänhet röda till gråröda, jämnkorniga och finkorniga till fint medelkorniga. Ett problem som uppstod under karteringsarbetet var att skilja på koherenta vulkaniter, subvulkaniter och fin- till medelkorniga graniter i de västra och sydvästra delarna av 25I SV. På Norra Nimtekberget, där flytande övergångar mellan finkorniga vulkanitliknande bergarter och medelkorniga graniter kan observeras, upprepades denna problemställning. Tecken på blandning (”magma mingling”) mellan felsiska och mafiska led i subvulkaniter har observerats i området kring berget Dväljanvare (sydvästra delen av 25I SV, fig. 18 b). Strukturer som dessa är inte specifika för subvulkaniterna utan är också rikligt förekommande i de djupbergarter som påträffas i områdena 25I SV och SO (se nedan).

Berggrunden i den östra delen av kartområdet 25I Stensund SO domineras av övervägande subaeriskt avsatta vulkaniska bergarter. De räknas till Arvidsjaurgruppen, och speciellt de felsiska leden

runt sjön Rakkur (1–2 i–j) är troligen de bäst bevarade vulkaniterna i denna grupp. Vulkaniterna begränsas i väster av intrusivbergarter ur Pertitmonzonitsviten och i den sydvästra delen av graniter med oklar ålder, men som här preliminärt räknas till den sensvekokarelska Skellefte–Härnösviten. Pertitmonzonitsvitens granitiska intrusioner har visat sig vara komagmatiska med de ryolitiska leden inom Arvidsjaurgruppen i det i sydost anslutande kartområdet 24J Arvidsjaur (Kathol & Triumf 1996, Kathol & Rapp 1996). Det verkar ganska sannolikt att ett liknande sammanhang mellan djup- och ytbergarter även föreligger i den östra delen av kartområdet 25I Stensund SO.

Huvudstrukturerna inom vulkanitstråket stryker i NNO-lig till nord–sydlig riktning och stupar i stort sett brant mot väster. Enligt Sjöblom (opublicerade data) delas vulkanitsekvensen in i sex olika enheter. Längst i öster och som äldsta bergarter uppträder andesitiska till dacitiska lavor och agglomerat. Mot väster följer för det mesta ignimbritiska vulkanoklastiter, överlagrade av askflödestuffer. Därpå följer breccior och tuffer med underordnade inslag av lavor. Sedan ansluter ignimbrit- och askflödessekvensen i Rakkur–Strömnäsområdet. Längst i väster vid Tallberget och Bellunåive avslutas vulkanitsekvensen med andesitiska lavor, som anses vara det yngsta ledet.

Två relativt lättillgängliga områden med mycket väl bevarade vulkaniter är Rakkurvare (2 j) och det så kallade Glasberget ca 1 km väster om Stickudden (2 i). På Rakkurvare blottas en sekvens av proximala vulkaniska breccior och ignimbriter med återuppsmälta (reomorfa) partier eller mindre kryptodomer. Brecciorna består av 1–40 cm stora fragment av tät, porfyrisk vulkanit i en matrix som i sin tur består av mindre fragment av olika slag. Karaktäristisk är inlagringen av upp till 20 cm långa linser av kompakterad pimpsten (fiamme). Mot väster och uppåt i stratigrafin följer ignimbritstrimmiga vulkanoklastiter och småskaligt flödesbandande vulkaniter, vilka tolkas som reomorfa ignimbriter. Förekomst av mindre kryptodomer är dock inte utesluten. Skjuvspänningar i olika riktningar har resulterat i ett slags ”korsskiktning” i flödesbandningen (fig. 18 c). Gemensamt för ignimbriterna och de primärt glasiga partierna i brecciornas matrix är rikligt förekommande sfäruliter, ställvis så rikligt att de utgör mer än 50 % av bergarten. Sfäruliterna har växt över flödesbandningen (fig. 18 c) och är ställvis något utdragna. Det senare tolkas på grund av en orientering i olika riktningar som en primär struktur, vilket innebär att devitrifieringen börjat tidigt i den fortfarande högviskösa smältan. På olika ställen uppträder också litofyser som ett tecken på devitrifiering av primärt glasiga smältor. I en hällkant väster om toppen av Rakkurvare förekommer en bergart som uppbyggs till en stor del av ”glass shards”, dvs. mellanväggarna av en porös pimpsten. Gemensam för hela området runt Rakkurvare är en epidotomvandling som främst har drabbat de mer kiselfattiga partierna i vulkanoklastitsekvensen.

I området runt ”Glasberget”, en liten bergknalle väster om Stickudden, uppträder en sekvens av lagrade, fragmentförande tuffer med sfäruliter och litofyser (fig. 18 d), mer homogena ignimbriter och askflödestuffer med inlagringar av upp till decimetertjocka, mycket väl bevarade obsidianflöden (fig. 18 e). Lagringen i tufferna definieras dels genom en orientering av fragmenten, dels genom en påtaglig planstruktur som är överväxt av litofyser och därför anses vara en primär lagring.

De mafiska leden som avslutar vulkanitsekvensen i väster kan beskådas på berget Vuoddasvare (3 h). Här uppträder mandelstensförande plagioklasporfyriska lavor (fig. 18 f) i kontakt med en granit ur Pertitmonzonitsviten. Lavorna har en kemisk sammansättning som basaltisk andesit; ”överdrag” eller sprickfyllnader av malakit är vanliga på vissa ställen.

Mafiska vulkaniter är också rikligt förekommande i Radnejaureområdet (25I SV) där sammansättningen varierar från andesitisk till basaltisk. Dessa bergarter är i många fall strökornsförande med listformade, 2–3 cm långa plagioklaskristaller. På berget Södra Kåivåive har även mandelförande mafiska bergarter observerats. De tycks vara växellagrade i meterskala med plagioklas- eller plagioklas/hornbländeporfyriska lager.

De sedimentära bergarterna har en mer blygsam utbredning än de vulkaniska. I det nordvästra hörnet av kartområdet 25I Stensund SO har en kvartsit påträffats, och i nära anslutning till denna blottas en skarnbandad gråvacka (fig. 18 g). Bergarter som liknar den senare förekommer också på berget Luleb Stårbatjvare och på Hemberget (25I SV). De enligt litteraturen yngsta ytbergarterna är blottade i det sydvästra hörnet av kartområdet 25I SO. Stratigrafiska studier har inte varit möjliga i området på grund av den låga blottningsgraden, men studier i Bureområdet längre mot sydväst

har visat en konform övergång från marina till terrestriskt avsatta sediment (Lundberg 1980, Perdahl & Einarsson 1994). Enligt Perdahl & Einarsson (1994) är den yngsta, den så kallade Loitoformationen, den som tidsmässigt förknippas med Vargforsgruppen i Skellefte–Arvidsjauområdet. De få blottningar av Loitoformationen som finns i kartområdet 25 I SV utgörs till stor del av ett polymikt konglomerat, bestående av till huvuddelen cm- till dm-stora bollar av felsiskt vulkanitmaterial i ett mycket finkornigt till finkornigt matrix. Enstaka bollar av en fint skiktad och rödaktig sandsten har också observerats (fig. 18 h).

I undersökningsområdet är det främst de vulkaniska bergarterna som ger de dramatiska avvikelserna i magnet- och tyngdkraftsfältet (fig. 13 och 14). Beträffande de petrofysiska egenskaperna är densiteten låg för de sura, ca 2 670 kg/m³, och relativt hög för de mer basiska vulkaniterna, ca 2 880 kg/m³. Bland de senare hittar man också den högsta susceptibiliteten, och värden på 10–20 000 x 10^{-5} SI-enheter, motsvarande 3–6 % magnetit, är relativt vanligt förekommande i de porfyriska mafiska vulkaniterna. De felsiska vulkaniterna är däremot normalt sett relativt magnetitfattiga.

Gammaspektrometermätningarna antyder normala halter av kalium, uran och torium för de felsiska och mafiska vulkaniterna. De sura (ryolit till dacit) har kaliumhalter mellan 3,2 och 6,0 %. Uranhalten ligger vanligtvis under 5 ppm och toriumhalten under 20 ppm. De mafiska vulkaniterna (andesit till basalt) har kaliumhalter som vanligtvis ligger mellan 0,5 och 2,5 %, uran- och toriumhalter under 3 respektive 8 ppm. Den högsta halten uran som uppmätts i ytbergarter i undersökningsområdet är 14 ppm. Värdet registrerades i en bergart som preliminärt klassificerades som en ryolit. Det polymikta konglomeratet inom Loitoformationen uppvisar en anmärkningsvärt hög halt av kalium. Det högsta värdet som uppmätts där är 8,3 %, vilket är synnerligen ovanligt. Uran- och toriumhalterna är däremot genomgående låga i konglomeratet, 2 respektive 10 ppm. Värdena är också låga i de flesta övriga mätningar på sedimentära bergarter i undersökningsområdet.

Svekokarelska djupbergarter

Djupbergarterna i kartområdet Stensund 25I SV/SO varierar kraftigt i sammansättning och karaktär. Någon åldersbestämning har tidigare ej utförts, men två granitoider har provtagits för U-Pb-datering av zirkoner och resultaten förväntas vara färdiga till våren 2003. Som underlag för våra tolkningar har vi använt de arbeten och åldersbestämningar som utförts i Skelleftefältet och närliggande områden, där även en stor del av nomenklaturen är hämtad.

De tidigorogena, ca 1 910–1 880 miljoner år gamla, kalkalkalina intrusivbergarterna (Jörn GI-sviten) i området varierar i sammansättning mellan granodioritisk och gabbroisk. De är i allmänhet tydligt folierade och förekommer relativt sparsamt i de centrala delarna av 25I SV och i södra delen av 25I SO. I större utsträckning finns tidigorogena, ca 1880–1860 miljoner år gamla, intrusivbergarter tillhörande Pertitmonzonitsviten, även kallad GSM-sviten (granit, syenit, monzonit). Som tidigare nämnts är denna generation av intrusivbergarter i vissa områden svåra att skilja från vulkaniska och subvulkaniska bergarter tillhörande Arvidsjaurgruppen. Större sammanhängande områden av i huvudsak medelkornig granit är blottade i västra delen av 25I SV och i ett nord–sydligt stråk i området 25I SO (fig. 19 a). I den norra delen av gränsområdet mellan de sydvästra och sydöstra kartområdena är berggrunden mer komplicerad, beroende på olika blandformer av granit och gabbro. De uppträder både som relativt homogena och som sliriga, heterogena produkter. Strukturer som tyder på en samexistens av flera olika magmatyper kan observeras vid flera lokaler, bl.a. mafiska enklaver i graniter (fig. 19 b).

I områden med små hällytor kan bergarten variera från en häll till en annan vilket försvårar tolkningsarbetet avsevärt. Detta leder till att man i många fall behöver göra grova generaliseringar över större ytor för en anpassning till kartskalan 1:50 000. Homogena områden, där en gabbroid sammansättning dominerar berggrunden, finns i det nordvästra hörnet av 25I SO. Exempel på detta kan man observera i den nordvästra sluttningen på berget Kaska Gansja, där man finner en relativt homogen gabbro med gångar av gabbropegmatit som innehåller cm-stora magnetitkorn (fig. 19 c).

Den yngsta generationen djupbergarter i kartområdet är postorogen och ca 1 800 miljoner år gammal. Bergarterna utgörs dels av en röd, fältspatporfyrisk, medel- till grovkornig granit som vi relaterar till Revsundssviten, dels av en ljust röd till gråvit granit som är fattig på mörka mineral och varierar i kornstorlek från fint medelkornig till grovkornig. Den porfyriska graniten finns i ett stort område i den sydöstra delen av 25I SV och i det sydvästra hörnet av 25I SO, där den på många hällytor uppvisar en parallellordning av de rektangelformade fältspatströkornen. Strukturerna tolkar vi som magmatiska flytstrukturer och orienteringen av megakristerna kan följas över större ytor.

En mindre förekomst av en gråvit, fältspatporfyrisk granit är exponerad på berget Nuonjesvare i de norra centrala delarna av kartområdet 25I SO. I ett magmatiskt stadium tycks denna granit ha blivit intruderad av en basisk magma, vilket gett upphov till blandstrukturer (”mingling”) med kvartsocelli (runda kvartskorn med en bård av amfibol) och plagioklasmantlade kalifältspatkorn, vilket tyder på en kemisk ojämvikt under kristallisationsförloppet (fig. 19 d).

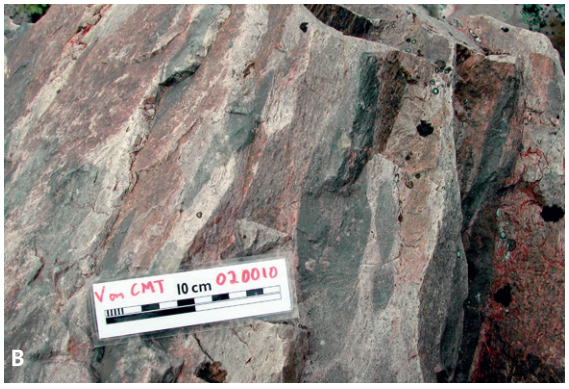
Den andra, jämnkorniga graniten uppträder som mindre intrusioner, dels i den porfyriska graniten som klipper dess fluidalstruktur, dels i äldre djup- och ytbergarter som t.ex. i det nordvästra hörnet av 25I SV. Där dominerar graniten och bildar en slirig och heterogen bergart tillsammans med mer eller mindre assimilerade bergartsrester (xenoliter) av folierad granit och diorit (fig. 19 e). Större blockförekomster av en massformig, grovkornig och pyroxenförande monzonit har påträffats i trakterna kring Hällbacka, ca 3 km nordväst om berget Lill-Ranak i området 25I SV. Var denna monzonit förekommer i fast klyft är oklart, men att döma av erfarenheterna från sommarens karteringsarbete tycks de synliga blocken inte ha transporterats några längre sträckor.

Den magnetiska susceptibiliteten är i allmänhet relativt låg i de sen- till postorogena graniterna liksom i vissa av de tidigorogena granodiorit- till tonalitintrusionerna. På magnetfältskartan (fig. 13) framträder bland annat den centralt belägna, grovporfyriska granitkroppen som ett homogent lågmagnetiskt område. Tyngdkraftsavvikelserna antyder också ett relativt stort massunderskott för densamma, särskilt i dess östra delar. De tidigorogena graniterna som dominerar i Pertitmonzonitsviten har i många fall en magnetisk signatur som är likartad med de felsiska vulkaniterna. De båda ovan nämnda bergartstyperna är även svåra att särskilja makroskopiskt. Densiteten är anmärkningsvärt låg, omkring 2 620 kg/m³, hos både de tidigorogena och sen- till postorogena graniterna. De tidigorogena graniterna ger i många fall upphov till massunderskott till skillnad från de medelkorniga, sen- till postorogena graniterna (fig. 14). Detta antyder att de senare har ett litet djupgående.

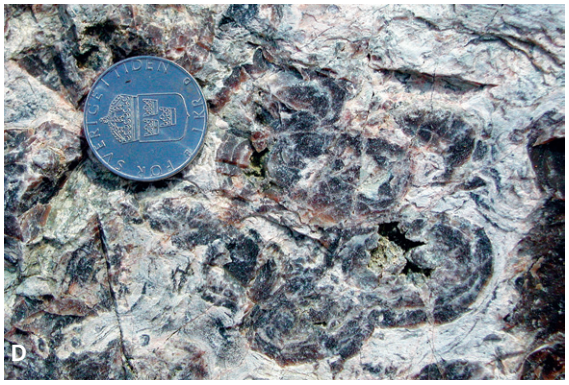
En preliminär bedömning av gammastrålningsmätningarna antyder att de tidigorogena graniterna inom Pertitmonzonitsviten generellt sett har lägre halter av uran och torium än de sen- till postorogena graniterna. Av de senare är de grovporfyriska typerna mer toriumanomala än de övriga. Uranhalter över 12 ppm, dvs. radiumindex större än 1, förekommer i viss omfattning. De högsta halter som över huvudtaget uppmätts i undersökningsområdet är 84 ppm uran och 443 ppm torium. De värdena mättes på ett relativt litet block av medelkornig massformig granit. Sannolikt är de verkliga halterna mycket högre eftersom instrumentet är kalibrerat för betydligt större yta än vad blocket tillät. De högsta värdena för granit vid mätning på häll är 46 ppm uran och 55 ppm torium, och den mätningen utfördes på Kuottavares sydspets. Enligt den preliminära berggrundskartan domineras området av Pertitmonzonitsvitens bergarter men här finns också gångar av sen- till postorogen granit. Kaliumhalten är ca 4 % för Pertitmonzonitsvitens graniter och ca 4,5 % för de sen- till postorogena graniterna. De granodioritiska kropparna har kaliumhalter omkring 3,5 % samt uran- och toriumhalter på ca 4 respektive 12 ppm. Motsvarande halter för de mer basiska djupbergarterna är 1–2 %

Fig. 18. Fotografier av bergarter i kartområdet 25I Stensund. Koordinater i rikets nät. **A.** Ignimbritstrimmig ryolit från berget Båtsanåive (7312618/1605442). **B.** Enklavförande subvulkanit. Lokalt block öster om Dväljanvare (7301569/1605212). **C.** Flödesbandad och ”korsskiktad” ryolit med sfäruliter som växt över flödesbandningen, Rakkurvare (7313675/ 1645530). **D.** Litofyser i ryolit. Lokalt block sydväst om sjön Rakkur. **E.** Obsidianflöde i vulkanoklastisk ryolit, ”Glasberget” väster om Stickudden (7310403/1643655). **F.** Plagioklasporfyrisk basaltisk andesit, Vuoddasvare (7315735/1639282). **G.** Skarnbandad gråvacka från berget Luleb Stårbatjvare (7309006/1613259). **H.** Konglomerat med bollar av fint laminerad sandsten t.h. och porfyr t.v. (7303831/1600675).


CMT 02 10 cm 00 98
A


Vm CMT 10 cm 020010
B


C


D


E


F


EOG 02 10 cm 0163
G


H

kalium, ca 1 ppm uran och 5 ppm torium. Dessa värden överensstämmer väl med vad som uppmätts i övriga delar av Sverige. De anomala områdena på strålningskartan (fig. 15) förorsakas nästan genomgående av granitiska bergarter.

Gångbergarter

De porfyrgångar som förekommer i den västra halvan av kartområdet 25I SV tycks vara nära associerade med Arvidsjaurgruppens vulkaniter och Pertitmonzonitsvitens djupbergarter. I det södra hällområdet på berget Båtsanåive har en porfyrgång intruderat den så kallade Båtsanryoliten. Där föreligger en tydlig kontrast vad det gäller de två bergarternas magnetiska egenskaper. Båtsanryoliten uppvisar mycket låga susceptibilitetsvärden, ca 5–10 x 10^{-5} SI-enheter, medan gångporfyren visar betydligt högre värden, uppemot 1 000–2 000 x 10^{-5} SI-enheter. Texturellt råder ingen större skillnad mellan bergarterna i kontaktområdet eftersom de båda är kvarts- och fältspatporfyriska. Gångporfyren är dock mer rödaktig och ryoliten i de flesta fall mörkt grå till rödgrå.

Mafiska gångar förekommer också i området och uppfattas i många fall som likåldriga med gångporfyrerna och de subvulkaniska intrusionerna. På flera ställen, t.ex. i närheten av berget Dväljanvare i sydvästra delen av 25I SV, löper ett par gångar med en bredd på 1–5 dm. I en 1–2 dm bred kontaktzon mot en finkornig, något fältspatporfyrisk subvulkanisk ryolit finns en svagt albitporfyroblastisk hybridbergart med ryolitisk till trakydacitisk sammansättning. De mafiska gångarna är vanligtvis plagioklasporfyriska och sammansättningen tycks variera mellan basaltiskt trakyandesitisk, andesitisk och basaltisk. De kan vara svåra att skilja i fält från mafiska vulkaniter, men en tolkning är att de är genererade från en gemensam eller likartad magmakälla. Förutom de äldre gångarna uppträder andra som relateras till en ca 1 800 miljoner år gammal magmatism. Dessa gångar, som till huvuddelen består av pegmatit och aplit, har sin utbredning i stort sett över hela karteringsområdet. Pegmatiterna är ofta skriftgranitiska med en relativt enkel mineralsammansättning av kvarts, kalifältspat och underordnat biotit.

De mafiska gångarna är genomgående lågstrålande med kaliumhalter omkring 1 % samt mycket låga uran- och toriumhalter. Pegmatiterna är däremot i många fall betydligt mer högstrålande. Den högsta uranhalt som uppmätts (40 ppm) finns i en pegmatit ca 1 km väster om sjön Nimtek (25I SV) och den högsta toriumhalten (124 ppm) i en dito strax norr Östansjö (25I SO). Uran- och toriumhalterna i områdets pegmatiter är dock vanligtvis betydligt lägre, 3–8 respektive 10–30 ppm.

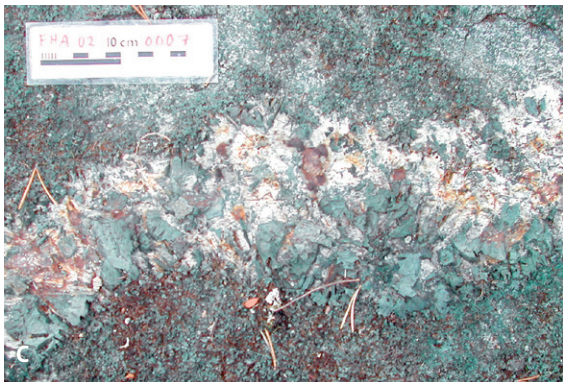
Deformation och metamorfos

I västra kanten av kartområdet 25I SV finns framträdande, NNO-ligt strykande, lågmagnetiska lineament. Åtskilliga hällobservationer, främst i granit ur Pertitmonzonitsviten, kan bekräfta existensen av dessa zoner men karaktären hos deformationen varierar. Både obetydligt deformerade, närmast isotropa bergarter med deformationen lokaliserad till smala spröda skjuvzoner (fig. 19 f, g), och penetrativt folierade bergarter förekommer. Rörelsen i dessa zoner är ännu ej utredd men en brant, närmast vertikal mineralstänglighet i ett brant foliationsplan är vanligt förekommande. Ytbergarterna visar på många ställen tecken på en omfattande veckningshistoria. Veckstrukturerna syns tydligt på den

Fig. 19. Fotografier av bergarter i kartområdet 25I Stensund. Koordinater i rikets nät. **A.** Fint medelkornig granit ur Pertitmonzonitsviten, norr om Östansjö (7315063/1637416). **B.** Granit ur Pertitmonzonitsviten med mafisk enklav SSO om Nimtek (7315934/1624457). **C.** Gabbro med gabbropegmatit från västra sluttningen av berget Kaska Gangsja (7321952/1631794). **D.** ”Minglingstrukturer” mellan mafisk och porfyrisk felsisk magma, Njuonesvare (7322691/1638567). **E.** Sen-till postorogen granit med delvis assimilerade xenoliter. Bilden är tagen vid NV-hörnet av kartområdet 25I Stensund SV (7324169/1600283). **F.** Granit ur Pertitmonzonitsviten. Nedre stuffen visar en massformig variant och den övre en kraftigt skjuvad typ. **G.** Tonalit av Jörn GI-typ. Penetrativt folierad med en ca 10 cm bred skjuvzon (7305538/1613084). **H.** Borrhål 61304 från området norr om sjön Nimtek (7323772/1622079).


A

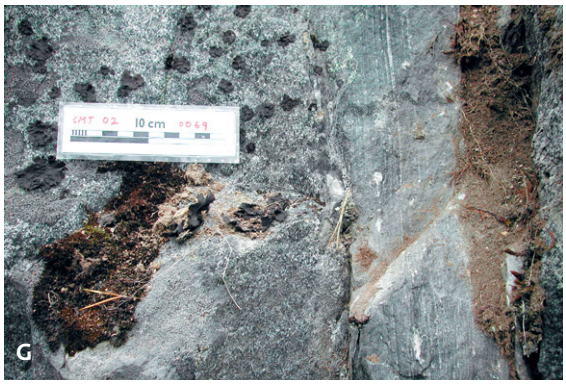

CMT02 10 cm 0022
B


FHA 02 10 cm 0007
C


D


E


1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
F


CMT 02 10 cm 0069
G


H

magnetiska anomalikartan, och tack vare de sura och basiska vulkaniternas kontrasterande magnetiska egenskaper kan vissa lager följas över ett större område. Några ingående studier av metamorfosgraden i området har ej utförts, men enligt arbeten som gjorts i närliggande områden har berggrunden utsatts för metamorfos av graden grönskifferfacies till lägre amfibolitfacies.

PROSPEKTERING OCH MINERALISERINGAR

Bo Gustafsson

Kända malmuppslag i kartområdet Stensund SV/SO kan sammanfattas i följande typer:

1) U-W-Mo-mineral relaterade till granitisk eller ”granitnära” berggrund, främst i de södra delarna av området. Uppträdande som fläckvisa impregnationer eller längs tunna sprickor.

2) Cu-Au-mineral relaterade till den andesitiska till basiska berggrunden, främst i områdets nordvästra del. Uppträdande som impregnationer längs bergarternas bandning eller foliation. Kan ställvis även finnas som rika körtlar.

3) Cu-Zn-Pb-(U)-mineral relaterade till sur vulkanisk berggrund i områdets norra och östra delar. Uppträdande som sprickfyllnader eller i breccior (krossat och hopläkt berg).

Vid sidan av dessa huvudtyper finns en liten järn-titanfyndighet i en gabbrokropp i områdets norra del. I några pegmatiter förekommer sällsynta jordartsmetaller samt beryll som i ett fall undersökts med diamantborrning. Samtliga malmuppslag är små och/eller fattiga och inget av dem har lett till gruvdrift.

En första trevande malmletning av rekognoscerande karaktär ägde rum på 1930-talet. Framför allt bestod den av blockletning med personal från SGU och Boliden AB. En mer målinriktad malmletning igångsattes av både Bolidenbolaget och staten under 1950-talet. Sulfidmalmsprospekteringen, främst i statens regi, intensifierades under 1960-talet och trappades successivt ner under 1970-talet. Åren 1971–1983 pågick en mer eller mindre intensiv uranprospektering inom det nu aktuella området. Verksamheten bekostades från början av staten och senare av kärnkraftsbolagen. På 1980-talet återupptog staten sulfidmalmsletning i NSGs regi via LKAB PAB. Efter 1985 har ingen malmletning bedrivits med statliga medel. Under 1990-talet har en viss begränsad provtagning utförts av privata bolag, bl.a. Rio Tinto och Geoforum.

Som stöd för prospektering och berggrundsgeologisk kartering föreligger en heltäckande regional basinformation i form av data från magnetiska mätningar, VLF-, strålnings- och tyngdkraftsmätningar över hela området. Dessutom finns kemiska multielementanalyser av prover från torv (bäck- och myr-), ytmorän, bäcksediment och vatten samt flygbildsstödd kvartärgeologisk tolkning. Vid varje malmuppslag har detaljerade undersökningar utförts med hjälp av en mängd geodiscipliner.

1957 borrade Bolidenbolaget fem hål i järn-titanfyndigheten Jerfojaure (3f). Mineraliseringen förekommer i flera linser. En överslagsberäkning gav 6 miljoner ton ”malm” med 15–20 % Fe i magnetit, 3–4 % Ti i ilmenit samt 0,10–0,12 % V (Frietsch 1997).

I slutet av 1950-talet påbörjades en relativt omfattande prospekteringskampanj efter koppar kring Radnejaure i den nordvästra delen av karteringsområdet samt norrut. Detta resulterade 1960 i upptäckten av Lulepottens kopparmineralisering i området 25I NV. På grund av en mängd kopparrika block söder och öster härom fortsatte en tämligen detaljerad malmletning under hela 1960-talet, med vissa avslutande arbeten under 1970-talet. Arbetena och resultaten så långt har sammanfattats av Padget (1966). Totalt har fler än 1000 malmblock (radioaktiva oräknade) registrerats i Radnejaureområdet (Sandahl 1974). De fyndigheter som uppborrats i området 25I SV/SO har inte bedömts vara av

tillräcklig kvalitet och storlek för en uppskattning av tonnaget. Vid Nimtek (4 e) förekommer ett antal smala zoner med kopparkis och svavelkis i en granatförande, intermediär till basisk tuff. Zonerna är 2–3 meter breda, 150–250 meter långa samt diskordanta mot lagring och foliation. Medelhalten koppar är 0,25–0,65 % och den motsvarar på intet sätt medelhalten i mineraliserade block, vilken är 2,5 % Cu, med 17 % Cu som maximumvärde. Proximalt till de uppborrade zonerna (fig. 19 h) finns dessutom ett antal zinkförande block vilkas moderklyft är okänt (Sandahl m.fl. 1981 b). År 1959 hittades ett antal block med kopparkis och lite molybdenglans vid Stora Laxsjön (4 d). I ett borrhål från 1961 påträffades en svag kopparkis-molybdenglans-flusspat-svavelkismineralisering i en granitisk bergart (Padget 1961). Radnejaur östra, eller Alvik (3 c) som det också har kallats, består av några kopparkis- och pyritförande zoner som stryker diskordant mot lagringen i omgivande sur vulkanit. Blockfynd och geokemiska anomalier antyder att ytterligare mineraliseringar måste finnas (Sandahl 1977a). Vid Plättik (3 d) gjordes år 1957 ett av de tidigaste kopparfynden i Radnejauområdet. Ytterligare blockletning har resulterat i ett ställvis rikt molybden-uran-kopparuppslag. Trots en relativt stor borrningsinsats har endast mindre mineraliseringar påträffats. De uppträder som sprickfyllnader eller i svagt breccierade partier av en starkt omvandlad sur vulkanit. Av malmrelaterade mineral kan nämnas molybdenglans, pyrit, kopparkis och pechblände samt scheelit, volframit, flusspat, sericit, magnetit och hematit (Einarsson 1982, U-DOK 25I-1). Vid SGUs berggrundskartering år 1970–71 påträffades en liten splittrad mineralisering med pyrit, kopparkis samt bornit som impregnation och små sprickfyllnader i smala zoner på berget Kåivåive N. (4 c). År 1983 påvisade LKAB PAB guld (=3,5 g/t) och scheelit (W=0,81 %) enligt Johansson & Hill (1984). Följande år borrades här tre hål och man upptäckte beryll, molybdenglans, gadolinit samt tantalit i en pegmatithäll söder om berget Kåivåive S. (4 c). En meterlång pegmatitsektion innehåller 0,10 % Be samt 57 g/t Ta. I blocken har halter på 1,41 % Mo, 1,1 % Be samt 0,021 % Ta uppmätts (Johansson & Hill 1985).

Under uranprospekteringen år 1974 upptäcktes ett stort antal uranförande block vid Gervåive. 1980 utfördes grävningar vid den proximala delen, kallad Gervåive N (3 a), varvid fläckvisa uranmineraliseringar i omvandlad sur vulkanit påträffades i fast klyft. Ett prov härifrån innehåller 2,7 g/t guld. Uranhalten är relativt låg och är vanligen lägre än 0,1 % U (Gustafsson 1980). En del av de uranförande blocken är polymetalliska med bl.a. 130 g/t Ag. En sulfidförande häll, Gervåive S (2 a), innehåller en smal zon med 6,7 % Zn, 5,3 % Pb, 0,62 % Cu, 390 g/t Ag samt 0,5 g/t Au. I några block förekommer även molybdenglans. För övrigt är metallhalterna relativt blygsamma. Värdbergarten är en sur vulkanit och mineraliseringen är liten, linjalformad, brantstående, har en ost–västlig utsträckning i horisontalsnittet och ligger i spickor. De flesta mineraliserade blocken anses inte komma härifrån (Einarsson & Einarsson 1984). Vid sjön Virka (1 b) finns en liten uranmineralisering som upptäcktes 1977 under uppföljning av radiometriska flyganomalier. Uppslaget borrades åren 1980–81. Mineraliseringen är skivformad och följer en mylonitzon, som stryker 65° och stupar 55–90° mot söder. En överslagsberäkning ger vid handen 25 ton uran med en medelhalt av 0,06 % U över medelbredden 2 meter (Egerth & Gustafsson 1984). 1983 fann LKAB PAB ett stort antal skarnblock i en bred zon vid Lövlund (2 b), varav flera befanns innehålla scheelit samt några spår av molybdenglans och blyglans. Skarnet tycks följa bandningen i omgivande sura vulkaniter. Ca 20 analyserade block visar halter på mellan 0,1 och 1,2 % W. Vid borrningar 1984 påträffades skarnhorisonten med en relativt svag scheelitmineralisering, =0,10 % W (Johansson & Hill 1985). 1978 påträffades ett antal koppar-, bly- och zinkförande block och hällar vid Tallberg (2 i). De första blocken hade hittats redan 1970 men inte satts i sitt geologiska sammanhang. Det var först vid uppföljning av geokemiska bly-zinkanomalier som hällarna påträffades. Mineraliseringarna består av sprickfyllnader med blyglans, zinkblände, kopparkis, kvarts samt karbonat och antas ligga i samma tektoniska zon. Medelvärdena av analyserade block är 0,58 % Pb, 0,37 % Zn, 0,13 % Cu samt 9 g/t Ag (Sandahl & Stenberg 1980). Vid uppföljning av geokemiska urananomalier 1972 påträffades rikt uranimpregnerade (=2,2% U) block vid Döttern N1 (0 g). Mineraliseringen lokaliserades 1977–78 med hjälp av borrning. Moderbergarten utgörs ömsom av episyenit, ömsom av kataklastisk granit och är starkt hematit-kalcitomvandlad (Gerlach 1983). Vid sjön Suddesjaures sydvästra ände finns ett antal små kopparmineraliseringar, delvis med något zinkblände och blyglans, utmed en ost–västligt strykande mylonitzon i sura vulkaniter (Quezada & Lindholm 1985). De bäst kända av dem ligger i angräns-

ande kartområde, men de västligaste återfinns i Stensundsområdet och har kallats Suddesjaur V (2 j). Norr om sjön Suolojaure (3 i) finns en kvartssyenitisk intrusion i vilken det har iakttagits en svag mineralisering av kopparkis, zinkblände och blyglans (Sandahl m.fl. 1981 a).

Utöver de kända mineraliseringarna finns ett antal malmuppslag med okänt moderklyft, varav ett urval nämns nedan. Kring sjön Båtsa (1 b) ligger ett stort antal block av en molybdenglansförande sur vulkanit. Inom en begränsad del av detta område uppträder block med svavelkis, zinkblände och blyglans (Einarsson & Triumf 1984). Vid Jerfolandet (25I SO) finns flera uppslag på scheelit i block och morän (Brundin & Bergström 1977). Norr om Vieddekjaure (3 e) finns en ofullständigt undersökt geokemisk anomali på koppar, molybden och volfram med tillhörande blocksvans (Sandahl 1977 b). Norr om sjön Rakkur (2 i) har Boliden AB borrat sju borrhål på en ganska stor blocksvans med främst kopparkis, en del zinkblände och silverhaltig blyglans i kvarts-karbonatläkta sprickor och i tektoniska breccior i sura till basiska vulkaniter (Quezada & Lindholm 1985). Resultaten från borrningarna har inte offentliggjorts. Många av blocken är radioaktiva och några är riktigt rika på uran (=1,3 % U) (Jonasson 1973).

REFERENSER

Andersson, B., 1971: Kartering av ett suprakrustalområde sydöst om Arjeplog; södra Norrbotten. *Sveriges geologiska undersökning Malmbyrån BRAP 00580*.

Antal Lundin, I., Bastani, M., Hallberg, A., Juhojuntti, N., Kathol, B. & Thelander, T., 2002: Projekt Byske, Älvsbyn, Stensund, baskartering berg (BÄST). *I* H. Delin (red.): *Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2001. Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 110*, 39–51.

Brundin, N.H. & Bergström, J., 1977: Regional prospecting for ores based on heavy minerals in glacial till. *Journal of Geochemical Exploration 7*, 1–19.

Carlsson, L., 1984: Stavträsk. Borrning. *Sveriges Geologiska AB PRAP 84130*.

Carlson, L., Fjellström, M., Lundqvist, A. & Niva, B., 1983: Guld i Älvsbynområdet. Resultat av 1982-års prospektering med sammanställning och rekommendationer av prospekteringssituationen. *Sveriges Geologiska AB PRAP 83025*.

Egerth, T. & Gustafsson, B.; 1984: Detaljprospektering inom SKBF:s koncessioner i Arjeplogsområdet. Översiktlig rapport. *Sveriges Geologiska AB IRAP 84005*.

Einarsson, U., 1982: Projekt Plättik. Rapport över utförda prospekteringsarbeten 1982. *Sveriges Geologiska AB BRAP 82087*.

Einarsson, U. & Triumf, C.-A., 1984: Blockuppslagen Båtsa-Gervåive. *Sveriges Geologiska AB PRAP 84050*.

Einarsson, Ö. & Einarsson, U., 1984: Projekt Gervåive. Rapport över utförda prospekteringsarbeten 1984. *Sveriges Geologiska AB PRAP 84149*.

Frietsch, R., 1997: Norrbottens Järnmalmer. Sammanställning av arbetsmaterial från järnmalmsinventeringen 1963-1972. Alfabetisk ordning. *Sveriges geologiska undersökning MINK 97001*.

Gerlach, R., 1983: Långträsk-V. Kikkejaure-området och Ravenberget-Njallejaureområdet. Sammanställning över utförda prospekteringsinsatser under åren 1971–1982 samt förslag till fortsatta arbeten. *Sveriges geologiska AB IRAP 83014*.

Grip, E., 1935: Die Arvidsjaurporphyre. Eine archäishe Effusivgesteinsreihe im nördlichen Schweden. *Bulletin of the Geological Institution of the University of Upsala 25*, 135–220.

Grip, E., 1946: Arvidsjaurfältet och dess förhållande till omgivande berggrund. *Sveriges geologiska undersökning C 474*, 31 s.

Gustafsson, B., 1980: SGUs uranprospektering i södra Norrbotten samt Västervik 1980. Underhandsrapport. Appendix: Utkast till SGUs uranprospektering inom norra Norrland för åren 1981–1985. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 80066*.

Högbom, A., 1923: Guldinmutningarna vid Älvsbyn. *Sveriges geologiska undersökning C 322*, 11 s.

Johansson, K. & Hill, T., 1984: Projekt Arjeplog. Årsrapport 1983. *LKAB Prospektering AB S 84-6*.

Johansson, K. & Hill, T., 1985: Projekt Arjeplog. Årsrapport 1984. *LKAB Prospektering AB S 85-07*.

Jonasson, S., 1973: Rakkur uranfynd. Sammanfattning. *Sveriges geologiska undersökning uranarkivet U-DOK 25I-4*.

Kathol, B. & Rapp, C., 1996: Comagmatic origin of a granitic intrusion (Antak granite) and felsic volcanic rocks (Hej volcanites) in the Arvidsjaur district, Västerbotten–Norrbotten, Sweden. *GFF 118, Jubilee Issue*, A16-17.

Kathol, B. & Triumf, C.-A., 1996: Kartbladen 24J Arvidsjaur. *I* C.-H. Wahlgren (red.): *Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1995. Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 84*, 111–117.

Kathol. B., Kero, L., Lundström, I. & Triumf, C.-A., 1999: Revideringen av kartbladen 24K Älvsbyn. *I* C.-H. Wahlgren (red.): *Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1998. Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 98*, 125–131.

Lilljequist, R. & Svenson, S.-Å., 1974: Exceptionally well preserved Precambrian ignimbrites and basic lavas in N. Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 96*, 221–229.

Lundberg, B., 1980: Aspects of the geology of the Skellefte field, northern Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 102*, 156–166.

Lundmark, C., 1984: Åbyälven. S*veriges Geologiska AB PRAP 84127*.

Lundmark, C., 1985a: Stavträsk. Områdets geologi och resultat från 1984 års diamantborrning. *Sveriges Geologiska AB PRAP 85006*.

Lundmark, C., 1985b: Älvsbyn, sammanställning av geologisk karta för prospekteringsinsatser i Älvsbynområdet. *Sveriges Geologiska AB PRAP 85045*.

Lundmark, C., 1985c: Pålträsk. *Sveriges Geologiska AB PRAP 85080*.

Lundmark, L.G. & Filén, B., 1990: Önusträsket-Diamantborrning. *Sveriges Geologiska AB PRAP 90002*.

Lundqvist, A., Fjällström, M. & Carlson, L., 1985: Älvsbyn-Gällivareområdet. Provtagning av konglomerat 1984. *Sveriges Geologiska AB PRAP 85009*.

Padget, P., 1961: Stora Laxsjön borrhålskartering 61101. *Sveriges geologiska undersökning, arbetsmaterial borrhålspärm 120*.

Padget, P., 1966: The geology and mineralization of the Radnejaure area, Norrbotten county, Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C 609*, 60 s.

Perdahl, J.-A. & Einarsson, Ö., 1994: The marine-continental transition of the Early Proterozoic Skellefte-Arvidsjaur volcanic arc in the Bure area, northern Sweden. *GFF 116*, 133–138.

Quezada, R. & Lindholm, T., 1985: Geofysiska profilmätningar och malmgenetiska synpunkter. 25I Stensund SO. *Sveriges Geologiska AB PRAP 85057*.

Sandahl, K.-A., 1974: Sulfidmalmsobjekt i södra Norrbotten. *Sveriges geologiska undersökning BRAP00586*.

Sandahl, K.-A., 1977a: Radnejaur borrhålskarteringar 77001-20. *Sveriges geologiska undersökning arbetsmaterial borrhålspärm 237 och 438*.

Sandahl, K.-A., 1977b: Objekt Vieddekjaure. *Sveriges geologiska undersökning arbetsmaterial blockkarta*.

Sandahl, K.-A. & Stenberg, L., 1980: Projekt Tallberg. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 80507*.

Sandahl, K.-A., Berndtsson, A., Lundqvist, A. & Einarsson, Ö., 1981a: Momoprojektet. Rapport över 1980 års geologiska arbeten. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 81027*.

Sandahl, K.-A., Minell, H., Ek, J. & Stenberg, L., 1981b: Projekt Nimtek. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 81524*.

Sjöstrand, T.,1982: Sarvasåive. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 82034*.

U-DOK 25I: Plättik. *Sveriges geologiska undersökning, uranarkivet U-DOK 25I-1*.

Wikström, A. & Söderman, J., 2000: Berggrundskartan 24L Luleå NV. *Sveriges geologiska undersökning Ai 152*.

E-post: sven.aaro@sgu.se mehrdad.bastani@sgu.se bo.gustafsson@sgu.se benno.kathol@sgu.se
claes.mellqvist@sgu.se torbjorn.thelander@sgu.se mats.wedmark@sgu.se

Kartområdet 29I Kebnekaise NO och SO

Torbjörn Thelander, Lutz Kübler och Jan-Anders Perdahl

INLEDNING

Projektet 29I Kebnekaise påbörjades våren 2002 med syftet att slutföra det karteringsprojekt som Fred Witschard utförde 1995 på SGUs uppdrag. Projektet i sig är en sammanställning av ett flertal tidigare karterings- och prospekteringsarbeten, där den geologiska karteringen åren 1962–67 under ledning av Gunnar Nilsson varit av grundläggande betydelse. De delar av kartområdet som täcks av kaledoniska bergarter ingick inte i Witschards uppdrag, men har tidigare redovisats av Stölen (1996).

Det nu aktuella projektet inleddes med digitalisering av hällkonturerna från tidigare karteringar och från Witschards kartmanus. Med utgångspunkt från Witschards karta utförde Benno Kathol och Torbjörn Thelander en fältrevidering om tillsammans 15 persondagar sommaren 2002. Under senhösten reviderade Lutz Kübler en tidigare utförd geofysisk tolkning, bl.a. med hjälp av flygmätningar som inte varit tillgängliga för Witschard. Redovisningen av mineraliseringar har gjorts av Jan-Anders Perdahl. För den slutliga sammanställningen av kartan svarar Torbjörn Thelander och Lutz Kübler. Sammanfattningen av den geologiska utvecklingen i urberget är i huvudsak hämtad från Witschard och Zachrisson (1995).

Kartbladsområdena 29I SO och NO består av både urberg och fjällberggrund (fig. 1). Urberget öster om fjällkedjan är av underproterozoisk ålder (2 500–1 600 miljoner år) medan fjällkedjans sedimentbergarter i området bildades för ca 700–500 miljoner år sedan. Deras deformation, metamorfos och framskjutning mot öster och sydost, ut över urbergsunderlaget, ägde rum i kaledonisk tid för ca 520–400 miljoner år sedan.

En tunn zon av rotfasta (autoktona) sedimentbergarter skiljer de överskjutna (alloktona) kaledonbergarterna från urbergsunderlaget. Den autoktona sekvensen avsattes en gång på en kraftigt nivellerad urbergsyta.

URBERGET

Geologisk utveckling

Den följande beskrivningen av den geologiska utvecklingen i norra Sverige baseras på observationer inom kartområdena 29J Kiruna och 29K Vittangi, där den kan sammanfattas på följande sätt:

1) En arkeisk kraton, huvudsakligen bestående av granitoid gnejs, bildades för mer än ca 2 700 miljoner år sedan.
2) Ett komplext bälte av olika mafiska bergarter (Kiruna grönstensgrupp) av karelsk ålder avsattes på ett underlag av klastiska, kvartsitiska sedimentbergarter (undre sedimentgruppen, Witschard 1984). Grönstensgruppen består huvudsakligen av tholeiitisk basalt, överst med basiska tuffer samt skiffrar med karbonatrika, dolomitiska lager. Mäktigheten på grönstensgruppen, troligen avsatt under en extensionsfas i jordskorpan, överstiger eventuellt 5 000 meter. Åldern anses vara mer än 2 000 miljoner år.
3) Extensionen fortsatte under samtidig avsättning av den mellersta sedimentgruppen, huvudsakligen bestående av kvartsit, fältspatrika sedimentbergarter och skiffrar med konglomeratinlagringar.
4) Svekofenniska metavulkaniter bestående av basiska till intermediära vulkaniter i undre delen (Porfyritgruppen) och överlagrade felsiska till intermediära porfyrer (Porfyrgruppen) avsattes huvudsakligen i de västra delarna av Norrbotten för ca 1 910–1 860 miljoner år sedan (Skiöld 1987).
5) Snavva-Sjöfallsgruppens sediment (övre sedimentgruppen) avsattes omedelbart efter avlagringen av de svekofenniska vulkaniterna. Bildningen av denna mäktiga, kontinentala till strandnära grupp

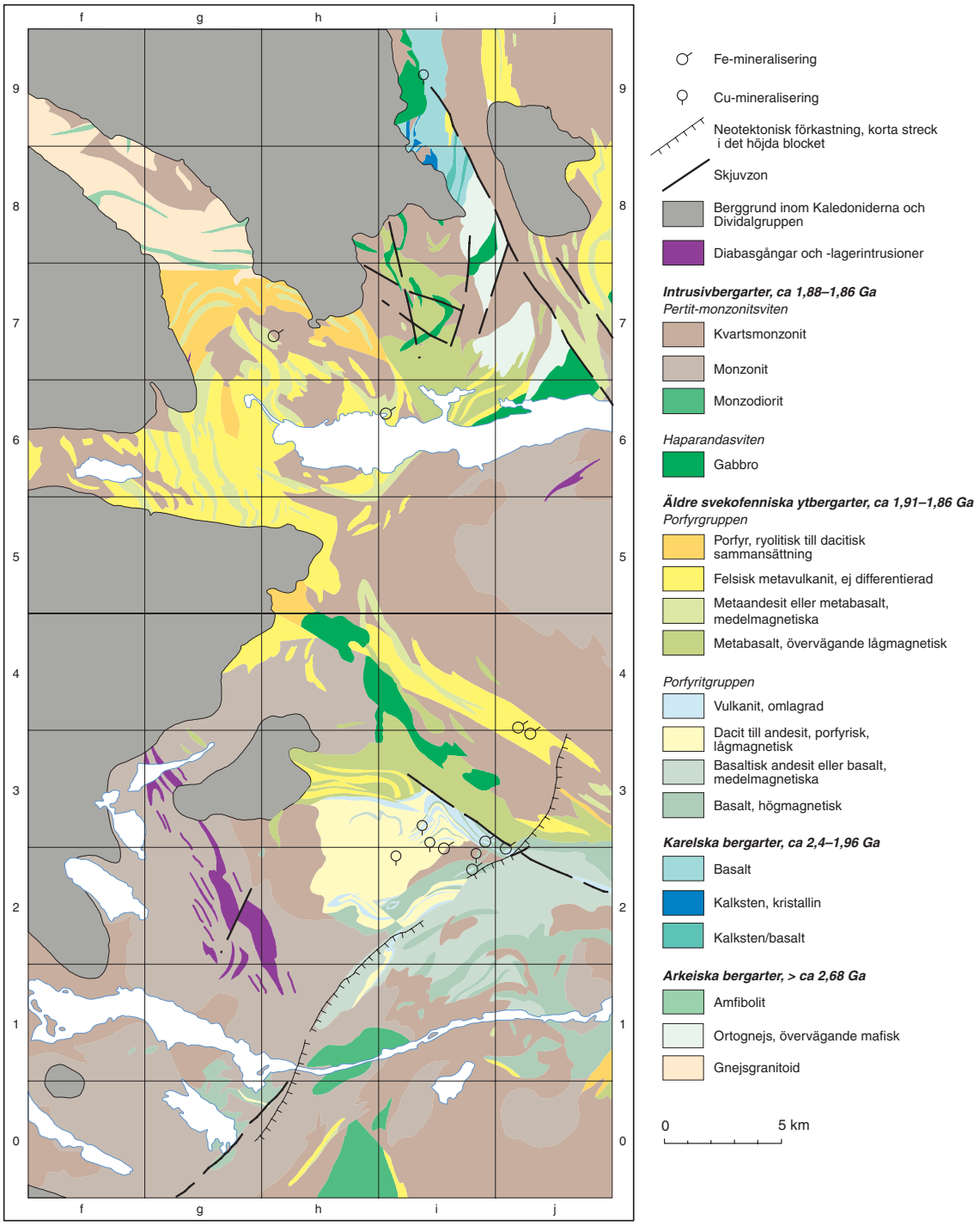


Fig. 1. Geologisk karta över kartområdena 29I Kebnekaise NO och SO.

av bergarter motsvaras av en period med kraftig nedsjunkning av bassängen mot väster. Återkommande vulkaniska episoder med avsättning av basalt karakteriserar Snavva-Sjöfallsgruppen.
6) Haparandasvitens gabbror och dioriter intruderade framför allt i östra delen av nuvarande Norrbottens län under en period som anses vara mellan 1890 och 1860 miljoner år gammal (Skiöld och Öhlander 1989 a).
7) Pertitmonzonitsviten representerar ett skede med avtagande orogen aktivitet för ungefär 1 880–1 860 miljoner år sedan (Skiöld & Öhlander 1989b).
8) Med början för ungefär 1800 miljoner år sedan intruderades berggrunden i stora områden av Linasvitens bergarter.
9) Berggrunden genomsattes av yngre diabasgångar, vilkas ålder ej är närmare känd.

Det är möjligt, men ännu inte bekräftat genom radiometriska åldersdateringar, att gnejser i norra delen av Visttasväggi (8 f–g, 9 f) och sydost om Stággunjunnji (7–9 i–j), tillhör den arkeiska berggrunden (punkt 1 ovan), dvs. utgör i så fall de äldsta delarna av lagerföljden. Grönstenar i trakten av Vuollajávri anses tillhöra Kiruna grönstensgrupp och vara av karelsk ålder (punkt 2). Däremot har varken den mellersta sedimentgruppen (punkt 3) eller övre sedimentgruppen (punkt 5) identifierats inom kartområdet. Den svekofenniska stratigrafin inom de nu aktuella kartområdena representeras av vulkaniter (punkt 4) samt två djupbergartssviter: Haparandasviten (punkt 6) och Pertitmonzonitsviten (punkt 7). Efter en lång konsolideringsperiod utsattes området för spröd deformation i postsvekokarelsk tid med samtidig intrusion av diabasgångar.

Bergarter

Arkeiska bergarter

De bergarter inom kartområdet 29I som tillskrivs en arkeisk ålder utgörs i Visttasväggi främst av grå, gnejsiga granitoider och gnejsiga amfiboliter. Även en svagt rödaktig, medelkornig och närmast massformig granitoid förekommer. Denna har dock inte kunnat särskiljas från de gnejsiga granitoiderna i den slutliga sammanställningen av kartan. Inte heller bergarterna av förmodad arkeisk ålder inom delrutorna 7–8 i är närmare kända. De betecknas i Witschards kartsammanställning från1995 som basiska gnejser, men sommarens rekognoscering (fig. 2 a–b) och opublicerade fältanteckningar gjorda av Offerberg år 1963 och Nilsson år 1967, visar att granitoida gnejser, ställvis med amfibolitbrottstycken eller tillsammans med amfibolitiska gnejser, också förekommer. Även i detta östra utbredningsområde för de eventuellt arkeiska bergarterna förekommer en röd, homogen granit med oklar ålderställning.

Karelska bergarter

De mafiska bergarterna i trakten av Vállasjávri (9i) domineras av metabasalter, som ställvis är slaggiga eller skarniga och har inslag av lagrade kristallina kalkstenar (fig. 2 c) och tuffiter. Obetydliga, enstaka kroppar av ultramafit förekommer. Renheten hos kalkstenen växlar kraftigt och färgen är grå eller röd. Dolomitiska led förekommer liksom tremolitskarn, och breccior med mafiska fragment i en kalkstensmatrix är inte ovanliga. Även ett polymikt konglomerat med bollar av vulkaniska bergarter och matrix av oren kalksten förekommer. Helt underordnat finns lager av kvartsit. Bergarterna bedöms tillhöra Kiruna grönstensgrupp, men det isolerade läget samt närvaron av flera skjuvzoner och förkastningar medför att korrelationen förblir osäker.

I några få isolerade hällar, utan fältsammanhang med de mafiska bergarterna, förekommer en kraftigt folierad bergart vars ursprung bedöms vara en felsisk vulkanit (9 i).



Fig. 2. Fotografier av bergarter och neotektonisk förkastning inom kartområdena 29I Kebnekaise NO och SO. Koordinater i rikets nät. Foto Benno Kathol. **A.** Ortognejs av förmodad arkeisk ålder. Block nedanför hällområdet i ostsluttningen av Stággunjunnji (8i). **B.** Starkt folierad felsisk apofys i kontaktområdet mellan metabasalt tillhörande Kiruna grönstensgrupp och ortognejs av förmodad arkeisk ålder. Bilden är tagen mot söder. Nordostsluttningen av Stággunjunnji (7542867/1643761). **C.** Oregelbundna veckstrukturer i karbonatisk metasandsten. Sandstenen förekommer som inlagring i Kiruna grönstensgrupp. Nordostsluttningen av Stággunjunnji (7543677/1643123). **D.** Foliation och omorienterad lagring i felsisk metavulkanit tillhörande Porfyrgruppen. Häll i jåkkfåran söder om Guhpacohkka (7516390/1641760). **E.** Pärveförkastningen väster om Rovas (1 h). Bilden är tagen mot sydväst. Tälten står på det höjda, sydöstra blocket.

Svekofenniska ytbergarter

De metavulkaniska bergarterna indelades av Offerberg (1967) i en stratigrafiskt undre porfyritgrupp och en övre porfyrgrupp. Den av Witschard (1995, opubl.) sammanställda berggrundskartan särskiljer inte dessa enheter. Den indelning som presenteras i den nu aktuella kartan följer i huvudsak Bergman m.fl. (2001).

Porfyritgruppen är inom kartområdet bäst känd från trakten kring Tjårråjåkka där den undersökts i samband med ganska omfattande prospekteringsarbeten. Metamorfoserade andesiter och basalter med en låg titanhalt samt inslag av intermediära porfyrer och omlagrade vulkaniskt sedimentära bergarter dominerar. De mafiska inslagen varierar från grå, finkorniga vulkaniter till former med välutvecklad porfyrisk textur. Basaltiska lavor med kuddstruktur förekommer. Även en polymikt breccia har observerats. Från Tjårrojåkkaområdet rapporteras även inslag av felsiska vulkaniter, vilka ofta beskrivs som ignimbritstrimmiga, med strökorn av röd fältspat och mörk kvarts. Inlagringar av kristallin kalksten förekommer ställvis och åtföljs i flera fall av skarnbildning.

Porfyrgruppen innefattar merparten av de metavulkaniska bergartena utanför Tjårrojåkkaområdet. De felsiska vulkaniterna är rödgrå, har en ryolitisk eller dacitisk sammansättning och innehåller i många fall strökorn av kvarts och/eller fältspat (fig. 2 d). De mafiska bergarterna i denna grupp karakteriseras kemiskt av höga halter av titan och zirkonium, men i övrigt är de utseendemässigt svåra att skilja från de mafiska inslagen i porfyritgruppen.

Svekokarelska djupbergarter

Haparandasviten

Flera förekomster av medelkorniga, gabbroida bergarter förekommer spridda inom kartbladsområdet. De innehåller ställvis listformad plagioklas och fältbeskrivs, särskilt i området kring Vállajávri (9i), inte sällan som gabbrodiabas. De gabbroida bergarterna är ställvis associerade med finkorniga mafiter. Någon enstaka ultramafisk kropp i de gabbroida leden har också rapporterats.

Pertitmonzonitsviten

Pertitmonzonitsviten intar stora områden inom de två kartområdena. De huvudsakliga bergartstyperna är kvartsmonzonit och monzonit, med några enstaka förekomster av monzodiorit (29I SO). Pegmatiter saknas nästan helt. Bergarterna inom Pertitmonzonitsviten är vanligen röda, medel- till grovkorniga och i regel massformiga, medan bandade, gnejsiga eller migmatitiska led är mindre vanligt förekommande. Tunnslip av olika typer av pertitmonzonit från det angränsande kartområdet 28I Stora Sjöfallet visar alla en förekomst av komplex sammanväxning mellan pertit och antipertit. Witschard (1974, 1975) pekade på den petrologiska likheten med de sura leden inom Porfyrgruppen och tolkade detta som att Pertitmonzonitsviten intruderade i en subvulkanisk miljö. Pertitmonzonitsvitens bergarter i andra delar av Norrbotten har med U-Pb-datering av zirkoner givit åldrar i intervallet 1 880–1 860 miljoner år (Skiöld och Öhlander 1989). Några dateringar av Pertitmonzonitsviten i kartområdet 29I Kebnekaise är inte kända.

Yngre diabasintrusioner

Gångar och lagergångar av diabas eller gabbro har intruderat i bl.a. Pertitmonzonitsviten, vilket visar att de är yngre än ca 1880 miljoner år. Särkilt markant är gångsvärmen i den sydvästra delen av kartområdet 29I SO. Diabaserna är magnetitrika och därför lätta att identifiera på de magnetiska anomalikartorna.

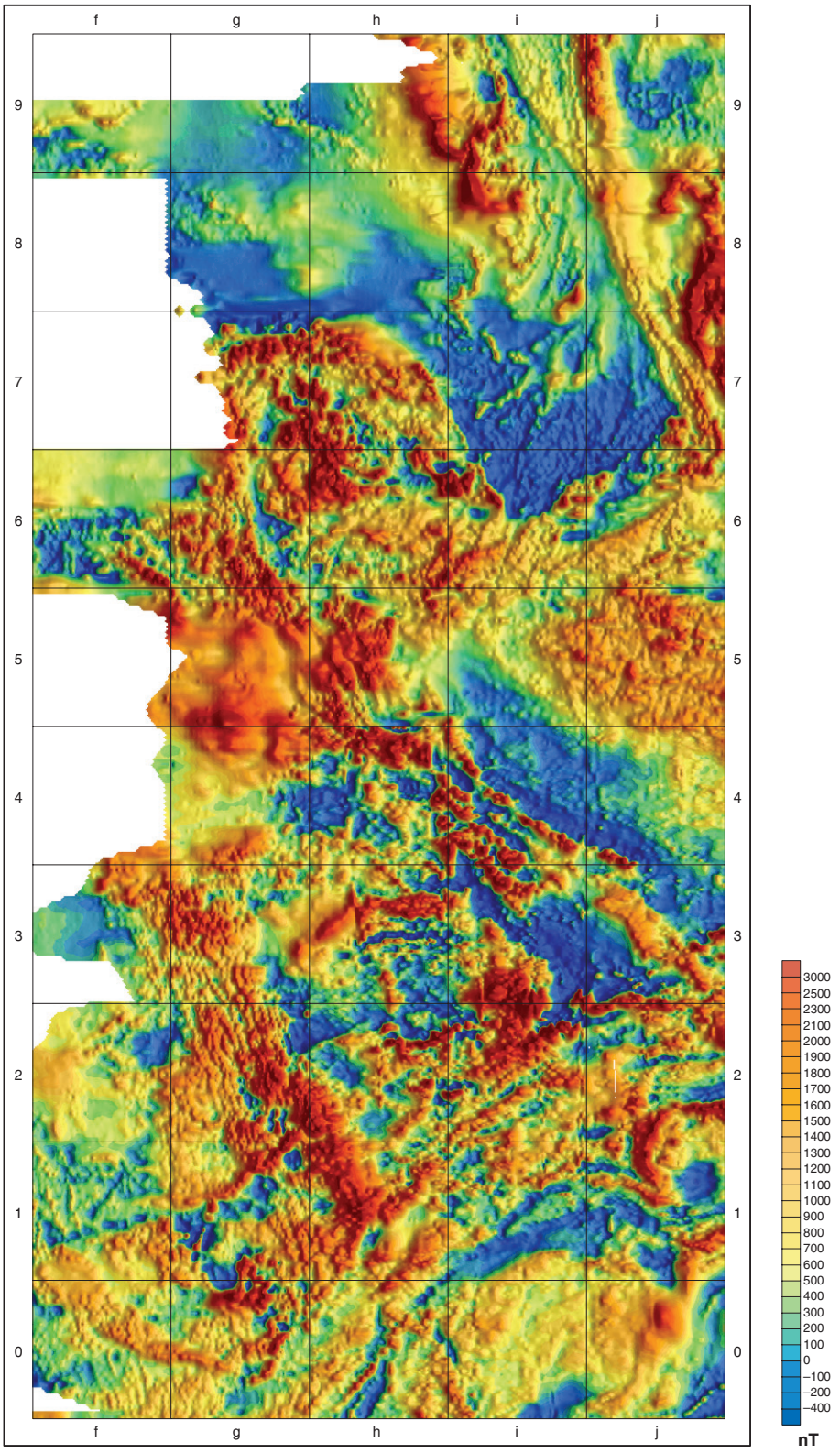


Fig. 3. Magnetisk anomalikarta. Kartan visar avvikelser från magnetfältet motsvarande DGRF 1965,0. Kartan består av data från flygmätningar utförda dels av SGU under 1963, dels av LKAB som med sina flygmätningar 1982 och 1984 täckte ungefär halva norra och halva södra kartområdena. Från de senare mätningarna finns, förutom magnetfältsdata, också VLF-, slingram- och strålningsmätningar.

Metamorfos och deformation

Omvandlingar i berggrunden är vanligt förekommande inom kartbladsområdet. Skapolitisering uppträder i basiska till intermediära bergarter medan albitisering och kalifältspatomvandling (och i viss mån kloritomvandling) är vanlig i intermediära till felsiska bergarter. Skarnbildning är vanlig i de växellagrade partier med mafiska bergarter och kristallin kalksten som förekommer i såväl Vállasjávri- som Tjårrojåkkaområdet. I fält har det varit vanskligt att särskilja albitisering, kalifältspatomvandling och hematitisering i finkorniga bergarter, eftersom dessa omvandlingar resulterar i likartade rödaktiga färgförändringar i bergarterna.

Deformationen av berggrunden visar att åtminstone en veckfas har träffat regionen. Uppmätta veckaxelriktningar varierar dock inom breda intervall, vilket tyder på en senare överpräglande veckfas.

De flygmagnetiska mätningarna visar på närvaron av en regional, ca 1,5 km bred deformationszon i den östra delen av kartområdet 29I NO. Deformationszonen är orienterad i NNV–SSO och kan följas även inom de angränsande kartområdena 29J Kiruna och 30I Abisko. I häll visar bergarterna inom zonen vanligen mylonitisering och en utpräglad foliation, vilket tyder på att de varit utsatta för en kraftig plastisk deformation. Uppkrossade bergarter och indikationer på plastisk deformation förekommer även på andra håll i kartområdet, och tillsammans med de magnetiska anomalikartorna visar detta att det finns ytterligare ett antal förkastningar eller andra dislokationer.

En period med kvartär (neotektonisk), postglacial deformation har resulterat i förkastningar, i många fall parallella med den kaledoniska fjällkedjans NNO-liga utsträckning. Dessa förkastningar anses i huvudsak bero på ett återställande av den isostatiska jämvikten i jordskorpan efter landisens avsmältning. De utgör en del av den så kallade Pärveförkastningen, vilken framträder tydligast inom området 29K SO (fig. 2e).

Geofysiskt kartunderlag samt generella geofysiska drag

De delar av kartområdet som täcks av urberg har i olika omgångar blivit undersökta med geofysiska mätmetoder. Inom ramen för det nu aktuella projektet har inga geofysiska fältarbeten utförts utan all tolkning har baserats på befintligt material.

Geofysiska flygmätningar av magnetfältet, med en upplösning av 10 nT, genomfördes av SGU så tidigt som 1963. Dessa mätningar täcker hela urbergsdelen. Vid det geofysiska tolkningsarbetet i det här aktuella projektet har emellertid också material från LKAB kunnat utnyttjas. Åren 1982–84 genomförde LKAB flygmätningar omfattande magnetfälts-, gammastrålnings-, VLF- och slingramsmätningar som täcker ungefär halva kartområdet. Såväl SGUs som LKABs flygmätningar utfördes från 30 meters flyghöjd och med ett linjeavstånd av 200 meter. Mätpunktsavståndet var 40 meter. Vidare genomfördes år 1980, inom ramen för Nordkalottprojektet, flygmätningar på hög höjd i fjällområdet i ett glest punktnät med ett flyglinjeavstånd av 2 000 meter.

I det norra kartbladsområdet har tyngdkraften mätts på 429 punkter i urbergsdelen och i det södra finns 525 punkter registrerade. Punkttätheten varierar kraftigt men ligger i genomsnitt kring 1,3 punkter per kvadratkilometer.

Det intresse som områdets malmfyndigheter har dragit till sig föranledde också att en stor mängd data över petrofysiska egenskaper samlades in. Således finns data från omkring 433 respektive 695 lägesbestämda prover från de norra och södra kartområdena att tillgå. Provtagningen är beroende av hällfrekvensen och är därför ytmässigt ojämnt fördelad. Emellertid är det totala antalet prover mer än 2 000, varav ca hälften saknar uppgifter om läge och bergartstyp. Med hjälp av dagböcker och originalkartor kommer dessa prover att lägesbestämmas samt erhålla en geologisk kodning.

Som nämnts tidigare är det dominerande inslaget i kartbilden intrusivbergarterna i Pertitmonzonitsviten. Dessa visar sällan någon utpräglad intern struktur med hänsyn till magnetfältet (fig. 3). Som på många andra platser i norra Sverige har bergarterna tillhörande just denna svit relativt hög susceptibilitet och bildar därför alltid större, sammanhängande ytor med förhöjd magnetfältsstyrka.

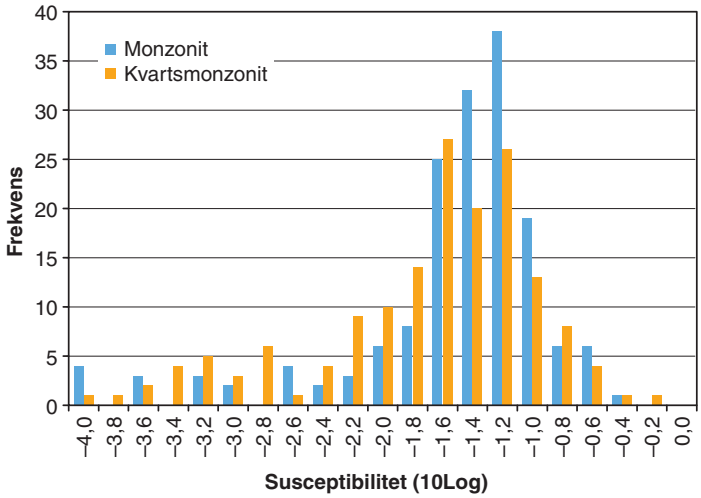


Fig. 4. Histogram som visar susceptibilitetsfördelningen i Pertitmonzonit-svitens bergarter.

Man kan emellertid urskilja en nyansering i egenskaperna i övergången mellan kvartsmonzonit och monzonit, som har något högre susceptibilitet (fig. 4). Också med avseende på strålningsegenskaperna utmärker sig Pertitmonzonitbergarterna eftersom de i förhållande till sin omgivning, eller de bergarter som de innesluter, är mer radioaktiva.

Bland övriga enheter är det Porfyrit- och Porfyrgruppernas bergarter som genom sin lagring ger det kraftigt strukturerade mönstret i magnetfältsbilden. Vulkaniternas magnetithalt kan växla snabbt i sig vilket ger upphov till en bandning, men därtill kommer många inlagringar med magnetitrika bergarter som då blir helt dominerande. Vad beträffar gammastrålningsegenskaperna följer de här anstående bergarterna samma mönster som Porfyrit- och Porfyrgruppernas bergarter i övriga delar av norra Norrbottens län (Bergman m.fl. 2001), dvs. de är lågstrålande.

Bergarter med ett förmodat arkeiskt ursprung som har provtagits i Visttasväggi tycks återspegla Råstojaurekomplexets, dvs. det norrbottniska arkeikums, varierande sammansättning (se också Bergman m.fl. 2001). Emellertid verkar nivån för magnetiserbarheten (ca 0,01 SI-enheter) hos dessa bergarter vara högre än genomsnittet.

Ett karakteristiskt inslag i magnetfältsbilden är den svärm av högmagnetiska diabasgångar, som slår igenom bland annat Pertitmonzonitgruppens bergarter inom t.ex. den västra delen av kartområdet 29I SO och som där också bildar större sammanhängande kroppar. Susceptibiliteten är högre än 0,1 SI-enheter och Königsbergerfaktorn spänner från 0,5 till 2,7 i de diabasprover som har mätts. Parallellt med denna svärm indikerar den flygmagnetiska kartan närvaron av en något glesare svärm i det sydvästligaste hörnet av kartområdet, men denna har inte observerats i fast klyft.

Mineraliseringar

SGU för ett register med beteckningen ORED över malmer och mineraliseringar samt industriella mineral, och för kartområdet 29I Kebnekaise NO/SO finns ett flertal mineraliseringar införda.

Tjårrojåkka järnmineralisering (2 i ORED00111, Quezada & Ros 1971) är den största mineraliseringen inom kartområdet. Den upptäcktes i samband med regionala flygmagnetiska mätningar 1963. Markgeofysiska mätningar och kärnborrningar har påvisat 52,6 miljoner ton malm med 51,5 % Fe. Mineraliseringen är en typisk apatitjärnmalm med en kärna av kompakt magnetit (>60 % Fe) med ådror av apatit, kalcit och aktinolit. Kopparkis uppträder oregelbundet som dissemination i perifera delar av mineraliseringen samt som sent bildade sprickfyllnader. Järnmalmen ligger i starkt omvandlade grå till gråröda intermediära porfyrer som har utsatts för både veckning och förkastningstektonik.

Täunatjåkka järnmineralisering (2 j ORED00337) är en apatitförande skarnjärnmalm av breccietyp medan *V Täunatjåkka* (2 i ORED00338) består av ett 1–2 m brett mineraliserat parti i en grönsten som är genomsatt av magnetitgångar och sliror. *NV Täunatjåkka* (2i ORED16125) är av annan karaktär med hematitlager och dissemination av hematit i glimmerskiffer.

Vistas järnmineralisering (7 h ORED00328, Einarsson & Hansson 1988) består av magnetit som en fattig dissemination och i sliror tillsammans med mörk grovkornig amfibol.

Pirttivuopio järnmineralisering (6 i ORED00157, Damberg & Nylund 1973) består av flera fattiga malmzoner (<31 % Fe) där magnetit uppträder som sliror, klumpar och aggregat i mafiska vulkaniter.

Luppovare (Luppuvárri) järnmineraliseringar, norra och södra (3 j ORED15487 resp. ORED00020, Ros 1971) är omnämnda av Geijer (1931) och detaljundersökta i samband med länskarteringen 1948 och järnmalmsinventeringen 1970. Det handlar om flera mineraliseringar som påträffats i häll och lokala block utmed en 1 800 m lång sträcka. Mineraliseringarna består av hematitbreccior med varierande mängd magnetit, flusspat, titanit och amfibol. Brecciorna stryker i nordostlig riktning men ligger ”en echelon” i nordvästlig riktning. Den största är 4–5 m bred och minst 100 m lång.

Kopparmineraliseringar är vanliga i anslutning till järnmineraliseringarna. Med ett undantag, Tjårrojåkka, är dessa kopparmineraliseringar dock obetydliga. Sulfidmineraliseringar av annan karaktär har påträffats i Unna Järta (Pb-Zn-Ag, Ambros 1967) och Valasjaur (Vállasjávri, Cu).

Tjårrojåkka kopparmineralisering (3 i ORED00118, Ros 1979) upptäcktes 1970 vid kärnborrning på en svagt magnetisk anomali, 700 m väster om Tjårrojåkka järnmineralisering. Malmen har beräknats ned till ett djup av 200 m, vilket med en ”cut off” på 0,4 % Cu ger ca 3,2 miljoner ton malm. Mineraliseringen består i huvudsak av kopparkis och något bornit/kopparglans, vilka förekommer som dissemination och sprickfyllnader, vanligen i anslutning till skjuvzoner. Varierande mängder magnetit, pyrit och apatit förekommer i anslutning till kopparmineralen.

V Täunatjåkka kopparmineralisering (2 i ORED16126) består av kopparkis disseminerad i omvandlad grönsten och syenit.

Kopparmineraliseringarna Palsen (3 i ORED00320) och *Hannåive* (*Hánnuoaivi*, 2 i ORED00286) uppträder i skjuvzoner och har troligen bildats av samma malmbildningssystem som Tjårrojåkka kopparfyndighet. Palsenfyndigheten är 2 m bred med kopparkis, något svavelkis och spår av blyglans. Mineraliseringen förekommer som dissemination i intermediära porfyrer och är lokaliserad till en skjuvzon som stryker N60O. Mineraliseringen i Hannåive består av disseminerad kopparkis och molybdenglans lokaliserad till en 6 meter bred skjuvzon med riktning N68O. En svag kopparkisdissemination förekommer även i omgivande intermediära porfyr.

Valasjaur (*Vallasjaure, Valasjärvi, Vállasjávri*) kopparmineralisering (9 i ORED00336, Leino 1987) hittades 1950 av geolog Tryggve Eriksson i samband med länskarteringen. Mineraliseringen detaljkarterades och mättes geofysiskt samma år och har senare undersökts och kärnborrats av LKAB Prospektering. Mineraliseringen uppträder i en 3,5 km lång och 50 m bred zon med kalkbandade vulkaniska till sedimentära bergarter tillhörande Kiruna grönstensgrupp. I malmzonen förekommer meterbreda inlagringar av kompaktmalm bestående av pyrit och små mängder kopparkis. Malmbreccior och magnetitlager förekommer i den mineraliserade zonen. I den västligaste delen av sekvensen förekommer glasig ”chert”.

REFERENSER

Ambros, M., 1967: En sulfidförande kvartsgång vid Unna Järta sydväst om Kebnekaise. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 89*, 224–226.

Bergman, S., Kübler, L. & Martinsson, O., 2001: Description of regional geological and geophysical maps of northern Norrbotten County (east of the Caledonian orogen). *Sveriges geologiska undersökning Ba 56*, 110 s.

Damberg, K. & Nylund, B., 1973: Pirttivuopio Järnmalmasfyndighet. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 770*, 13 s.

Einarsson, Ö. & Hansson K.-E., 1988: Kirunafjällens Nationalpark – Malmpotential. *Sveriges Geologiska AB PRAP 88050*, 36 s.
Geijer, P., 1931: Berggrunden inom malmtrakten Kiruna–Gällivare–Pajala. *Sveriges geologiska undersökning C 366*, 225 s.
Leino, H., 1987: Valasjaure – Stratigrafi och vulkanism i Valasjaure-grönstensområde, norra Sverige. *LKAB Prospektering K 8703*, 87 s.
Offerberg, J., 1967: Beskrivning till berggrundskartbladen Kiruna NV, NO, SV, SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 1–4*, 147 s.
Ros, F., 1971: Järnmineraliseringen Luppovare (Luopovare) vid Ailatis 29I Kebnekaise. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 82566*.
Ros, F., 1979: Tjårrojåkka Kopparmalmsfyndighet. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 82567*.
Skiöld, T., 1987: Aspects of the Proterozoic geochronology of northern Sweden. *Precambrian Research 35*, 161–167.
Skiöld, T. & Öhlander, B., 1989a: Early Proterozoic crust-mantle interaction at a continental margin in northern Sweden. *Precambrian Research 45,* 19–26.
Skiöld, T. & Öhlander, B., 1989b: Chronology and geochemistry of late Svecofennian processes in northern Sweden. *Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar 111*, 347–354.
Stölen, L.-K., 1996: Kartbladen 29I Kebnekaise – Fjälldelen. *I* C.-H. Wahlgren (red.): *Regional berggrunds-geologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1995. Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 84*, 126–129.
Quezada, R. & Ros, F., 1971: Malmberäkning av Tjårråjokka järnmalmsfyndighet. Rapport av SGUs undersökningar 1967–1970. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 82569*.
Witschard, F., 1974: 28I Stora Sjöfallet. Analyser och tunnslip, utförda åren 1973–1974. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 94029*.
Witschard, F., 1975: Description of the geological maps Fjällåsen NV, NO, SV, SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 17–21*, 125 s.
Witschard, F., 1984: The geological and tectonic evolution of the Precambrian of northern Sweden – A case for basement reactivation? *Precambrian Research 23*, 273–315.
Witschard, F. & Zachrisson, E. 1995: Berggrundskartan 28I Stora Sjöfallet NO, 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 90*.

E-post: torbjorn.thelander@sgu.se lutz.kubler @sgu.se jan-anders.perdahl@sgu.se

TÄTORTSPROJEKT. KOMMUNKARTOR 1:50 000

Projekt Norra Göteborgsregionen–Trestad

Inger Lundqvist, Lena Persson, Thomas Eliasson, Mehrdad Bastani och Mattias Göransson

INLEDNING

Tätortsprojektet ”Norra Göteborgsregionen–Trestad” (fig. 1) påbörjades år 2000 under ledning av Mats Engdahl och skall vara slutfört år 2003. I projektet ingår 10 kommuner: Ale, Kungälv, Lilla Edet, Orust, Stenungsund, Tjörn, Trollhättan, Uddevalla, Vänersborg och Öckerö. Följande geologiska arbeten ingår i projektet: kompletterande berggrundskartering till full yttäckning (modell Af), undersökning av bergkvalitet i kommunerna Ale, Lilla Edet, Trollhättan och Vänersborg, komplettering av jordartsinformation till full yttäckning (modell Ae), komplettering av grusinventeringarna i Ale, Lilla Edets, Trollhättans och Vänersborgs kommuner, grundvattenundersökningar i Uddevalla kommun (modell An), regional markgeokemisk undersökning i hela området och i en smal korridor omfattande delar av kartområdena 6C Kinna NV, 7B Göteborg SO, 7B Göteborg NO, 7C Borås SV och 7C Borås SO samt maringeologiska arbeten inom kustområdena i Kungälvs, Lysekils, Tjörns och Orust kommuner, i fjordarna och i Göta älv.

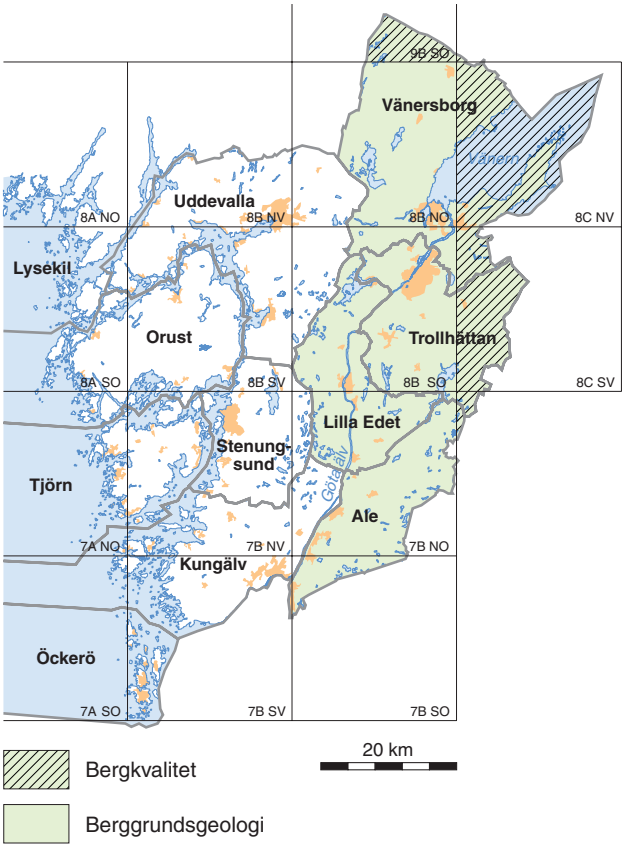


Fig. 1. Tätortsprojektet Norra Göteborgsregionen–Trestad.

BERGGRUND

Inger Lundqvist och Lena Persson

Moderna berggrundskartor i skala 1:50 000 finns för stora delar av projektområdet. 7A Marstrand NO/7B Göteborg NV (Samuelsson & Åhäll 1985), 7B Göteborg NO (Samuelsson 1985), 7B Göteborg SO (Samuelsson 1978), 8A Lysekil SO/8B Vänersborg SV (Samuelsson & Åhäll 1990), 8B Vänersborg NO (Gorbatschev 1987) och 8B Vänersborg SO (Lundqvist 1997) finns som tryckta kartor, medan 7A Marstrand SO/7B Göteborg SV och 8B Vänersborg NV i dagsläget enbart finns i digital form.

Området som skulle nykarteras omfattar norra och östra delarna av Vänersborgs kommun, östra delen av Trollhättans kommun och nordöstra delen av Ale kommun (fig. 1). Området har tidigare undersökts och beskrivits av Karlsson (1870), Karlsson & Wahlqvist (1870), Sidenbladh (1870), Larsson (1974) och Lindström (1887). De fyra först nämnda kartbladen är i skala 1:50 000 (SGU Aa) medan det sista är i skala 1:200 000 (SGU Ab). Detta innebär att området söder om Halle- och Hunneberg (sydvästra delen av 8C Lidköping SV) tidigare enbart finns karterat i skala 1:200 000.

Under sommaren 2000 karterades den del av 7B Borås NV som berörs av projektet. Under fältsäsongen 2001 karterades de aktuella delarna av 9B Dals-Ed SO (förutom ca 10 km^2), 9C Mellerud SV, nordvästra delen av 8C Lidköping NV (området väster om Vänern) och ca 80 km^2 i den sydvästra delen av 8C Lidköping SV. Återstoden karterades under fältsäsongen 2002.

Geologisk översikt

Inom de delar av 7C Borås NV och 8C Lidköping SV som har karterats, och i den del av 8C Lidköping NV som ligger öster om Göta älv, domineras berggrunden av gråröda, granitiska till grå, granodioritiska ådergnejser av magmatiskt ursprung (fig. 7). Gnejsigheten stryker huvudsakligen i nordostlig riktning och stupar medelbrant mot väster. Ådergnejserna är troligen ca 1 600 miljoner år gamla. Sporadiskt förekommer små konforma kroppar av metamafit. I trakten av Halleberg finns ett par mindre förekomster av en ögonförande, gnejsig granit. Liknande graniter förekommer väster om Hunneberg, där ett prov har tagits för åldersbestämning. Den ögonförande graniten är ca 1320 miljoner år gammal (Hellström muntl. medd.). Ådergnejserna klipps av en diabas med VNV-lig riktning, dvs. samma riktning som de så kallade Göteborgsdiabaserna har. De senare har daterats och visat sig vara ca 935 miljoner år gamla (Hellström muntl. medd.).

Inom de delar av Dalsland som berörs av projektet är berggrunden mer varierande. Längst i öster (väster om Vänern) dominerar gråröda, granitiska till rödgrå, granodioritiska ådergnejser. De har magmatiskt ursprung och bildades troligen för ca 1600 miljoner år sedan. Ådrorna utgörs av två generationer, där den yngre skär den äldre. Ådergnejserna har nordostlig strykning och stupar medelbrant mot väster. Längre västerut följer en röd, ögonförande, massformig till gnejsig granit, den så kallade Ursandgraniten. Bergarten är daterad och har gett en ålder av ca 1 320 miljoner år (Åhäll & Connelly 1998).

Väster om Ursandgraniten finns ett delvis starkt tektoniserat stråk med NNO-lig riktning. Berggrunden består där av gråröda till grå, delvis ögonförande gnejser. Terrängen är relativt hällfattig, men det finns inget som tyder på att bergarten skulle ha något annat än magmatiskt ursprung (jfr Gorbatschev 1987). Ännu längre västerut finns en röd till gråröd, jämnkornig, på en del ställen ögonförande, massformig till gnejsig granit, den så kallade Hästefjordengraniten. Graniten är daterad och visade sig vara ca 1 330 miljoner år gammal (Åhäll & Connelly 1998). Båda dessa granitkroppar (Ursand- och Hästefjordengranit) är utsträckta i NNO-lig riktning. Hästefjordengraniten sträcker sig västerut fram till det område där Kroppefjäll börjar höja sig över Dalboslätten. Här ersätts graniten av en röd till gråröd, ojämnkornig arkos med bollar av granit. Graniten är djupvittrad och materialet har delvis omlagrats och senare hårdnat till bergarten arkos. Gränsytan mellan graniten och arkosen är undulerande och skulle kunna antyda en dåtida landyta. Arkosen (med bottenkonglomerat) är den

understa (äldsta) bildningen av Dalslandsgruppens ytbergarter. Dessa stryker ungefär i nord–sydlig riktning och stupar medelbrant till brant mot väster. Ovanpå arkosen följer mot väster en ljust grå till gulaktig kvartsit med enstaka konglomerathorisonter. Bergartsbollarna utgörs av kvartsit, olika granitoider och finkorniga mörka bergarter. Bollarna är i regel upp till decimeterstora men enstaka större förekommer också. Därpå följer en grönsvart till svart, finkornig metavulkanit (spilit) som intruderat som en lagergång i de sedimentära bergarterna. Vidare uppåt i lagerserien finns en ljust grå kvartsit som tycks övergå i mer arkosartade led norrut.

Åldern på Dalslandsgruppens bergarter är inte helt klarlagd men de är yngre än Hästefjordengraniten, eftersom de delvis är avlagrade på denna. Samtidigt är de äldre än den deformation som drabbade berggrunden under den svekonorvegiska bergskedjebildningen för ca 1 150 till 900 miljoner år sedan, eftersom denna även har påverkat Dalslandsgruppens bergarter.

Berggrunden på östra sidan av Kroppefjäll är zonvis starkt deformerad, bl.a. i form av överskjutningar (fig. 2). I vissa av dessa zoner är bergarterna så kraftigt deformerade att de delvis har mylonitiserats. Gnejsiga, granitiska skivor finns inskjutna i kvartsiten och skivor av kvartsit finns inskjutna i den gnejsiga graniten. I den västligaste delen av det område som skulle nykarteras finns röda granitiska till rödgrå granodioritiska, delvis ögonförande, gnejsiga magmatiska djupbergarter, som troligen är ca 1 560 miljoner år gamla. Gnejsigheten stryker i NNO-lig riktning och stupar medelbrant mot väster. Stråkvis är bergarterna mycket starkt deformerade.

De yngsta bergarterna i området utgörs av de paleozoiska sedimentära och vulkaniska bergarterna i Halle- och Hunneberg. De understa (äldsta) lagren utgörs av kambrisk sandsten som överlagras av kambrisk och ordovicisk alunskiffer med linser av orsten. Sandstenens totala mäktighet är drygt 25 meter medan alunskifferns varierar och som mest är ca 25 meter. Under permisk tid trängde basiska lavor in i de sedimentära bergarterna och bildade lagergångar. Diabasen som täcker Halle- och Hunneberg är rester av sådana lagergångar. Diabasens mäktighet varierar mellan 35 och 100 meter.



Fig. 2. Bergtäkt i oren kvartsit tillhörande Dalslandsgruppen vid Kärr 30 km NNV om Vänersborg. Bilden är tagen mot norr och visar en svekonorvegisk överskjutningszon i den ca 30 m höga skärningen (6502150/1290125). Koordinater i rikets nät.

Geofysiska undersökningar

Hela projektområdet är idag täckt med moderna flyggeofysiska data. En del av kartområdet Lidköping 8C, som tidigare var mätt med 400 meters linjeavstånd, har så sent som i år kompletterats med 200-metersdata. Figur 3 visar den magnetiska totaltfältskartan över Vänersborgs kommun. Diabasen som täcker Halle- och Hunneberg orsakar den största anomalin inom området (44 000 till 55 000 nT). Magnetfältskartan uppvisar även ett tydligt bandat mönster av högmagnetiska anomalier med NNO-lig riktning som avspeglar berggrundens strukturella drag.

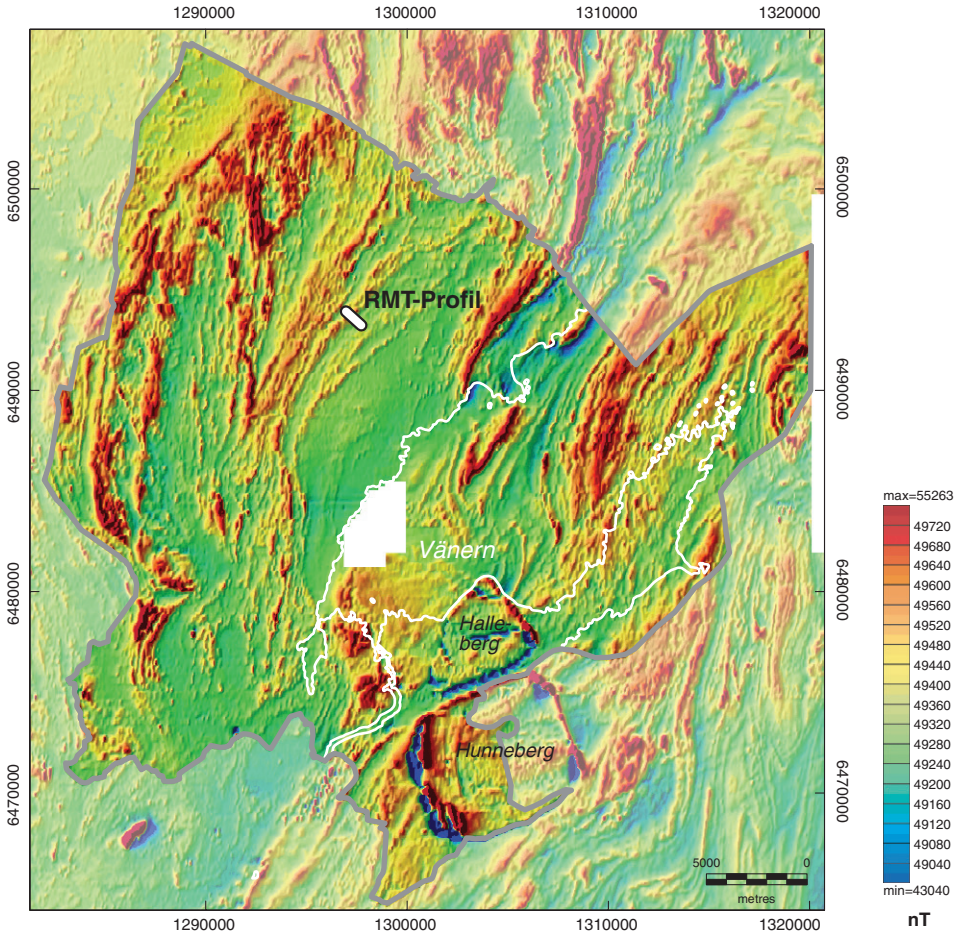


Fig. 3. Flygmagnetisk totalfältskarta över Vänersborgs kommun.

Det geofysiska fältarbetet har pågått under två fältsäsonger. Detta år omfattade fältarbetet totalt tre veckor. Fältarbetet, som i år koncentrerats till östra delen av Vänersborgs och Trollhättans kommuner, har bestått av petrofysisk provtagning, gammastrålningsmätningar på hällar samt profilmätningar, dvs. elektromagnetiska RMT- och VLF-mätningar samt magnetfältsmätningar.

Figur 4 visar ett exempel från en elektromagnetisk profilmätning. Profilen (fig. 3) skär över den förmodade kontakten mellan Ursandsgraniten i öster och en mer deformerad ögonförande gnejs i väster. VLF-mätningen (fig. 4 a) visar två typiska anomalier längs profilen vid ca 100 m och 350 m. För att erhålla mer detaljerad djupinformation mättes profilen även med RMT (radiomagnetotellurik) som utnyttjar radiosändare inom ett större frekvensområde (15–300 kHz). Figur 4 b visar resultat från tolkningen av RMT-data. Modellen visar överst ett ca 5–10 m mäktigt, lågresistivt lager som motsvarar jorddjupet längs profilen. Två lågresistiva zoner vid 100 m respektive 350 m är sannolikt orsakade av sprickzoner i berggrunden.

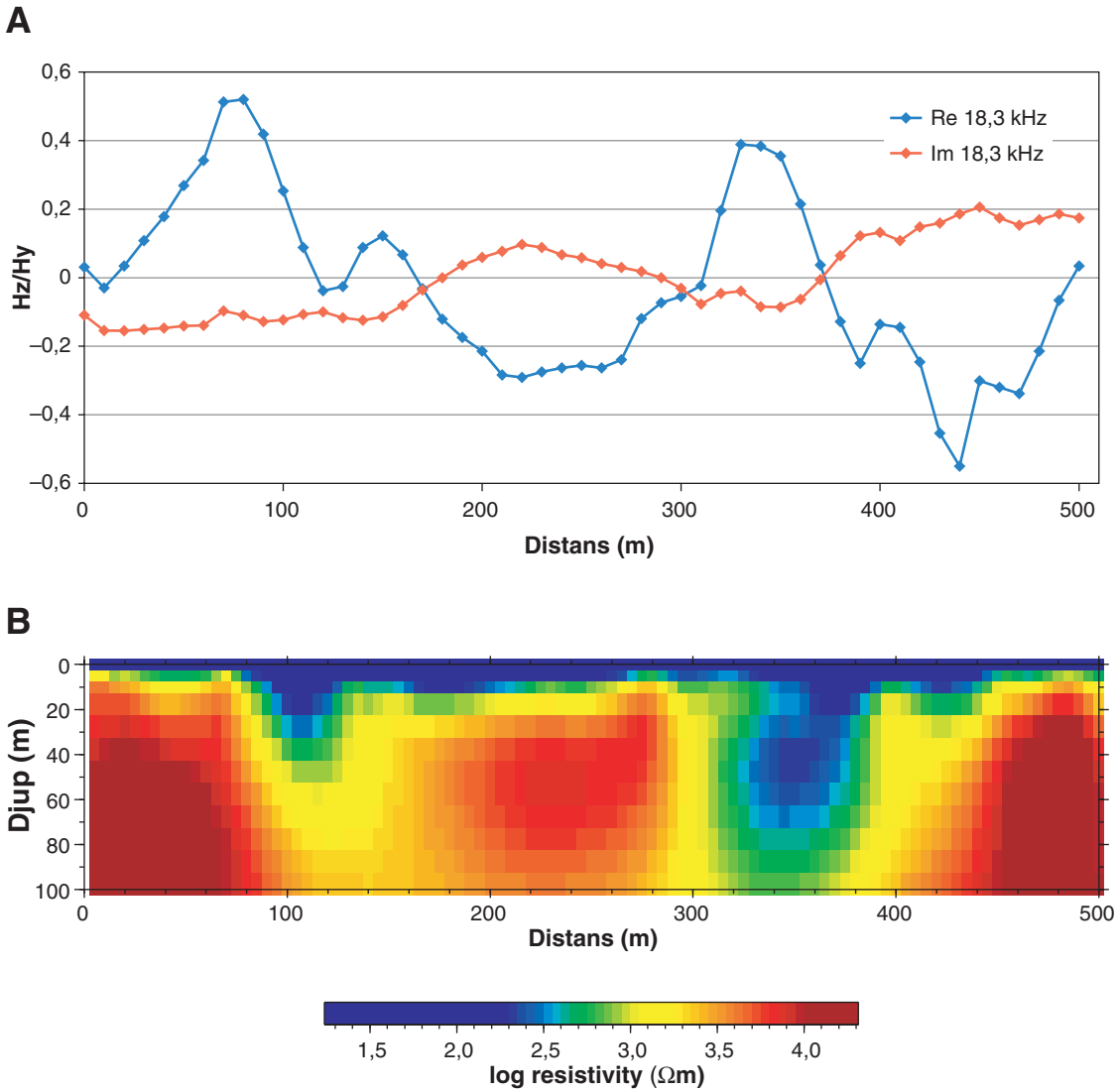


Fig. 4. Resultat från VLF-mätning (a), tvådimensionell tolkning av RMT-profilen som visar två lågresistiva zoner/sprickzoner i berggrunden (b). Profilens läge är markerad i figur 3.

Figur 5 visar en sammanställning av resultat från gammastrålningsmätningar på hällar inom de delar av Vänersborgs kommun som nykarterats, dvs. delar av 9B SO samt 8C NV och SV (fig. 1). Diagrammet visar kalium- och toriumhalterna för olika granitoider i området. Granitoiderna i Kroppefjäll (”1560-granitoid”) har relativt låga toriumhalter samt kaliumhalter som varierar mellan ca 1,3 %–3,7 %. De granodioritiska ådergnejserna i den östra delen av området (”1600-granitoid”) uppvisar en betydligt större spridning av såväl kalium- som toriumhalter. De yngre graniterna inom området (”1300-granit”, Hästefjordengranit och Ursandgranit) har generellt höga toriumhalter samt kaliumhalter över 4 %. Några graniter med höga uranhalter har inte påträffats inom de delar av projektområdet som nykarterats.

Höga uranhalter har däremot uppmätts i området omkring Halle- och Hunneberg (fig. 6). Anomalin omkring diabasen orsakas av uranhaltig alunskiffer som ligger som rasmaterial utefter Halle- och Hunnebergs branter och som även spridits ut i jordarterna. Markmätningar på alunskiffermaterial längs rasbranterna har gett uranhalter på omkring 70–100 ppm vilket motsvarar ett radiumindex på ca 6.

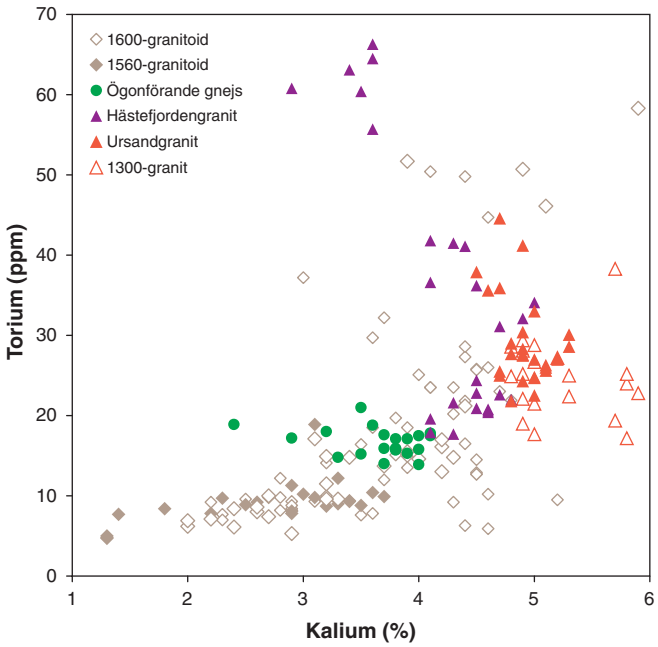


Fig. 5. Kalium/torium-diagram för granitoider inom Vänersborgs kommun.

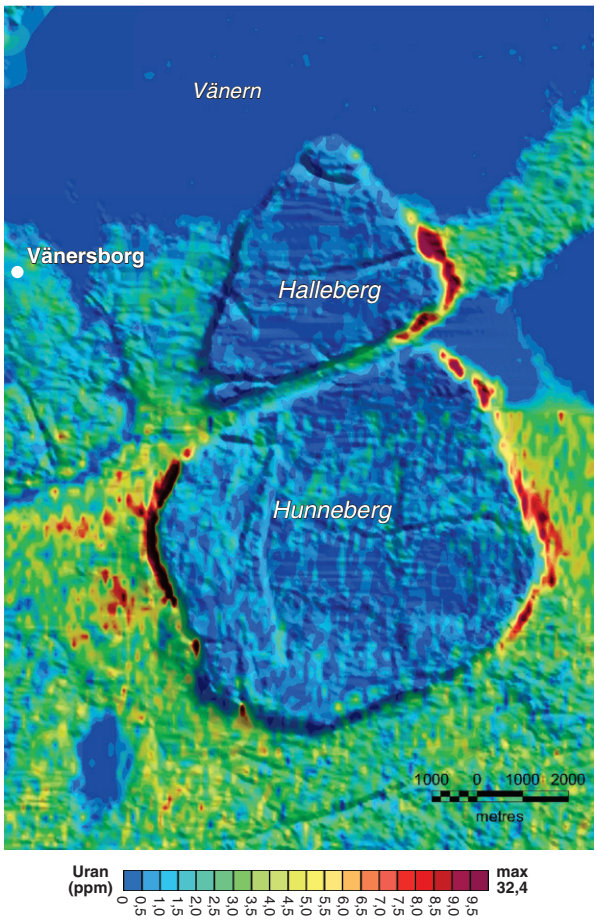


Fig. 6. Gammastrålning (uran) över Halle-Hunneberg. Gammastrålningen från diabasen är låg medan en uranhaltig alunskiffer som underlagrar diabasen orsakar anomalierna omkring diabasens kanter. Alunskiffer har spritts som rasmaterial utefter Halle-Hunnebergs branter och ut i jordarterna. Under kartans uranbild ligger en höjdskuggning skapad ur LMVs höjddatabank.

BERGKVALITET

Thomas Eliasson, Mehrdad Bastani och Mattias Göransson

Bergkvalitetsundersökningarna inom projektområdet (fig. 1 och 7) är en naturlig fortsättning av SGUs arbeten i Götborgs kommun (Persson m.fl. 2000), för övrigt den första och hittills enda bergkvalitetskartan i sydvästra Sverige. I Göteborgs kommun insamlades prover av olika bergarter från ca 50 lokaler. Flera av berggrundsenheterna har en utbredning som fortsätter in i det nu aktuella undersökningsområdet.

Under fältsäsongen 2002 har geologiskt fältarbete och provtagning för teknisk och petrografisk analys genomförts, företrädesvis i kommunerna Vänersborg och Trollhättan (fig. 1). En viss kompletterande provtagning samt geofysiskt och geologiskt fältarbete har också skett i Ale och Lilla Edets kommuner. Bergkvalitetskartan baseras på den befintliga berggrundsinformationen. Eftersom det saknas moderna berggrundskartor för delar av projektområdet (fig. 1) har arbetet med bergkvalitetskartan delvis genomförts parallellt med den berggrundsgologiska nykarteringen.

Vid lokaler med representativ geologi och ovittrat, ”friskt” berg har ca 50 till 80 kg bergmaterial provtagits för teknisk analys. Den omfattar bestämning av nötningsmotstånd (kulkvarnsanalys), sprödhet (Los Angeles-tal) och densitet. Analyserna har väsentligen utförs vid Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut i Borås (SP).

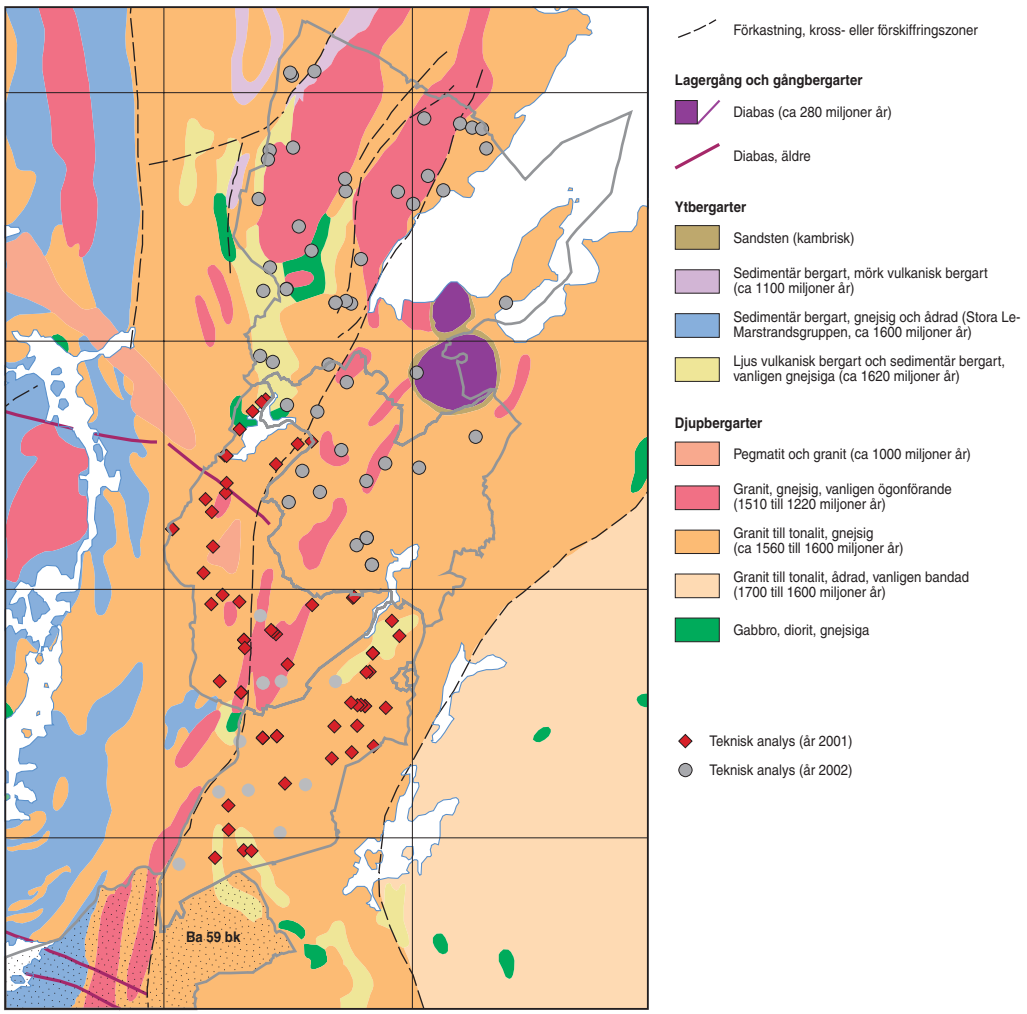


Fig. 7. Förenklad berggrundsgeologisk karta med provtagningslokaler för tekniska analyser i kommunerna Ale, Lilla Edet, Trollhättan och Vänersborg.

Totalt har 61 prover insamlats under fältsäsongen 2002 varav 11 är från Ale och Lilla Edets kommuner (fig. 7). I de fall där berggrunden är heterogen (flera bergartsled i samma häll), vilket är speciellt vanligt i de 1 560–1 600 miljoner år gamla gnejsiga granitoiderna (fig. 7), har två eller flera prover tagits från samma lokal. Sammanlagt har 5 prover tagits i producerande bergtäkter. De är: Alekrossen (Skanska), Teråsbergtäkt (Skanska), Grunnebo (Skanska), Jonsängen (NCC) och Kärr (Vägverket Produktion). De fyra första är alla belägna i olika typer av de ovan nämnda granitoida ådergnejserna. Täkten i Kärr ligger i kvartsit tillhörande Dalslandsgruppen (fig. 2).

Gammastrålningsmätning har skett på de flesta av ovannämnda lokaler, dels för beräkning av radiumindex, dels för att klassificera bergarterna. Dessutom har mätningar av sprickplanens riktning skett och en bedömning av spricktätheten. Tunnslip har framställts av alla bergarter vars tekniska egenskaper analyserats. Petrografisk analys och bestämning av kornstorlek har hittills utförts på alla prover från Ale och Lilla Edet. Tunnslipen från dessa kommuner har också granskats vid SP, där en potentiell risk för alkalisilikareaktivitet (ASR) konstaterats endast i några få prover.

Som komplement till SGUs geofysiska undersökningar har seismisk refraktionsanalys använts i ett studentarbete vid Göteborgs universitet (Bark 2002). Syftet med arbetet var att studera tre utvalda, linjära magnetiska och elektromagnetiska (VLF-) anomalier i SGUs flyggeofysiska data. I samtliga profillägen detekterades låghastighetszoner (<3 500 m/s) i berggrunden, vilka bedöms vara orsakade av krosszoner.

Geofysiskt fältarbete

De geofysiska markmätningarna genomfördes i samband med bergkvalitetsundersökningarna under somrarna 2001 och 2002 (fig. 8). Fältarbetet 2001 utfördes av Mehrdad Bastani, Lena Persson och Glenn Bark (extrageolog). Arbetet omfattade åtta veckor och innebar dels provtagning av stuffer för parametermätning, dels mätningar med gammaspektrometer på hällar vid 109 lokaler. RMT-mätningar (radiomagnetotellurik) utfördes längs fem profiler för att studera detaljer i plastiska deformationszoner och i sprickzoner. Dessutom mättes det magnetiska totalfältet längs tre av RMT-profilerna samt i en separat profil. VLF-fältet har mätts längs två profiler för att jämföras med RMT-resultaten. Fältarbetet sommaren 2002 omfattade två veckor och bestod av provtagning och hällmätningar med gammaspektrometer vid 40 lokaler.

Petrofysiska data och strålningsdata

Figur 9 a–d visar variationen av uranhalt mot kaliumhalt för fyra olika bergartstyper inom undersökningsområdet (halterna är medelvärden av mätningar på varje häll). Metagabbrobergarterna i den första gruppen har kaliumhalter under 1,5 % och mycket låga uranhalter (fig. 9 a). Uranhalten är nästan konstant (medelvärde=2,5 ppm), men kaliumhalten varierar något för gnejstonaliten i den andra gruppen (fig. 9 b). Generellt är kaliumhalten omkring 1–2 % i gnejstonalit. Uranhalterna i gnejsgranodiorit har större spridning (maximum 14,5 ppm) jämfört med gnejstonalit, kaliumhalten varierar mellan 1,8 och 3,7 %. Gnejsgraniterna har kaliumhalter mellan 3,55 och 5,15 % och uranhalten visar en tydlig och skarp variation som kan användas för att skilja mellan olika typer av gnejsgranit. Den så kallade Götagraniten har uranhalter mindre än 5 ppm, medan den så kallade RA-graniten har uranhalter större än 8 ppm och ett prov med en uranhalt av mer än 16 ppm (radiumindex >1). Kaliumhalten för de metavulkaniska bergarterna varierar mellan 1,1 och 5,6 %. Uranhalten är direkt proportionell mot kaliumhalten och varierar mellan 2 och 4 ppm (fig. 9 c).

Tabell 1 visar maximala värden för radium- och gammaindex, beräknade från markmätningar inom de tre kommunerna Ale, Lilla Edet och Trollhättan (se fig. 8).

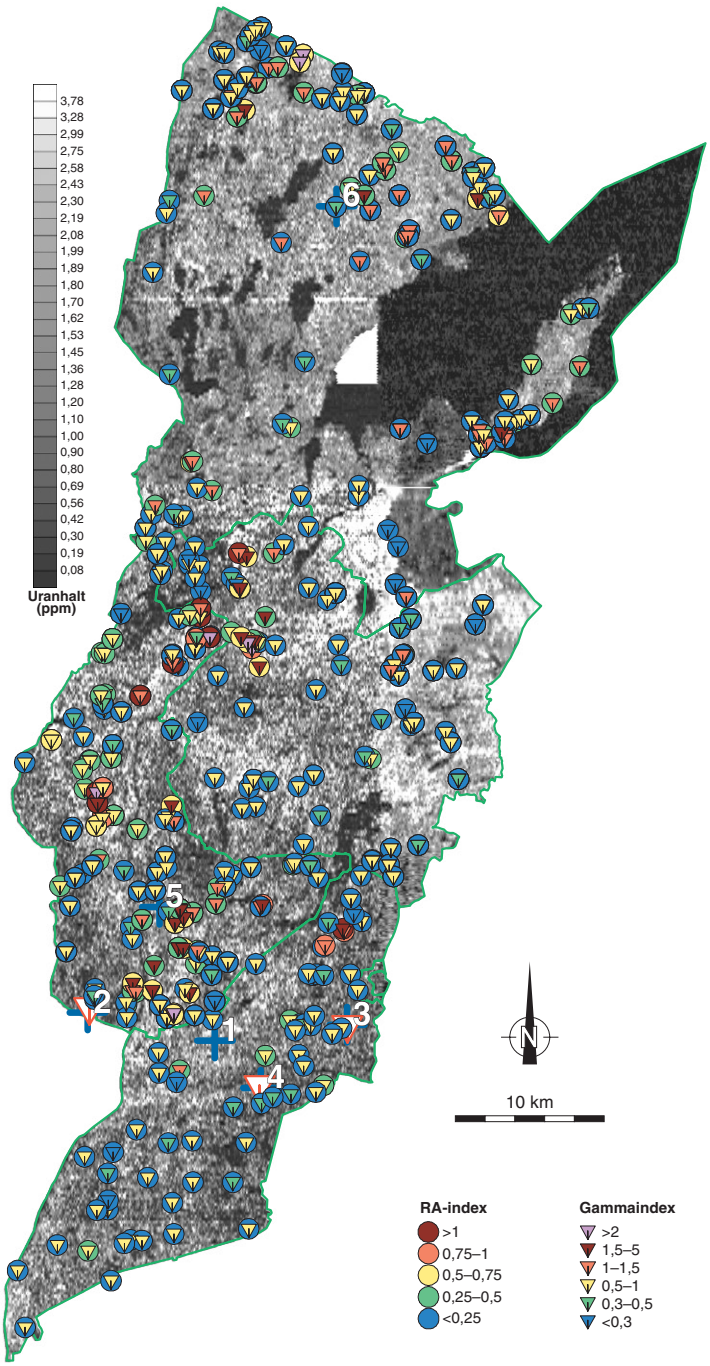


Fig. 8. Läget för geofysiska fältundersökningar inom Ale, Lilla Edets, Trollhättans och Vänersborgs kommuner under 2001 och 2002. Runda symboler representerar radiumindex och små trianglar visar gammaindex från spektrometermätningar på hällar. Läget för magnetiska profiler, RMT- och VLF-profiler visas med blå kryss respektive röda och vita trianglar. I bakgrunden visas uranhalten där ljusare ton anger högre värden.

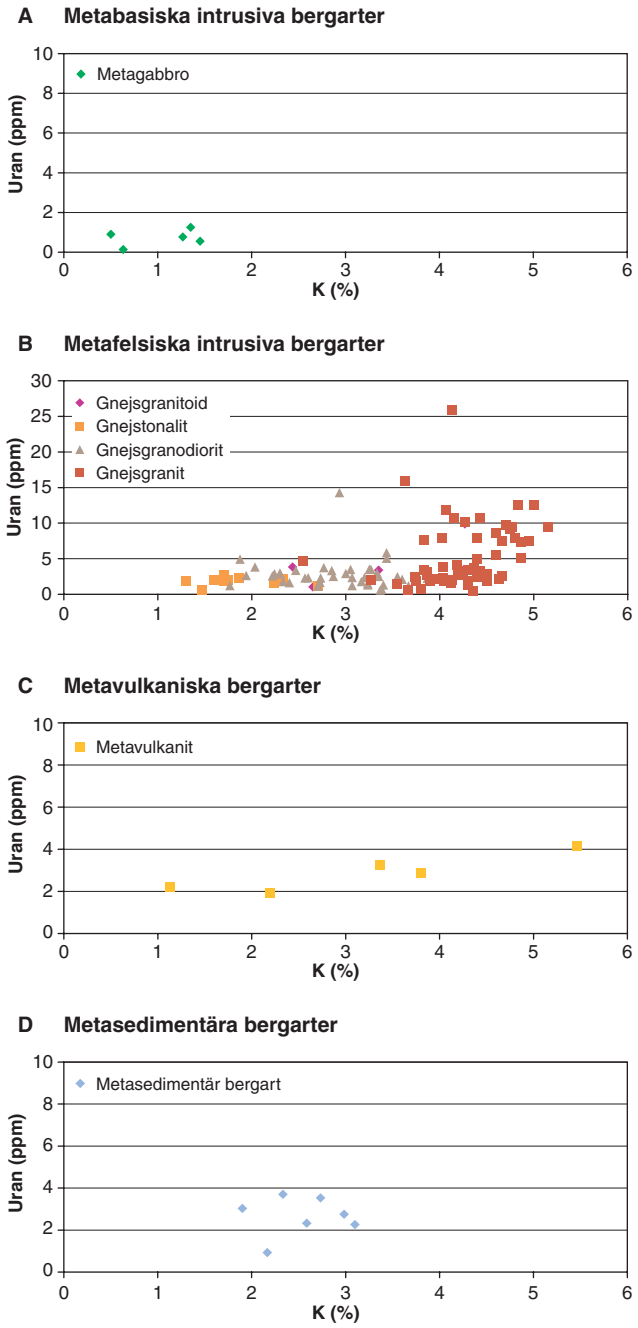


Fig. 9. Sammanställning av uran- och kaliumhalter för de fyra bergartsgrupperna inom det område där bergkvalitetsundersökningar genomförs. Metabasiska intrusiva bergarter (a), metafelsiska intrusiva bergarter (b), metavulkaniska bergarter (c) och metasedimentära bergarter (d).

Tabell 1. Högsta uppmätta RA-index och gammaindex inom Ale, Lilla Edets och Trollhättans kommuner.

Kommun	RA-index	Bergart	Gammaindex	Bergart
Ale	1,59	gnejsgranit (Ra-granit)	2,35	gnejsgranit (Ra-granit)
Lilla Edet	7,73	metapegmatit	5,67	metapegmatit
Trollhättan	1,36	metapegmatit	2,35	gnejsgranit (Ra-granit)

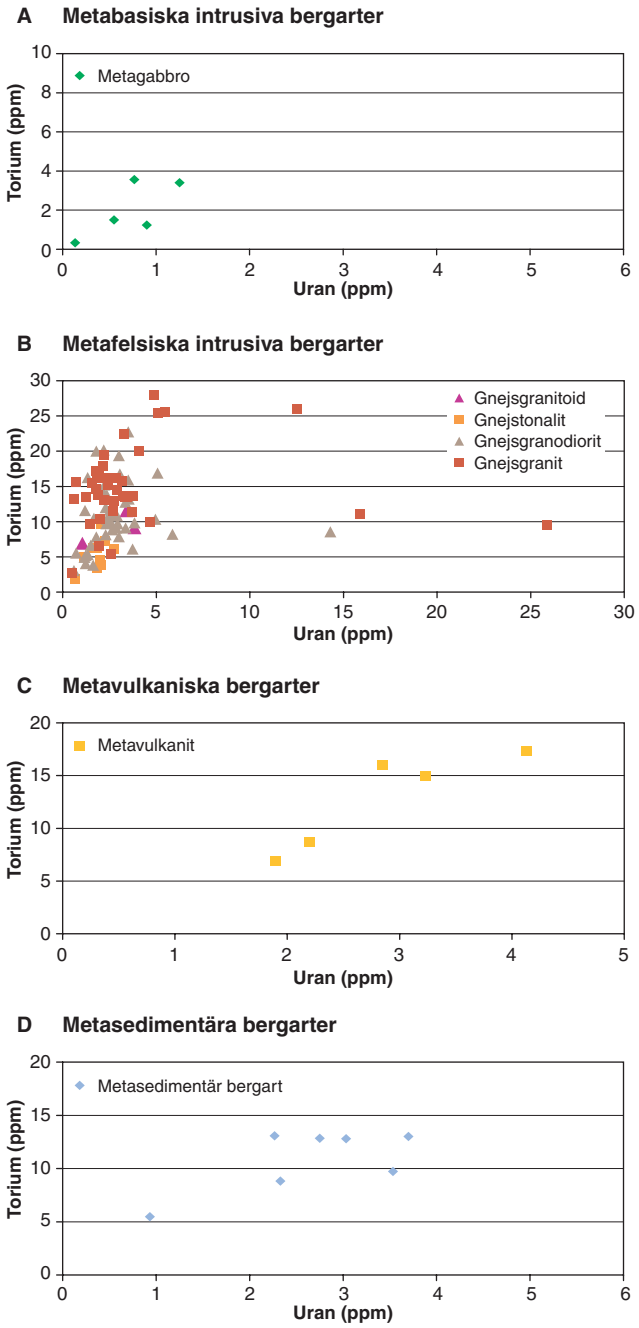


Fig. 10. Sammanställning av torium- och uranhalter för de fyra bergartsgrupperna inom det område där bergkvalitetsundersökningar genomförs. Metabasiska intrusiva bergarter (a), metafelsiska intrusiva bergarter (b), metavulkaniska bergarter (c) och metasedimentära bergarter (d).

Figur 10 a–d visar förhållandet mellan torium- och uranhalt för de fyra viktigaste bergartstyperna som finns i de undersökta kommunerna. Generellt är torium- och uranhalterna proportionella mot varandra utom i de metasedimentära bergarterna. De högsta uranhalterna påträffas i Ra-graniten som ingår i gruppen med gnejsgranit.

RMT-profilmätningar

Figur 11 visar resultaten av en tvådimensionell (2D) modellberäkning av RMT-data längs 5 profiler (profilernas lägen framgår av fig. 8) i undersökningsområdet. Resistivitetsmodellerna visar variationen av den beräknade resistiviteten, från ytan ned till 150 meters djup. Zoner med lägre resistivitet (markerade med svarta linjer i modellerna) kan tolkas som potentiella vattenförande sprickzoner (Antal Lundin m.fl. 2002).

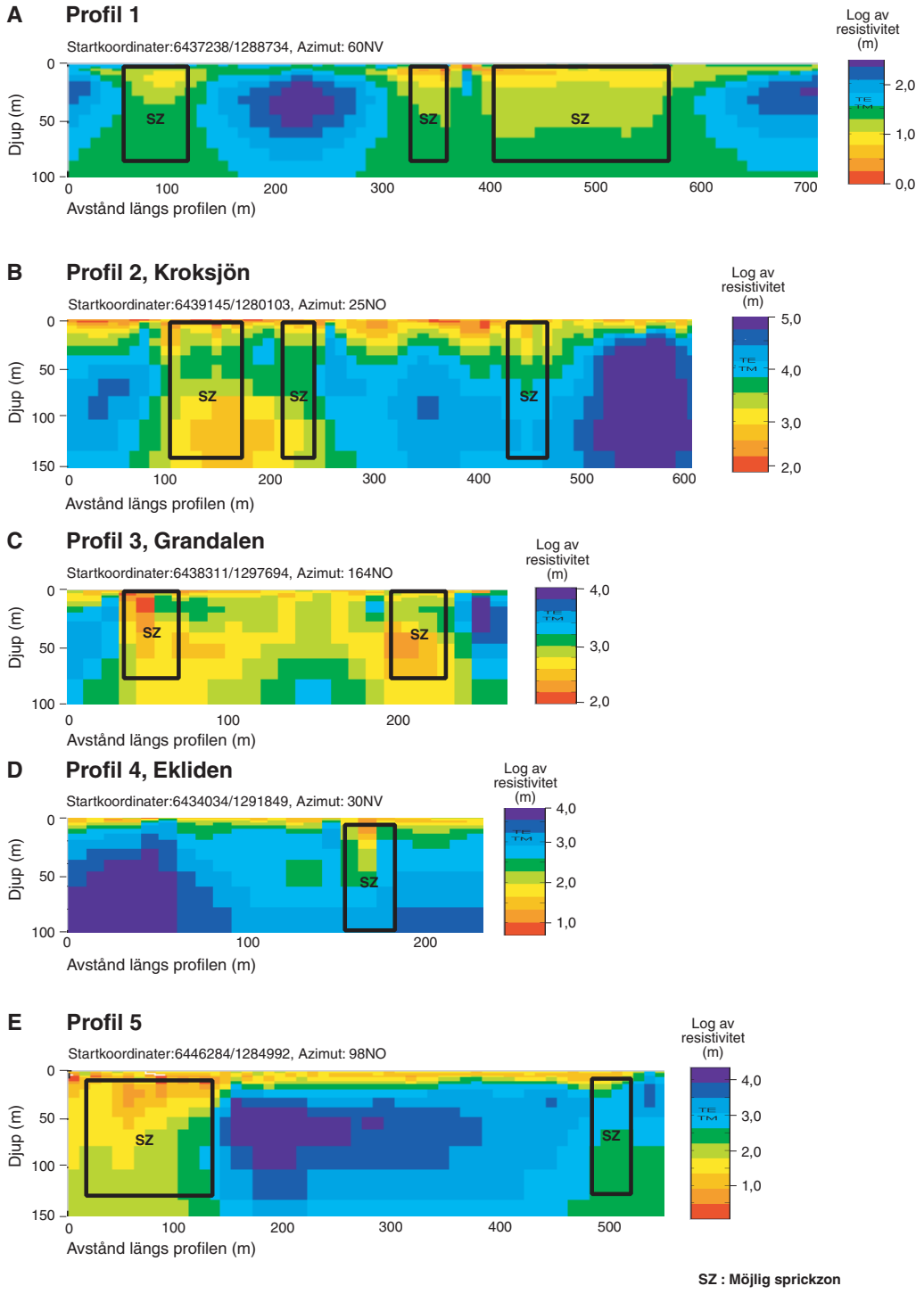


Fig. 11. Resistivitetsmodeller längs fem RMT-profiler i undersökningsområdet. Observera att färgskalorna för resistivitetmodellerna varierar.

REFERENSER

Antal, I., Bastani, M., Hallberg, A., & Juhojuntti, N., Kathol, B. & Thelander, T., 2002: Projekt Byske, Älvsbyn, Stensund, baskartering (BÄST). *I* H. Delin (red.): *Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2001. Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 110*, 39–51.

Bark, G., 2002: Seismic refraction across linear aeromagnetic anomalies. *Geovetarcentrum Göteborgs universitet Publ. B307*, 24 s.

Gorbatschev, R., 1987: Berggrundskartan 8B Vänersborg NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 156*.

Karlsson, V., 1870: Några ord till upplysning om bladet ”Degeberg”. *Sveriges geologiska undersökning Aa 38*, 19 s.

Karlsson, V. & Wahlqvist, A. H., 1870: Några ord till upplysning om bladet ”Rådanefors”. *Sveriges geologiska undersökning Aa 39*, 45 s.

Larsson, W., 1974: Beskrivning till kartbladet Levene. *Sveriges geologiska undersökning Aa 201*, 156 s.

Lindström, A., 1887: Beskrifning till kartbladet Venersborg. *Sveriges geologiska undersökning Ab 11*, 77 s.

Lundqvist, I., 1997: Beskrivning till berggrundskartan Vänersborg SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 160*, 104 s.

Persson, L., Eliasson, T., Göransson, M., Kero, L., Lundqvist, S. & Sträng, M., 2000: Bergkvalitetskartan över Göteborgs kommun. *Sveriges geologiska undersökning Ba 59 Bk*.

Samuelsson, L., 1978: Beskrivning till berggrundskartan Göteborg SO. S*veriges geologiska undersökning Af 117*, 85 s.

Samuelsson, L., 1985: Beskrivning till berggrundskartan Göteborg NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 136*, 101 s.

Samuelsson, L. & Åhäll, K.-I., 1985: Berggrundskartan 7A Marstrand NO/7B Göteborg NV. *Sveriges geologiska undersökning Af 146.*

Samuelsson, L. & Åhäll, K.-I., 1990: Berggrundskartan 8A Lysekil SO/8B Vänersborg SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 173*.

Sidenbladh, E., 1870: Några ord till upplysning om bladet ”Wenersborg”. *Sveriges geologiska undersökning Aa 40*, 111 s.

Sundevall, S.E., 2002: Regionala radonundersökningar Lilla Edets kommun. *SGU rapport 2002:35.*

Åhäll, K.-I. & Connelly, J.N., 1998: Intermittant 1.53–1.13 Ga magmatism in western Baltica; age constraints and correlations within a postulated supercontinent. *Precambrian Research 92*, 1–20.

E-post: inger.lundqvist@sgu.se lena.persson@sgu.se thomas.eliasson@sgu.se
mehrdad.bastani@sgu.se mattias.goransson@sgu.se

Projekt Västra Mälardalen

Ildikó Antal Lundin, Lisbeth Hildebrand och Lars Persson

INLEDNING

Tätortsprojektet Västra Mälardalen pågår under åren 2000–2003. För att täcka hela Mälardalsregionen inklusive Stockholm–Uppsala kommer nya projekt som täcker de östra delarna av Mälardalen att starta år 2003. Den maringeologiska delen av projektet omfattar redan nu hela Mälardalen. Följande geodiscipliner är involverade: berggrundsgeologi, bergkvalitet, maringeologi, geofysik (inklusive markmätning av radon), geokemi, hydrogeologi och jordartsgeologi.

Projektet omfattar kommunerna Västerås, Eskilstuna, Hallstahammar, Kungsör och Köping. Arbetena inleddes år 2000 med berggrundskartläggning och grundvattenundersökningar. Under 2001 och 2002 var aktiviteter rörande samtliga ämnesområden involverade. Information kan erhållas fortlöpande under SGUs webbsida.

BERGGRUNDSGEOLOGI

Under år 2000 igångsattes kartläggningsarbetet, dock i relativt blygsam skala, inom Västerås och Eskilstuna kommuner. I de fall där moderna berggrundskartor föreligger nyttjas dessa direkt för en ny sammanställning av berggrunden. Västerås kommun är färdigkarterad och databaserna levererade. Arbetena inom Eskilstuna kommun har varit omfattande under året och större delen av kommunen har nu undersökts. Det som återstår till år 2003 är kartering av öar samt revision. Den komplexa geologin med omfattande omvandling involverande nybildning av granit (migmatitisering) har ställt stora krav på samordning av fältarbetet. I samband med bergkvalitetsundersökningar inom kommunerna Hallstahammar, Köping och Kungsör har även en revision av befintliga berggrundskartor utförts. En preliminär berggrundskarta visas i figur 1. Inom projektområdet, främst i Eskilstuna kommun, har 46 bergartsprover undersökts med kemisk analys.

I fältarbetena har följande personer deltagit: Ildikó Antal Lundin, Mattias Göransson, Lisbeth Hildebrand, Lars Persson, Helge Reginiussen och Sam Sukotjo.

Eskilstuna kommun

Eskilstuna kommuns yta omfattar ca 1 250 km^2. Tidigare undersökningar av berggrunden har bl.a. utförts av Karlsson (1863), Erdmann (1864), Lundegårdh & Lundqvist (1954, 1959) och Gorbatschev (1969). En övervägande del av kommunen har kartlagts inom detta projekt, endast områden längst i nordväst (10G Eskilstuna NV), samt i nordost (10H Strängnäs NV) var karterade innan projektet startade. Berggrunden domineras främst av gnejsiga granitoider. Dessa är mer eller mindre kraftigt migmatitiserade med nybildning av granit som följd, så kallad migmatitgranit. I Mälaren går nämligen en markant geologisk gränszon och söder om denna gräns är bergarterna generellt sett mycket kraftigt migmatitiserade. Neosomen (den nybildade graniten) utgörs vanligen av en röd salisk, fin- till grovkornig (i många fall medelkornig) och ojämnkornig granit som på några ställen övergår i pegmatit. I neosomen ligger rester av metavulkaniter, glimmerstrimmor och sliror, finkorniga granitoider och gnejsiga graniter. Upplösningen av bergarterna är mer eller mindre omfattande. Mer omfattande är den t.ex. omedelbart söder om Mälaren, öster om Kvicksund samt i Albergaområdet. Områden med gnejsgraniter finns t.ex. i Eskilstunaområdet. Det förekommer områden med sedimentådergnejser i söder och sydväst, t.ex. söder om Hållsta och söder om Östra Hjälmaren. Dessa bergarter innehåller ställvis granat, cordierit och sillimanit. Tunna stråk av kalcitmarmor och metavulkanit förekommer i gnejserna. Metavulkaniterna är mer eller mindre kraftigt omvandlade och mindre områden med kalcitmarmor och associerade skarnhorisonter förekommer. Kroppar av migmatitgranit, yngre

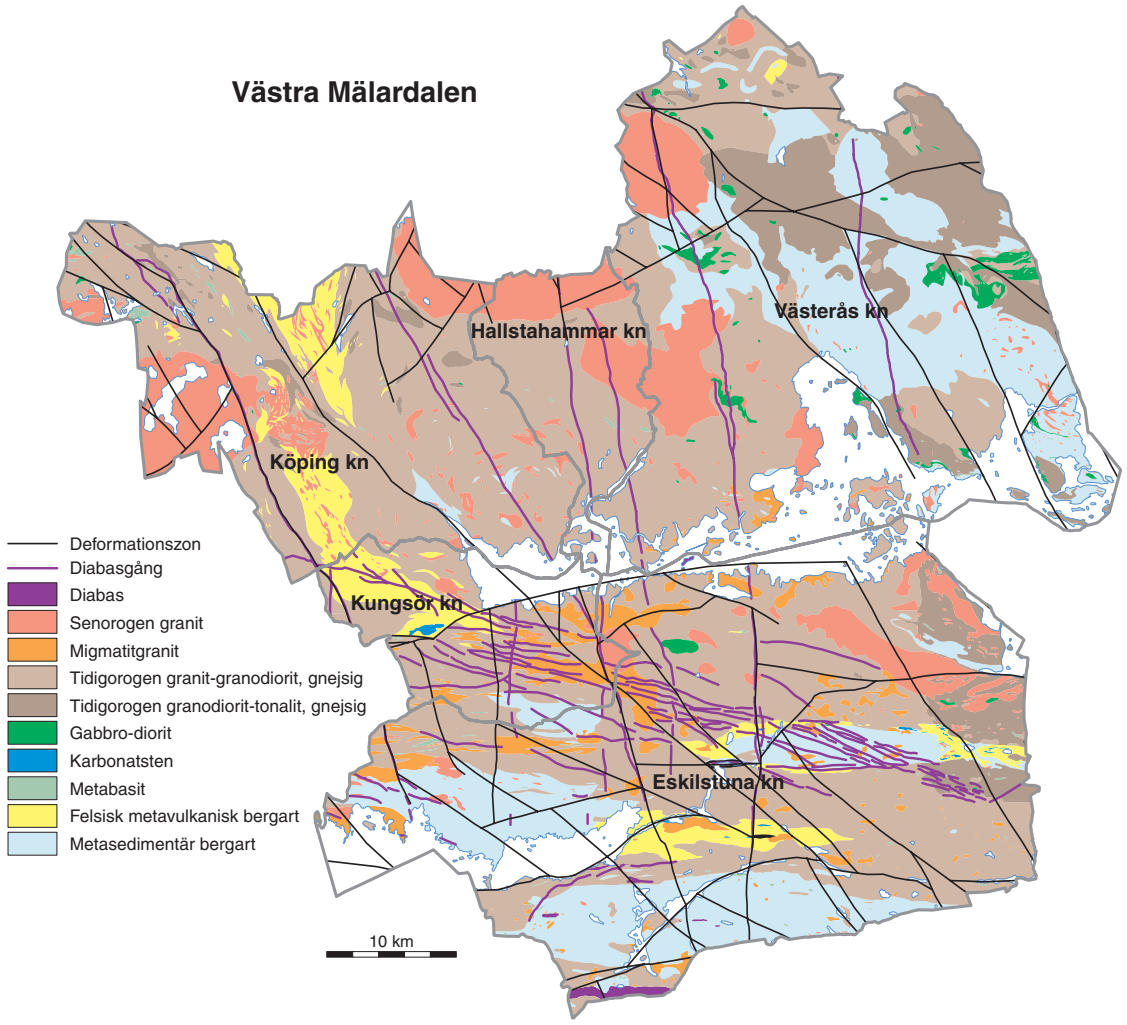


Fig. 1. Preliminär berggrundskarta över de kommuner som ingår i projektet Västra Mälardalen.

granit och pegmatit kan urskiljas. Diabasgångar, bl.a. tillhörande Hälleforsdiabassystemet med mestadels ost–västlig riktning förekommer, men även gångar i mer nordlig riktning. Området är präglat av en mycket stark deformation i ungefär ost–västlig riktning. Stråkvis är bergarterna kraftigt mylonitiserade, vilket gör en tolkning av deras ursprung svår. Även sprickor med denna riktning är vanliga och vattenföringen tycks också vara påtaglig (jfr fig. 5). Vackra kvartsbreccior förekommer i regionen (Lundegårdh & Lundqvist 1954, jfr Persson & Sträng 2000). Två åldersbestämningar av bergarter från trakten väster om Eskilstuna har utförts, dels av en granitpåverkad basisk djupbergart, dels av en röd, grovkornig, yngre granit. Bergarterna är ungefär likåldriga, dvs. något yngre än 1800 miljoner år. Ca 150 tunnslip från områdets bergarter har analyserats.

Övriga kommuner

I samband med bergkvalitetsundersökningarna har en viss revision av den geologiska kartbilden i Kungsörs, Hallstahammars och Köpings kommuner genomförts. Det finns egentligen ingen tid avsatt i projektet för att korrigera kartbilden på de befintliga, ”moderna” (1974–1984) berggrundskartorna, men en viss omtolkning av berggrunden har visat sig vara nödvändig. I Hallstahammars kommun förekommer främst djupbergarter och här har endast smärre korrigeringar utförts. Inom Kungsörs kommun har Lundegårdh (1974) urskiljt ett flertal stråk med metavulkaniter söder och sydost om

Kungsörs tätort. Ett flertal av dessa stråk, särskilt i norr, består av gnejsig granit samt migmatitgranit. Mängden migmatitgranit ökar mot söder, där i vissa fall också inslag av metavulkanit kan förekomma. Andelen migmatitgranit är så omfattande att grundfärgen för denna bergart (orangebrun) har markerats på berggrundskartan. Däremot har de stråk av sedimentådergnejs som Lundegårdh (1974) urskiljt i södra delen av kommunen behållits på kartan, trots att mängden migmatitgranit även här är mycket stor. Väster och nordväst om Kungsör, med fortsättning in i Köpings kommun, förekommer stråk av metavulkanit med inslag av metasedimentära bergarter. De senare är till största delen omtolkade till att vara omvandlade vulkaniska bergarter. Detta har skett i enlighet med de slutsatser som dragits i projekt Bergslagen (Stephens m.fl. 1999, 2000).

BERGKVALITET

Provtagningen är i princip slutförd inom hela Västra Mälardalsområdet. Bergkvalitetskartan över Västerås kommun är levererad, medan de över Hallstahammars och Kungsörs kommuner planeras för levererans i slutet av 2002. Det har befunnits vara svårt att utföra provtagning i de senare kommunerna på grund av terrängformerna. Vägskärningar och lokaler med sprängt berg är sparsamt förekommande. Provtagningen har i princip slutförts inom Eskilstuna kommun och endast revision återstår. Relativt många prover har tagits där för att täcka hela ytan. En översiktlig bergkvalitetsundersökning täckande stora delar av Eskilstuna kommun gjordes på uppdrag och levererades under år 2000 (Göransson 2000). De kraftiga omvandlingar av berggrunden som nämnts ovan kan ställvis bidra till en förhöjd bergkvalitet. Analysverksamhet och sammanställningar pågår för närvarande.

GEOFYSISKA UNDERSÖKNINGAR

Eskilstuna kommun är täckt med moderna magnetiska och radiometriska data. Elektromagnetiska (VLF-) data finns för ca 80 % av kommunens yta. VLF-data mätta med två sändare, vilket innebär att en riktningsoberoende respons erhålls, täcker dock endast kartområdet Eskilstuna NO.

De geofysiska fältarbetena inom Eskilstuna kommun började i liten skala under sommaren 2001 och fortsattes under 2002. Fältarbetet omfattade sammanlagt 14 veckor. Linda Ahlström har arbetat som extrageofysiker under 6 veckor. Arbetet har bestått av uppföljning i fält av anomalier på de flyggeofysiska kartorna (magnetiska, elektromagnetiska och gammastrålningskartor). Fältarbetet resulterade i 28 mätta markprofiler, varav 12 magnetiska och 16 VLF-profiler. Parameterprov har tagits från ca 120 lokaler för mätning av bergarternas fysikaliska egenskaper. Gammastrålningsmätningar på hällar har utförts på 138 lokaler. Bearbetning av insamlat material kommer att göras under vintern.

Inom ramen för markgeofysisk kartering har detaljerade tyngdkraftsmätningar utförts för att kartlägga utbredningen av en basisk djupbergart nordväst om Hällbybrunn.

Den magnetiska anomalikartan (fig. 2) uppvisar varierande magnetiseringsnivåer. De unga (ca 1 800 miljoner år) granitintrusionerna, som har sin huvudsakliga utbredning i norra delen av kommunen, har en tydlig geofysisk signatur på grund av sin i regel höga magnetiserbarhet (susceptibilitet mellan 10 och 17 000 x 10^{-5} SI-enheter, medelvärde 1 759 x 10^{-5} SI-enheter). De framträder tydligt på den magnetiska anomalikartan. Anomalimönstret är något oregelbundet eftersom graniterna genomskärs av spröda deformationszoner, och bergarten i dessa får en minskad grad av magnetisering beroende på oxidering av magnetit till hematit. De unga graniterna orsakar ett tyngdkraftsunderskott i norr (fig. 4) genom sina låga densitet (medelvärde 2 637 kg/m^3).

Två svärmar av tunna diabasgångar framträder i den magnetiska anomalikartan (fig. 2 och 3), en i ost–västlig riktning i södra delen av kartområdet och en i VNV-lig riktning i den mellersta delen av kartområdet. Hälleforsgången (ca 1500 miljoner år) längst söderut ger upphov till en ca 1 km bred högmagnetisk anomali med ost–västlig riktning (susceptibiliteten varierar mellan 200 och 9 000 x 10^{-5} SI-enheter, medelvärde 3 800 x 10^{-5} SI-enheter). Genom sin höga densitet (medeldensitet 3 023 kg/m^3) orsakar gången ett massöverskott som syns tydligt på tyngdkraftskartan (fig. 4). De

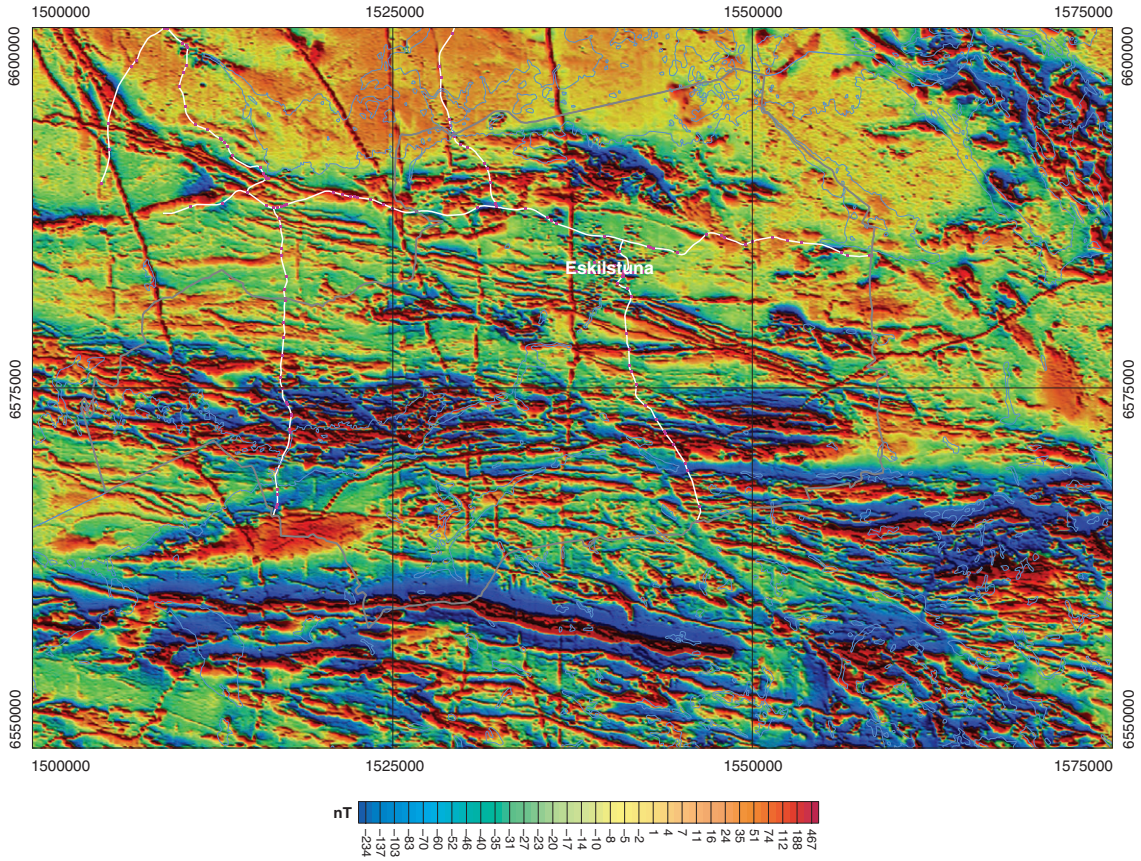


Fig. 2. Magnetisk anomalikarta över Eskilstuna kommun med omgivning.

nord–sydliga och NNV-liga smala, högmagnetiska anomalierna orsakas av de så kallade Blekinge–Daladiabaserna (ca 900 miljoner år). Enstaka anomalier i ONO-lig och ost–västlig riktning genomkorsar hela länet och orsakas av tunna brantstående diabasgångar. Diabaserna undersöktes med magnetometer och har uppskattningsvis en mäktighet av 5–50 meter. Tunnare gångar, en halv meter till två meter, har dock observerats i ett dagbrott söder om Eskilstuna. Orienterade prover visar att den remanenta magnetiseringens riktning är 40–80 grader.

De magnetiska anomalier som orsakas av diabaserna sammanfaller med VLF-anomalier (fig. 5), vilket antyder att diabaserna ger upphov till elektriska ledare. För att undersöka sambandet mellan VLF- och magnetfältsanomalierna utfördes ett antal kombinerade VLF- och magnetometermätningar på marken. Nedan diskuteras resultatet från tre mätprofiler, profilerna P1, P2 och P8 (se fig. 6 a för profillägen). I figurerna 6 b–c och 6 f–g visas markprofilerna P1 och P8 samt en tolkning av VLF-data. Profilen P1 är mätt över en ost–västlig anomali och P8 är över en nord–sydlig. I profil P1 finns två magnetiska anomalier som indikerar diabasgångar. Tolkningen av VLF-data från profilerna P1 och P8 ger i princip samma resultat som flygmätningen, dvs. de elektriskt ledande strukturerna verkar sammanfalla med magnetiska anomalier orsakade av diabaser. Bergarten diabas har generellt mycket hög resistivitet (Schön 1995), dvs. dålig ledningsförmåga. VLF-anomalierna är därför troligtvis orsakade av en ökad spricktäthet och därmed ökad vattenföring i kontakten mellan diabas och omgivande bergart. Att anomalierna skenbart verkar sammanfalla kan bero på upplösningen i data (10 m punktavstånd för VLF). Gångarnas stupning kan också utgöra en del av förklaringen till det oväntade resultatet.

Tidigare undersökningar har visat att det förekommer grundvatten i kontakten mellan diabas och omgivande bergart. VLF-metoden har använts bl.a. i Afrika för att hitta vatten i kontakten mellan diabaser och omgivande bergarter. Kunskap om var vattenföring i berg kan förväntas är ovärderlig vid tunnel- och vägbyggen samt vid underjordsbyggen, då vattenföringen kan förorsaka problem

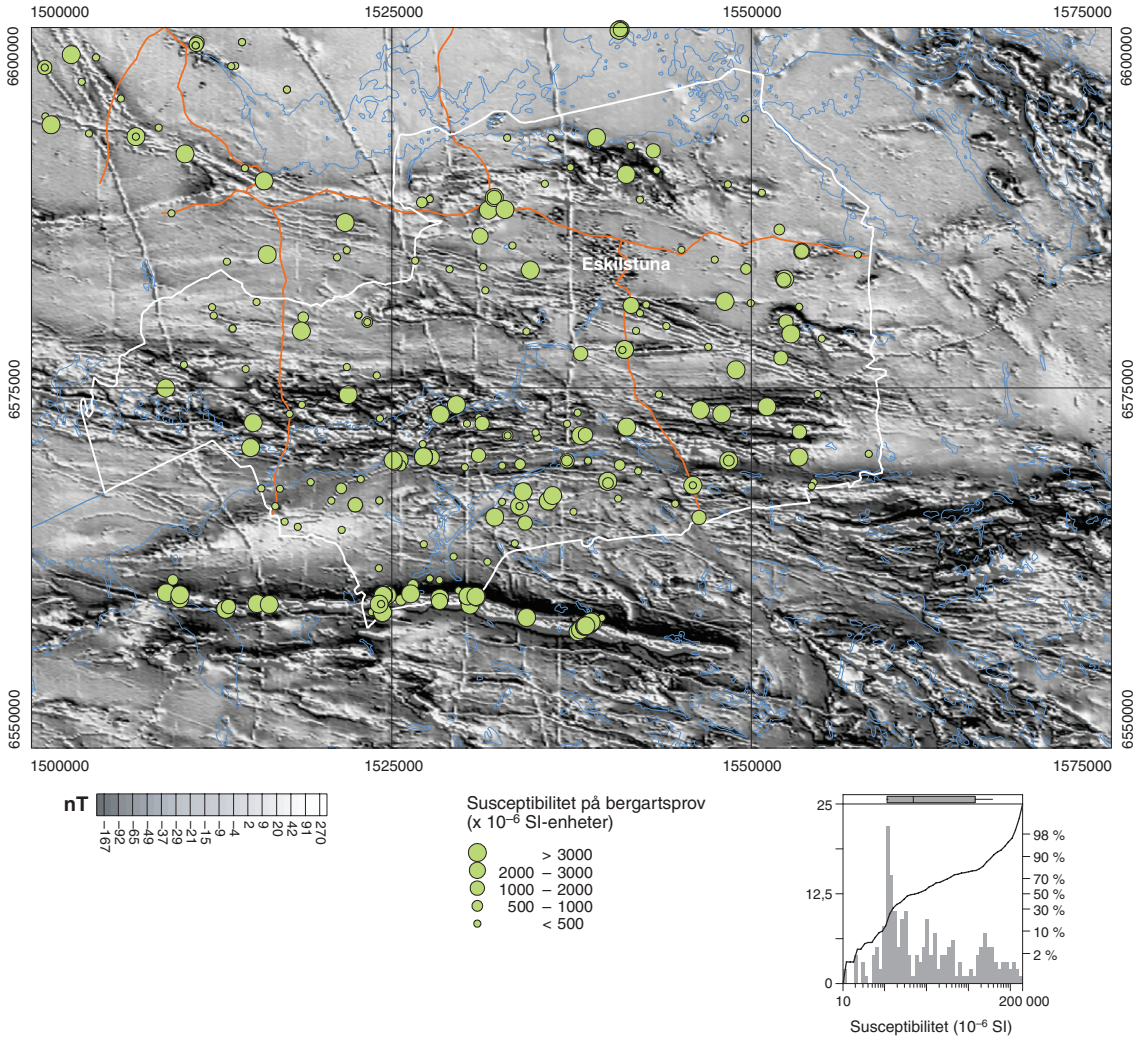


Fig. 3. Magnetisk anomalikarta över Eskilstuna kommun med omgivning. Symbolerna visar susceptibilitetsvärden för de insamlade bergartsproven.

under byggandet. Information om diabasernas läge har efterfrågats i samband med byggandet av Botniabanan av ovannämnda anledning. Profil P2 (fig. 6 d–e) visar på tre smala diabasgångar, där den elektriska ledaren hamnar mellan två magnetiska anomalier vid 180 meter.

Diabasgångarna bidrar, tillsammans med de frekvent förekommande amfiboliterna, till tyngdkraftsöverskottet öster om Eskilstuna samt ett i kommunens södra del (fig. 4). Någon beräkning av tyngdkraftsfältet för att utröna bergarternas djupförhållanden har inte gjorts ännu, men det förefaller vara mycket sannolikt att förekomsten av basiskt material är större på djupet än vad vi kan observera på ytan.

Ett högmagnetiskt anomalibälte sträcker sig i ost–västlig riktning söder om Eskilstuna. De magnetitförande bergarter som ger upphov till anomalierna är vanligen starkt deformerade och har ost–västlig strykning. I berggrundskartan tolkas de som gnejsiga graniter i öster, metavulkaniter mellan Näshultasjön och Hjälmaren och som sedimentådergnejser i väster. Susceptibiliteten för dessa bergarter varierar kraftigt i olika band, från 30 upp till 10 000 x 10^{-5} SI-enheter. Variationen uppstår på grund av bergarternas bandning i cm-skala. Punktvis har även de talrika amfiboliterna höga susceptibilitetsvärden, mellan 1 000 och 20 000 x 10^{-5} SI-enheter, och kan ge upphov till positiva magnetiska anomalier. En analys av petrofysiska data visar dock ett medianvärde på 85 x 10^{-5} SI-enheter, vilket är relativt lågt. I norra delen av kartområdet, strax söder om Eskilstuna, framträder två smala parallella, högmagnetiska anomalier på den flygmagnetiska kartan. De orsakas av magnetkisens höga remanenta

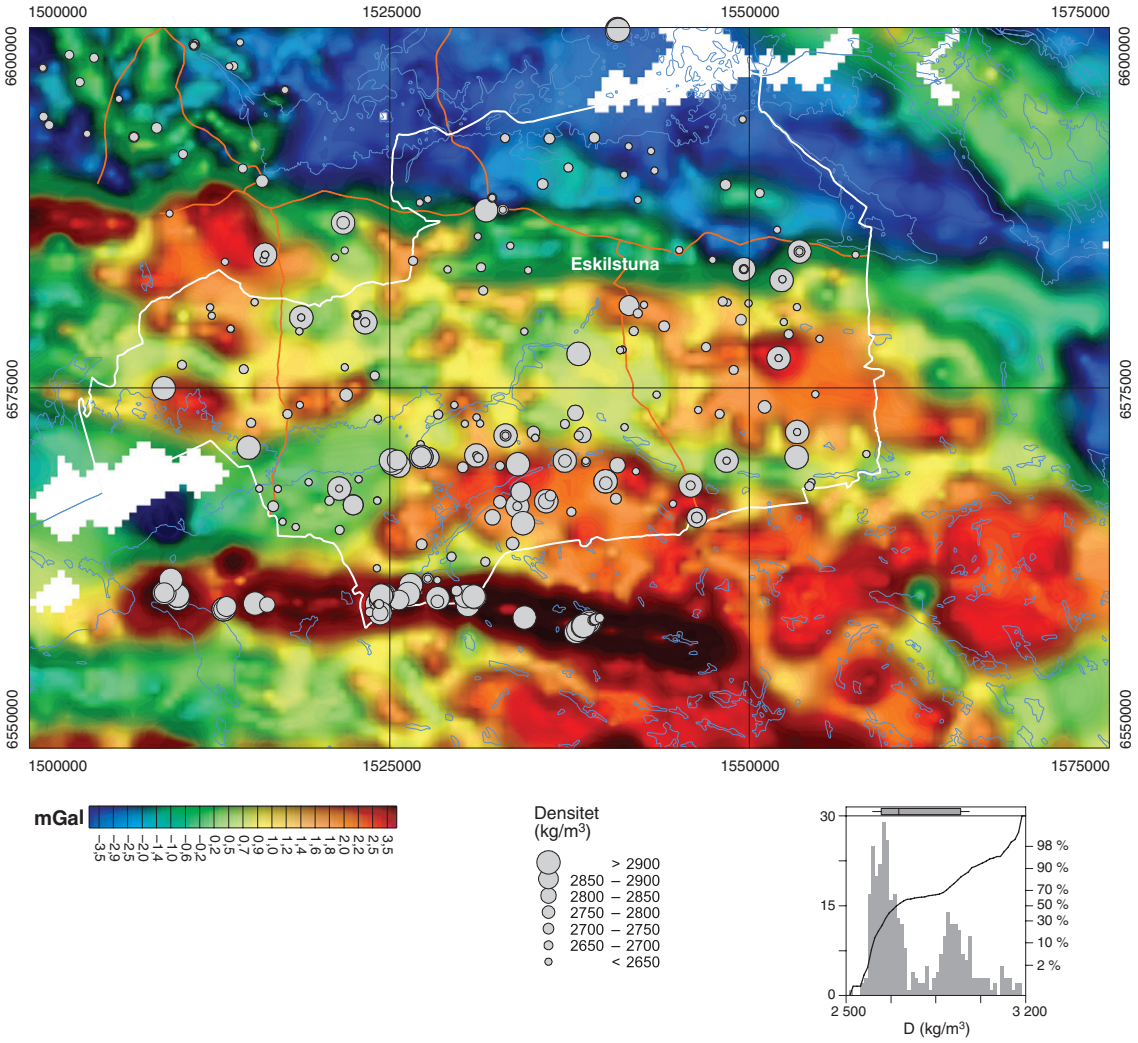


Fig. 4. Tyngdkraftskarta över Eskilstuna kommun med omgivning. Kartan visar residualfältet, vilket ger en indikation om massfördelningen i jordskorpans ca 5 översta kilometer. Symbolerna visar densitetsvärden för de insamlade bergartsproven.

magnetisering (Q-kvot=44) i kombination med förhöjd susceptibilitet, 600 x 10^{-5} SI-enheter. På den magnetiska anomalikartan (fig. 2) framträder även några markanta nordvästligt strykande, lågmagnetiska anomalier förorsakade av spröda deformationszoner. Dislokationerna i det magnetiska anomalimönstret indikerar genomgående en högervriden (dextral) rörelse i området. Ställvis kan deras bredd uppgå till 400 meter. Tyvärr syns inte dessa zoner i VLF-data då deras riktning är ofördelaktig i förhållande till sändaren.

Tyngdkraftskartan (fig. 4) visar ett regionalt massöverskott över de södra delarna av Mälardalsområdet och ett regionalt underskott i norr. Orsakerna till det regionala tyngdkraftsunderskottet har undersökts och dokumenterats av Zuber (1986) och Öhlander & Zuber (1988). Den metamorfa gradienten tycks sammanfalla med den regionala tyngdkraftsgradienten. I sydöstra delen av kartområdet löper en tydlig negativ tyngdkraftsanomali i VNV-lig riktning och den sammanfaller med en ca 1 km bred lågmagnetisk anomali. Hällfrekvensen där är låg men på två lokaler har graniter med låga densitetsvärden påträffats (2 640 resp. 2 600 kg/m^3). På den ena lokalen har vi även observerat en amfibolit med en densitet på 3 030 kg/m^3. Anomalierna kan eventuellt kopplas till en tydlig deformationszon med samma riktning som anomalin, men för att fastställa orsaken till den behövs modellberäkning. Det stora tyngdkraftsunderskottet i sydväst, söder om Hjälmaren, orsakas av bergarter med genomgående låga densitetsvärden (2610–2665 kg/m^3). I samma område framträder en ovalformad hög-

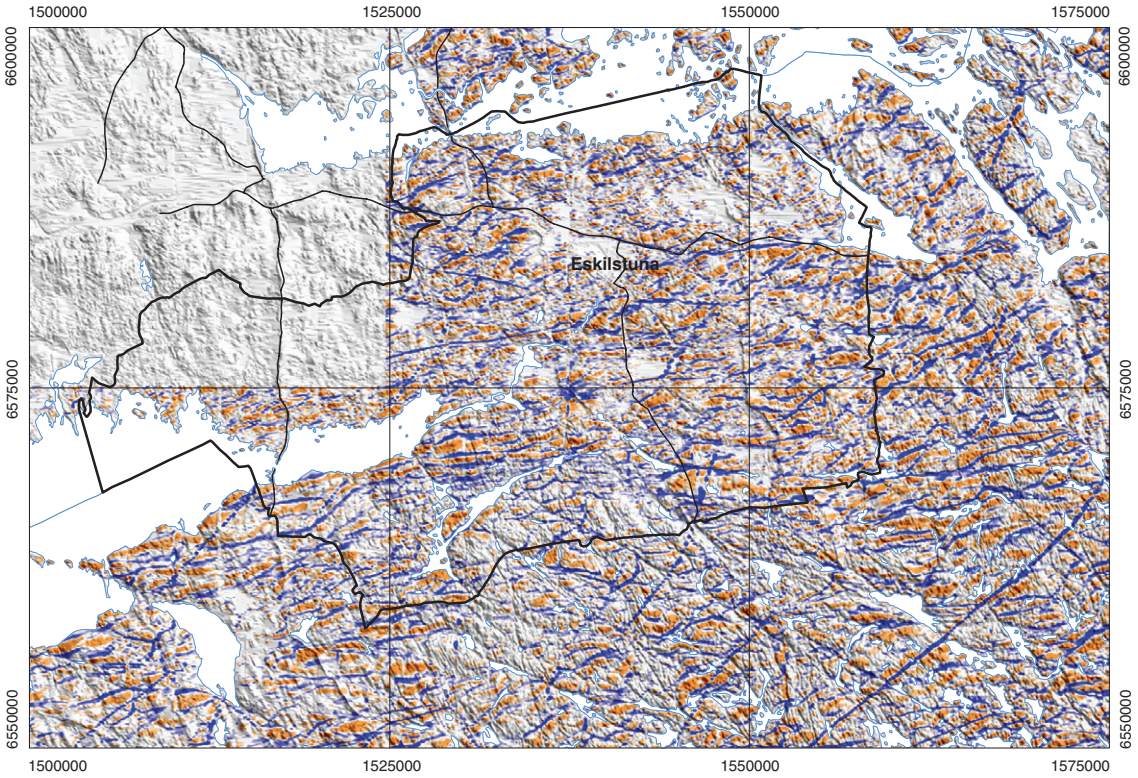


Fig. 5. Elektromagnetisk karta över Eskilstuna kommun. Kartan visar VLF-fältet uppmätt med en sändare. Blå färg indikerar elektriska ledare.

magnetisk anomali på den magnetiska anomalikartan (fig. 2). Orsaken till anomalin måste finnas djupare ner i jordskorpan eftersom både de gnejsiga graniterna och sedimentådergnejserna i området har låga susceptibiliteter, mellan 0 och 30 x 10^{-5} SI-enheter. Tyngdkraftsdata indikerar att anomalin orsakas av en felsisk intrusivbergart med låg densitet.

Figur 7 visar gammaindex beräknat från flygdata. De förhöjda värdena i flygdata från norra delen av länet tycks sammanfalla med utbredningen av postglaciala och glaciala leror. I samma figur visas gammaindex i proportionerlig storlek beräknat från markmätningar på hällar. Enligt rekommendationer från de nordiska ländernas strålskyddsinstitut bör gammaindex för byggnadsmaterial vara mindre än 2 (The Radiation Protection Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden 2000). I tio procent av alla hällmätningar i området är gammaindex större än 2 (fig. 8). Torium ger det största bidraget till gammaindex. Hällmätningarna visar även att de yngre graniterna i regel är toriumanomala. Toriumhalten varierar i dem mellan 20 och 80 ppm, med ett medelvärde på 29 ppm och en median på 22 ppm. Uranhalten varierar mellan 4 och 124 ppm, medianvärdet är 4,6 ppm och medelvärdet 8,4 ppm. Pegmatitgraniterna och neosomen, som är vanligt förekommande över hela kartområdet, uppvisar mycket varierande gammastrålningsegenskaper. Punktvisa höga uranhalter påträffades t.ex. utanför Sundbyholm (138 ppm), sydväst om Borsökna (28,7 ppm), söder om Kjula (27 ppm) samt i kommunens sydligaste spets vid Hundsjön där neosomen har en maximal uranhalt på 65 ppm. En uranhalt på 138 ppm motsvarar ett radiumindex på 8,5 vilket är 8,5 ggr högre än det maximalt tillåtna värdet för byggnadsmaterial. Sammanställningen av gammastrålningsdata kommer att göras under vintern.

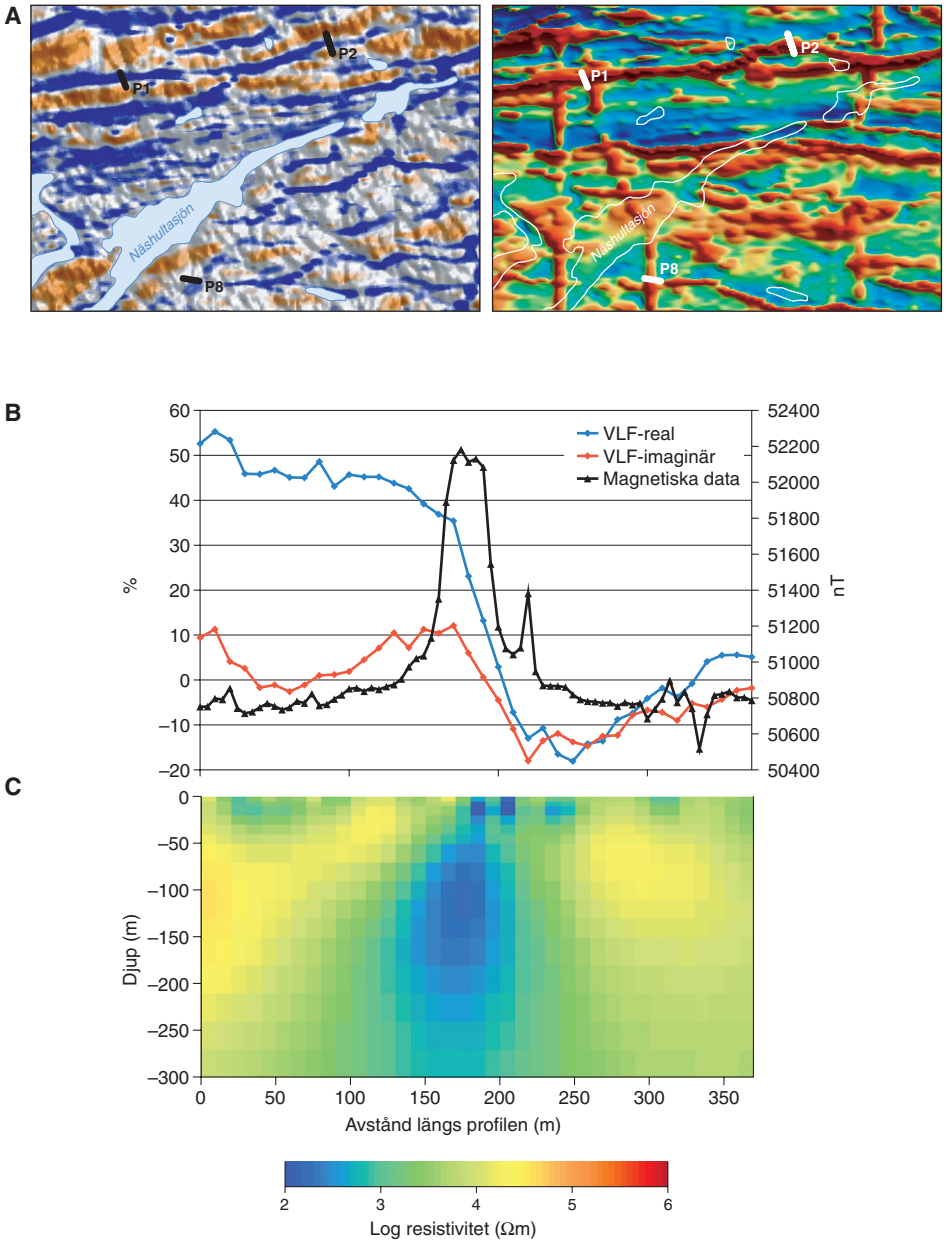
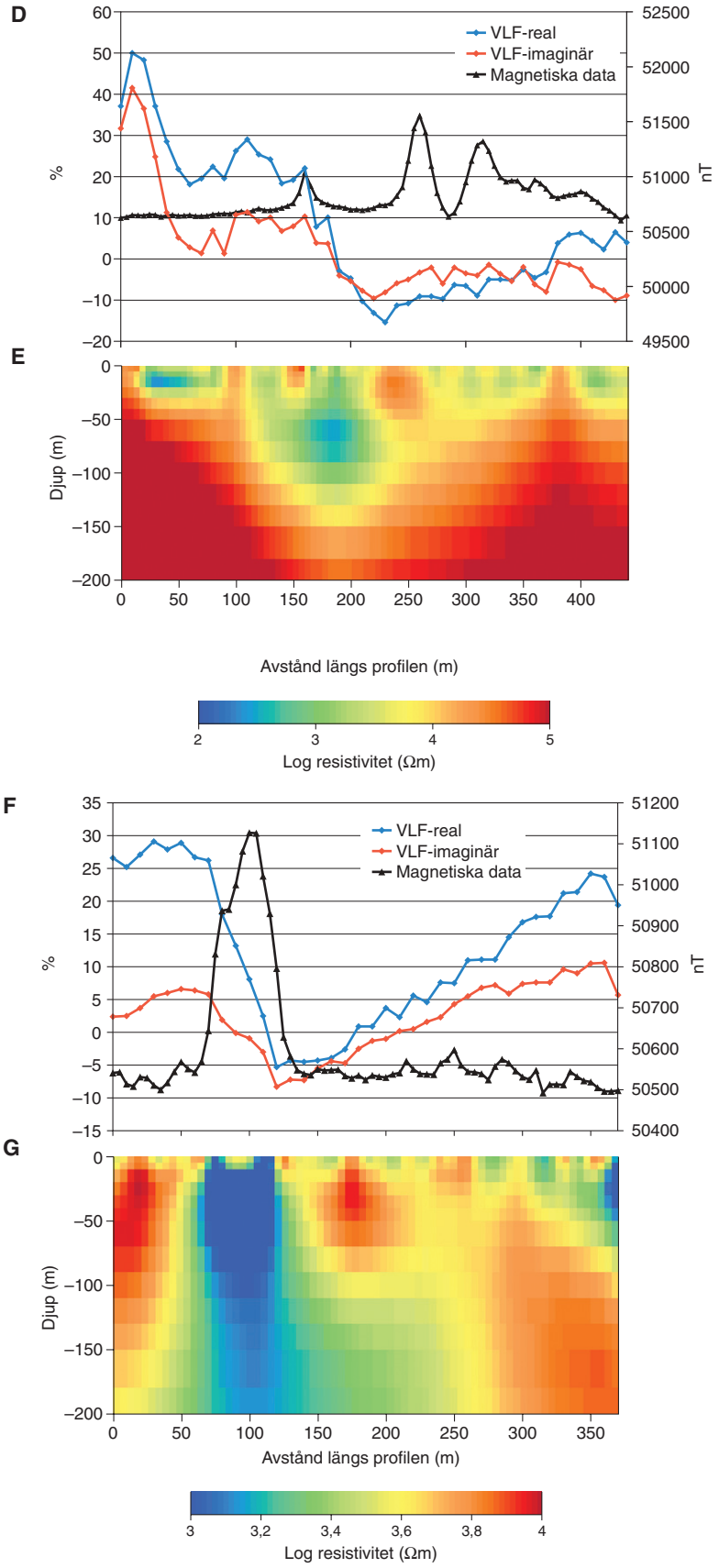


Fig. 6.
A) Magnetisk karta och VLF-karta med markprofilernas (P1, P2 och P8) lägen.
B) Magnetfälts- och VLF-data för profil P1. Den magnetiska anomalin sammanfaller med VLF-anomalin, som indikerar god elektrisk ledare i marken.
C) Skenbar resistivitet beräknad från VLF-data för profil P1. Blå färg indikerar låg resistivitet. Skalan är logaritmisk, enheten är Wm.
D) Magnetfälts- och VLF-data för profil P2. Markprofilen indikerar tre smala diabasgångar. VLF-anomalin som indikerar en god elektrisk ledare ligger vid sidan om de magnetiska anomalierna som indikerar diabasgångar.
E) Skenbar resistivitet beräknad från VLF-data för profil P2. Blå färg indikerar låg resistivitet. Skalan är logaritmisk, enheten är Wm.
F) Magnetiska data och VLF-profildata P8. Den magnetiska anomalin sammanfaller med VLF-anomalin som indikerar goda elektriska ledare i marken.
G) Skenbar resistivitet beräknad från VLF-data för profil P8. Blå färg indikerar låg resistivitet. Skalan är logaritmisk, enheten är Wm.


D
VLF-real
VLF-imaginär
Magnetiska data
%
nT
E
Djup (m)
Avstånd längs profilen (m)
Log resistivitet (Ωm)
F
VLF-real
VLF-imaginär
Magnetiska data
%
nT
G
Djup (m)
Avstånd längs profilen (m)
Log resistivitet (Ωm)

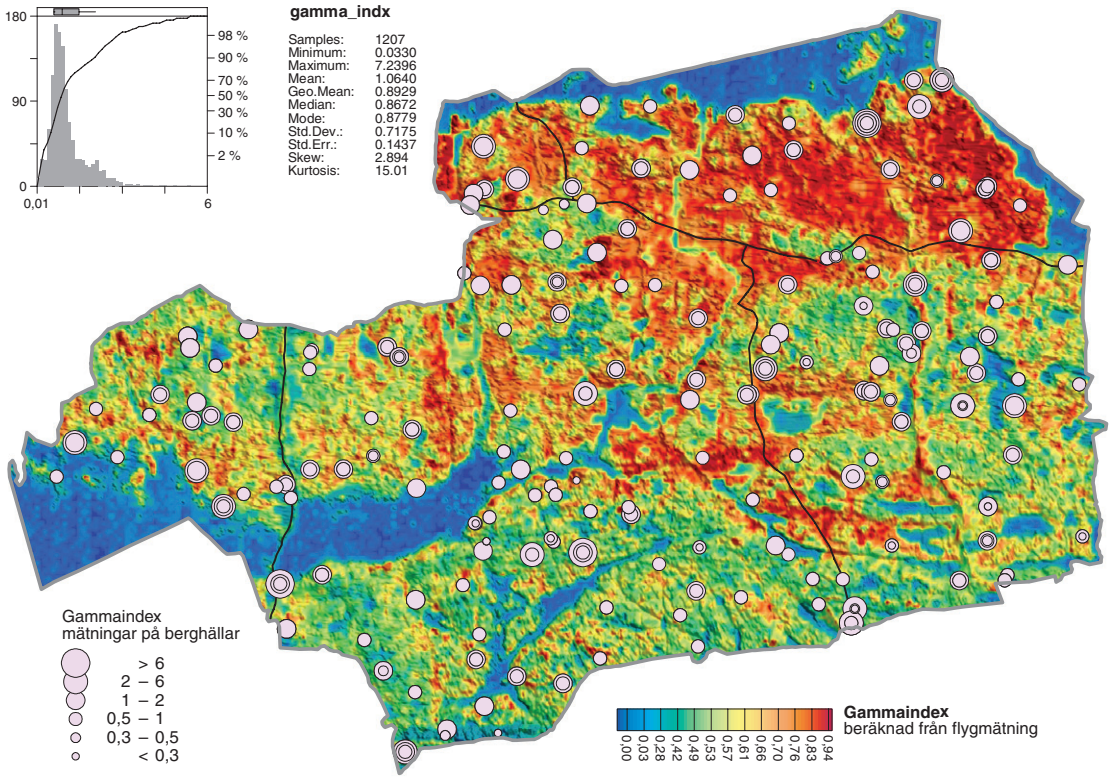


Fig. 7. Gammaindexkarta beräknad från flygdata över Eskilstuna kommun. Symbolerna visar gammaindex beräknad från mätningar på hällar.

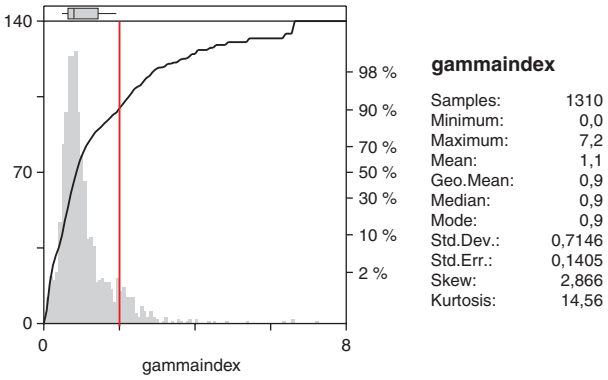


Fig. 8. Statistisk sammanställning över gammaindexvärdena beräknade från alla mätningar på hällar. Tio procent av mätvärdena överstiger gammaindex 2.

REFERENSER

Erdmann, A., 1864: Några ord till upplysning om bladet ”Hellefors”. *Sveriges geologiska undersökning Aa 12*, 42 s.

Gorbatschev, R., 1969: A study of Svecofennian supracrustal rocks in central Sweden: Lithological association, stratigraphy, and petrology in the northwestern part of the Mälaren–Hjälmaren basin. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 91*, 479–535.

Göransson, M., 2000: Krossbergsinventering i Eskilstuna kommun. Opubl. Uppdragsrapport. *Sveriges geologiska undersökning 2000-04-06*.

Karlsson, V., 1863: Några ord till upplysning om bladet ”Eskilstuna”. *Sveriges geologiska undersökning Aa 11*, 38 s.

Lundegårdh, P.H., 1974: Beskrivning till berggrundskartan Eskilstuna NV. *Sveriges geologiska undersökning Af 111*, 75 s.

Lundegårdh, P.H. & Lundqvist, G., 1954: Beskrivning till kartbladet Västerås. *Sveriges geologiska undersökning Aa 196*, 75 s.

Lundegårdh, P.H. & Lundqvist, G., 1959: Beskrivning till kartbladet Eskilstuna. *Sveriges geologiska undersökning Aa 200*, 125 s.

Persson, L. & Sträng, M., 2000: Projekt Västra Mälardalen. *I* H. Delin (red.): *Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2000. Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 105*, 60–62.

Schön, J.T., 1995: Physical Properties of rocks: Fundamentals and principles of petrophysics. *I* K. Helbig, and S. Treitel (red.): *Handbook of Geophysical Exploration, Section 1: Seismic exploration Pergamon Press*, 583 s.

Stephens, M.B., Ahl, M., Bergman, T., Lundström, I., Persson, L., Ripa, M. & Wahlgren, C-H., 1999: Syntes av berggrundsgeologisk och geofysisk information, Bergslagen och omgivande områden. *I* H. Delin (red.): *Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 1999. Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 102*, 78–97.

Stephens, M.B., Ahl, M., Bergman, T., Lundström, I., Persson, L., Ripa, M. & Wahlgren, C.-H., 2000: Syntes av berggrundsgeologisk och geofysisk information, Bergslagen och omgivande områden. *I* H. Delin (red.): *Regional berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående undersökningar 2000. Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 105*, 63–74.

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*.

Zuber, J., 1986: Geological interpretation of gravity and aeromagnetic surveys over the Fellingsbro–Blixterboda granite. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 107*, 203–213.

Öhlander, B. & Zuber, J., 1988: Genesis of the Fellingsbro-type granite: evidence from gravity measurements and geochemistry. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 110*, 39–54.

E-post: ildiko.antal@sgu.se lisbeth.hildebrand@sgu.se lars.persson@sgu.se

REGIONALA KARTOR 1:250 000

Projekt Småland regionalt berg

Nils-Gunnar Wik, Ulf Bergström, Dick Claeson, Niklas Juhojuntti, Leif Kero, Lena Lundqvist, Jesper Petersson, Sam Sukotjo, Mats Wedmark och Hugo Wikman

INLEDNING

Projekt ”Småland regionalt berg” omfattar sammanställning av äldre material samt insamling av ny berggrundsgeologisk och geofysisk information. En översiktlig, regional databas med presentationsskalan 1:250 000 skapas. Projektet berör Kalmar, Kronobergs och Jönköpings län samt de södra delarna av Östergötlands län (fig. 1). Arbetena började år 2000 och planerade länskartor med beskrivningar av berggrunden färdigställs i följande ordning: Kalmar, Jönköpings och Kronobergs län. Projektet avslutas år 2005 och har tidigare presenterats i Wik m.fl. (2001) och Bergström m.fl. (2002).

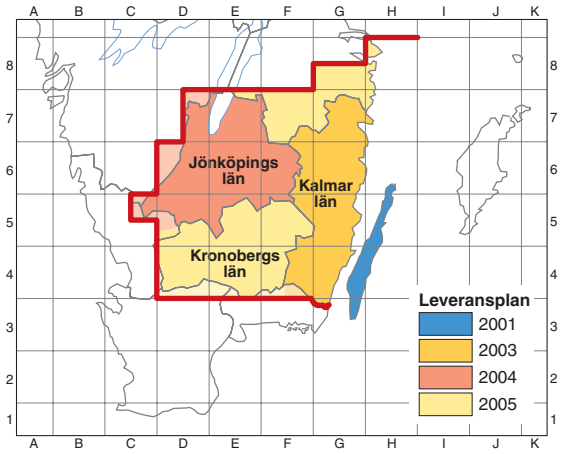


Fig. 1. Karteringsplan för ”Småland regionalt berg”.

Under 2002 har följande personer deltagit i arbetet: Projektledare Nils-Gunnar Wik (NGW), geologerna Ulf Bergström (UB), Lena Lundqvist (LL), Sam Sukotjo (SS) och Hugo Wikman (HW), geofysikerna Leif Kero (LK), Niklas Juhojuntti (NJ) och Mats Wedmark samt som projektanställda, Dick Claeson (DC) och Jesper Petersson (JP).

Det geologiska bakgrundsmaterialet omfattar äldre geologiskt kartmaterial samt övrig dokumentation framtagen vid SGU och även forskningsarbeten och rapporter från ett flertal universitet. Dessutom har stora mängder information i form av rapporter från SKBs arbeten i trakten runt Oskarshamn och Hultsfred funnits tillgänglig.

Inom projektet kompletteras och revideras befintlig information och dessutom tas representativa bergartsprover med avseende på mineralogi och geokemi. Ett fåtal ”kritiska” bergarter väljs ut för åldersbestämning. Observationspunkter för fältbesök väljs med utgångspunkt från äldre kartmaterial, tillgängligt vägnät, blottningsgrad samt geologisk komplexitet. Detta medför att antalet besökta hällar i respektive kartområde varierar.

Det geofysiska underlagsmaterialet utgörs i första hand av data från flygmätning av magnetfält och gammastrålning. Flyghöjden är normalt 60 m för den nyare typen av mätning, för den äldre användes en flyghöjd av 30 m. Elektromagnetisk flygmätning (VLF-mätning) har gjorts över hela undersökningsområdet. Inom vissa delar av området finns endast data från äldre mätningar, då man endast har använt en sändare.

Sammanställningsarbetet med berggrundskartan över Kalmar län pågår och en digital version med kortfattad beskrivning kommer att finnas tillgänglig under våren 2003. Årets insamlade information från karteringen i Jönköpings län bearbetas under vintern 2002/2003, varefter en preliminär karta färdigställs. Berggrundskartan över Jönköpings län beräknas vara färdig vid slutet av 2004.

GEOLOGISK ÖVERSIKT

Kalmar län

De äldsta bergarterna återfinns i den nordöstra delen av Kalmar län. En deformationszon, Loftahammar–Linköpingszonen (LLDZ) separerar två tektoniska enheter. Valdemarsviksområdets kraftigt deformerade och omvandlade vulkaniska och intrusiva bergarter ligger nordost om zonen och Västerviksområdets metasedimentära bergarter på den sydvästra sidan. Deformationszonen är flera kilometer bred, stryker ungefär i nordvästlig riktning och innehåller både spröd och plastisk deformation. Både de vulkaniska och de sedimentära bergarterna har påverkats av en tidigare deformationsfas D1, som överpräglas av deformationszonens fas D2 (Bergström m.fl. 2002).

Längs zonen uppträder granitiska bergarter tillhörande den s.k. Loftahammarsviten. De har ett visst släktskap med de ca 1 850 miljoner år gamla bergarterna i Finspång–Askersundsområdet (Persson & Wikström 1993). De ovannämnda graniterna har inte påverkats av de äldre bergarternas D1-deformation.

Berggrunden i Kalmar län består till övervägande del av bergarter som hör till det ”Transskandinaviska magmatiska bältet (TMB)”, vilket sträcker sig från Blekinge i söder till Lofoten i norra Norge. Åldern på djupbergarterna inom TMB ligger mellan 1 850 och 1 650 miljoner år. I Kalmar län förekommer främst bergarter som har en ålder av ca 1 800 miljoner år. I den västra delen av länet är dessa bergarter opåverkade av deformation, men i kontakt med de äldre bergarterna i norra Kalmar län uppträder deformerade TMB-bergarter, beroende på närheten till större regionala deformationszoner. TMB domineras främst av olika typer av djupbergarter som varierar i sammansättning från gabbro, diorit och monzodiorit till granit-alkaligranit, monzogranit och monzonit. I allmänhet sura ytbergarter av vulkaniskt ursprung uppträder i ett antal bälten med vanligen ONO-lig riktning. Gradvisa övergångar mellan djup- och ytbergarter förekommer. Gångbergarter, antingen gångporfyr och/eller omvandlad diabas (uralitdiabas), har intruderat i de äldre bergarterna för ca 1 780 miljoner år sedan (Nilsson & Wikman 1997).

I ett område som sträcker sig västerut från Oskarshamn, det s.k. OJB-bältet (se nedan, Jönköpings län) förekommer bergarter som har en mer kalkalkalin geokemisk karaktär. Radiometriska dateringar har visat att dessa granitoider har en ålder som ligger mellan 1 800 och 1 835 miljoner år (Bergström m.fl. 2002, Mansfeld 1996). OJB-bältets bergarter uppvisar en ökande grad av deformation gentemot omgivande TMB-bergarter och sammanfaller med en kraftig gravimetrisk gradient. Deformationszonerna i bältet är övervägande plastiska men även spröd deformation förekommer. Rörelseindikatorerna pekar på en vänstervriden (sinistral) rörelse och en vertikalkomponent som visar att södra sidan rört sig uppåt.

Yngre djupbergarter med en ålder av ca 1 450 miljoner år, den s.k. Götemarsviten, förekommer främst i delar av kartområdet 6G Vimmerby SO/6H Kråkelund SV. I den sydligaste delen av Kalmar län finns bergarter som tillhör Karlshamnsgranitgruppen och är ungefär likåldriga med Götemarsviten.

Enstaka diabasgångar med ungefär nord–sydlig strykning har påträffats. De är betydligt yngre än uralitdiabaserna och hör sannolikt ihop med Blekinge–Daladiabaserna vars ålder är ca 930 miljoner år.

Paleozoiska bergarter förekommer på Öland och längs kusten från Oskarshamntrakten och söderut (Bruun m.fl. 1991). Kambrium representeras på fastlandet och öarna utanför av underkambrisk sandsten, vars understa del består av ett tunt konglomerat som uppåt övergår i en rödrandig sandsten. På Öland finns främst kambriska och ordoviciska kalkstenar och skiffrar.

I södra delen av sjön Hummeln, nordväst om Oskarshamn (6G Vimmerby SV), finns ett dokumenterat meteoritnedslag (impakt) av kambrisk ålder. Ringformade anomalier på de flygmagnetiska kartorna över 5G Oskarshamn SO och NO (fig. 14) har tidigare tolkats som impaktstrukturer. Borrningar på en av anomalierna (Rocknebystrukturen) har visat att denna struktur sannolikt inte är en impakt.

Jönköpings län

OJB-bältet

Oskarshamn–Jönköpingsbältets (OJB) granitoider förekommer i områdena 6F Vetlanda, 6E Nässjö samt 7E Jönköping SV/SO och har främst granodioritisk till tonalitisk sammansättning. På äldre kartor och i äldre litteratur betraktades dessa granitoider som äldre än TMB, men senare dateringar har visat att åldersskillnaden är mycket liten. Troligen tillhör bergarterna en tidig fas av TMB (jfr Mansfeld 1995, Åhäll opubl., Bergström m.fl. 2002). Åtminstone en del av de förstnämnda utgörs av mer eller mindre kraftigt förskiffrade TMB-granitoider som delvis framträder som lågmagnetiska anomalier på de flygmagnetiska kartorna.

Tillsammans med granitoiderna i OJB-bältet förekommer vulkaniska bergarter med basaltisk till dacitisk sammansättning. Vulkaniterna flankerar en ursprungligen sedimentär ”bassäng” som domineras av konglomerat och är centralt belägen i Vetlandatrakten. I närheten av Fröderyd (Sundblad m.fl. 1997) och vid sjön Nömmen (Röshoff 1975) förekommer vulkaniska och sedimentära bergarter som bedöms tillhöra samma geologiska enhet som ovan.

TMB

De vulkaniska bergarterna inom aktuella kartbladsområden tillhör ”Smålandsvulkaniterna” och är tydligt associerade med graniterna i området. De uppträder framför allt som stora sammanhängande områden, men även som inneslutningar i granitoiderna. Vulkaniterna består dels av ryoliter och olika former av metaryolit, dels av mer intermediära typer. Bergarterna är finkorniga och varierar från ljust grå och röda till rödbruna, vanligen med välbevarad textur. Alla vulkaniter är ställvis porfyriska, dock är detta vanligast i de sura och intermediära leden. De mest basiska delarna utgörs av andesiter och basalter.

Smålandsgraniterna utgör den dominerande bergartsgruppen i området. Liksom i Kalmar län varierar de i sammansättning, från gabbro via diorit, kvartsdiorit (med betydande mängder biotit) och monzodiorit till alkaligranit-granit, monzogranit och monzonit. De mafiska bergarterna förekommer som mindre kroppar omgivna av granitoider. På många ställen domineras dessa områden av hornbländegranit och röd granit. Kontakterna mot omgivande graniter karaktäriseras av ”back-veining” eller ”mingling”.

I västra delen av Jönköpings län uppträder yngre TMB-bergarter, som har en ålder av ca 1 660–1 700 miljoner år. De är generellt sett lika de äldre TMB-bergarterna till utseendet.

Alkalina bergarter

Den alkalina intrusion som bildar en ca 1 200 m lång och 400 m bred bergartskropp vid Norra Kärr (7F 8f) utgörs huvudsakligen av gråaktigt grön, finkornig grännait. Området har beskrivits tidigare av bl.a. Blomberg (1906), Adamson (1944), von Eckermann m.fl. (1960), von Eckermann (1968) och Blaxland (1977). Bergarten består huvudsakligen av kalifältspat, nefelin, ägirin, eudialyt och katapleit. Förutom grännait förekommer även bergarterna lakarpit, pulaskit, kaxtorpit samt en fenitzon som är 25–100 meter bred. Utmärkande för bergarterna är den ovanligt stora mängden zirkoniummineral. Åldern på intrusionen vid Norra Kärr är tolkad med Rb-Sr-metoden till ca 1545 miljoner år (Blaxland 1977).

Vaggerydssyenit

I västligaste delen av området 6E Nässjö NV förekommer en delvis deformerad kvartssyenit till syenit. Den kallas Vaggerydsintrusionen och har en ålder av ca 1 220 miljoner år (Ask 1996). Mestadels är den medelkornig och innehåller mafiska mineral, men är ställvis leukokratisk. Variationer i kornstorlek från grovkorniga till finkorniga varianter förekommer.

Almesåkragruppen och diabaser

Almesåkragruppens sedimentära bergarter, främst fältspathaltiga arenitiska sandstenar och med dem associerade diabaser som slår igenom de sedimentära bergarterna, uppträder främst i området 6E Nässjö NO, nordöstra hörnet av 6E NV och i sydöstra hörnet av 7E Jönköping SV. Bergarterna uppträder även i en central del av kartområdet 7E Jönköping SO (fig. 2 och 3) och har en nord–sydlig utsträckning. Detta område har endast besökts på några få ställen, varför informationen om det främst grundar sig på den detaljundersökning som presenterades av Rodhe (1987). Den intruderande diabasen hör sannolikt till Blekinge–Dalarnadiabaserna, vars ålder är ca 930 miljoner år (Johansson & Johansson 1990).

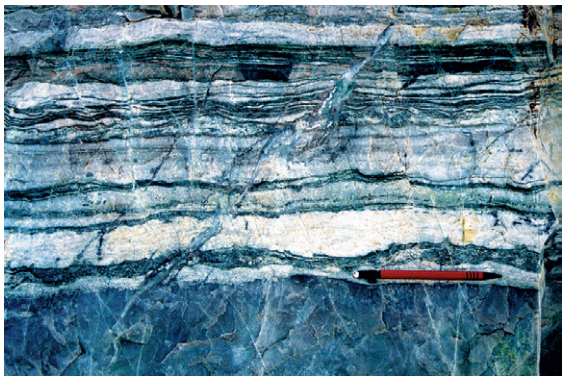


Fig. 2. Omväxlande argillitiska och kvartsitiska lager i Almesåkragruppen. Sprängt block i stenbrott V om Vrangsjön, 7E Jönköping SO (6416650/1544910), koordinater i rikets nät. Foto Hugo Wikman 2002.

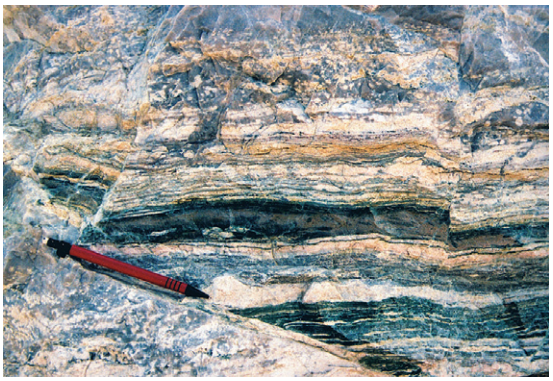


Fig. 3. Förkastade, argillitiska lager i Almesåkrakvartsit. Sprängt block i stenbrott V om Vrangsjön, 7E Jönköping SO (6416650/1544910), koordinater i rikets nät. Foto Hugo Wikman 2002.

Yngre sedimentära bergarter

Collini (1951) och Vidal (1979, 1982) har beskrivit Visingsögruppens sedimentära bergarter som finns på Visingsö och längs Vätterns stränder. De bildades under en geologiskt relativt lugn period för ca 800–600 miljoner år sedan och utgör de yngsta bergarterna i undersökningsområdet. Visingsögruppen består huvudsakligen av grå sandsten med okänd mäktighet och förekommer i fast klyft inom ett smalt område på Vätterns östra strand. Utbredningen mot öster förefaller vara knuten till dalgången mellan Vätterns östra strand och en skjuvzon strax väster om gamla E4. Brunnsborrningar har dock visat att större förekomster med sandsten även finns bevarade vid Jönköping stad, Bankeryd, Landsjön, Stensjön samt nordost om Siringe.

Tektonik

Inom OJB är en mer eller mindre påtaglig foliation utmärkande. Dess riktning varierar i allmänhet från ost–västlig till VNV-lig. Zonen har på äldre kartor ritats som att den upphör vid kontakten mot Almesåkragruppens bergarter. På den magnetiska anomalikartan framgår dock att zonen fortsätter under Almesåkragruppen, böjer av mot Protoginzonen (se nedan) och förenas med denna i närheten av Jönköping. Det finns också zoner som har NNO-lig riktning, vilken sammanfaller med den huvudsakliga riktningen för diabasgångarna.

Under svekonorvegisk tid för ca 1 200–900 miljoner år sedan, drabbades berggrunden i västra delen av Jönköpings län av kraftig plastisk deformation och omvandling i amfibolitfacies. De metamorfa processerna i zonen har senare reaktiverats i grönskifferfacies. Protoginzonen har beskrivits i ett flertal

vetenskapliga arbeten, bl.a. av Gorbatschev (1980) och Wahlgren m.fl. (1994). Deformationen, som är intensivast i väster och avklingar öster om Vättern (8–9 f), har åstadkommit kraftiga förändringar i den ursprungliga geologiska uppbyggnaden i västra delen av kartbladsområdet. Zonen, som även kan följas mot söder hela vägen ner till Skåne och norrut in under den skandinaviska fjällkedjan, har tidigare refererats till som Protoginzonen (t.ex. Gorbatschev 1980) eller ”Sveconorwegian front of deformation” (Wahlgren m.fl. 1994). Under senare reaktivering (en eller flera) av zonen skedde sprickbildning och intrusion av diabasgångar.

En senprekambrisk till fanerozoisk förkastningsrörelse, som har gett upphov till den horst-gravsänketektonik som skapat sjön Vättern, har påverkat morfologin inom västra delen av kartbladsområdet (Månsson 1996).

GEOLOGISKA ARBETEN

Under våren och försommaren genomfördes de avslutande karteringsinsatserna avseende urberget i Kalmar län. Arbetet bedrevs i kartområdena 4G Kalmar NV, NO och SV (HW), de nordligaste delarna av 3G Kristianopel NV och 3F Karlskrona NO (HW), 4F Lessebo NO/SO (SS) och de östligaste delarna av 4F Lessebo NV/SV (SS). Under sommaren och hösten koncentrerades karteringsinsatserna till följande kartområden: de västligaste delarna av 7F Tranås NV/SV (DC), 7E Jönköping NV (JP, LL), SV (JP), NO (SS) och SO (HW) samt 6E Nässjö NV (JP, DC) och NO (DC).

Södra Kalmar län

Inledning

Efter karteringsinsatserna under 2000 och 2001 återstod inför år 2002 ett område motsvarande ytan av 3,6 topografiska kartblad i de södra delarna av länet. Tidigare arbeten, dagböcker och berggrundsgeologiska kartor med beskrivningar (Munthe 1902, Kornfält & Bruun 2002) utgjorde ett viktigt underlagsmaterial.

Granitområdena i de östra delarna av södra Kalmar län kännetecknas morfologiskt av små höjdskillnader. Närmare kustområdena och gränsen till den kambriska sandstenen är den kristallina berggrunden mycket avplanad och bildar ett ganska jämnt peneplan. Särskilt inom områden med sprickfattiga graniter förekommer mycket jämna och plana hällytor (fig. 4).



Fig. 4. Exempel på det subkambriska peneplanet. Vägen går här ett långt stycke direkt på granithällen. V om Göddabo, 4G Kalmar SV (6365750/1508550), koordinater i rikets nät. Foto Hugo Wikman 2002.

Bergrunden i kartområdena 4F Lessebo NV/NO och 4G Kalmar NV/NO består i huvudsak av granitiska och vulkaniska bergarter. Graniterna är endast lokalt kraftigt folierade, medan ryoliterna i allmänhet har en mer eller mindre accentuerad, brantstående struktur med VNV-lig riktning. Graniterna är vanligen fältspatrika och medel- till fint medelkorniga. Lokalt förekommer även bergarter med monzonitisk till kvartsdioritisk sammansättning. Ett sådant, lite större område finns i sydvästra delen av kartområdet 4G Kalmar SV och in i angränsande kartområden. Denna bergartstyp har tidigare benämnts hornbländegranit (Hedström & Wiman 1906). På de magnetiska anomalikartorna framträder gränsen mellan denna granit och den röda, sura graniten öster därom mycket tydligt.

Små kroppar av gabbrobergarter uppträder intimt förknippade med granitoiderna, främst de med något mer basisk sammansättning. I de karterade områdena är frekvensen av gabbroida förekomster störst ner mot Blekingegränsen, liksom storleken på kropparna. Även förekomsten av små basiska enklaver är betydligt vanligare i de mer basiska granitoiderna än i de röda, surare varieteterna. Där förekomsten av enklaver är riklig kan blandbergarter förekomma. Detta gäller även för de grovporfyriska granitoider som främst påträffas i områdena sydöst om Nybro. Sammansättningen hos dessa granitoider varierar ganska mycket, men är mestadels granodioritisk till kvartsmonzodioritisk.

Vulkaniter uppträder främst inom områdena 4F Lessebo NO och 4G Kalmar NV. I allmänhet rör det sig om rödaktiga, mycket finkorniga ryoliter med välbevarade texturer och strukturer. Vanligast är porfyrisk textur men även ignimbrittextur förekommer. Undantagsvis påträffas vulkaniska bergarter med basisk sammansättning.

I söder är berggrunden mera varierande och växlar mellan gråröda och rödgrå till grå granitoider (fig. 5). Till skillnad från den i princip odeformerade granitberggrunden i kartområdet 4G Kalmar är berggrunden i området Kristianopel, norr om gränsen mellan Småland och Blekinge, delvis mycket starkt folierad. Dessutom är berggrundens sammansättning än mer heterogen och på vissa ställen förekommer blandbergarter (”mingling” och ”mixing”, fig. 6). Detta heterogena och delvis kraftigt

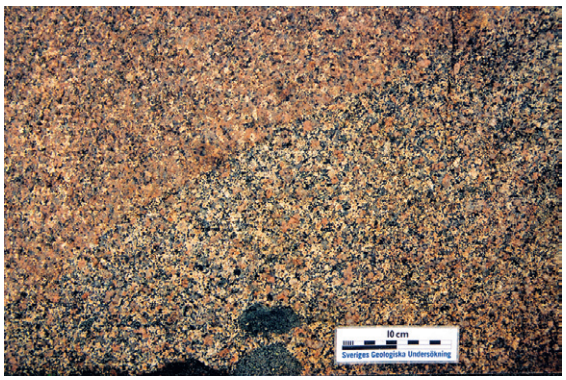


Fig. 5. Kontakt mellan en röd, medelkornig granit (uppe t.v.) och en gråröd granit med basiska enklaver (nere t.h.). Hällyta mitt i skogsväg. V om Karlshult, 4G Kalmar SV (6263810/1510584), koordinater i rikets nät. Foto Hugo Wikman 2002.



Fig. 6. Magmablandning mellan en gabbroid och en granitoid komponent. Mellanmassan mellan de gabbroida enklaverna delvis hybridartad. NO Slätafly, 3G Kristanopel NV (6248485/1504683), koordinater i rikets nät. Foto Hugo Wikman 2002.

folierade område har ofta kallats Småland–Blekingezonen och utgör den ungefärliga ost–västgränsen mellan de egentliga Smålandsgraniterna i norr och den s.k. Tvingsgraniten i söder. Dessa bergarter ansågs tidigare ha olika ålder och därför är gränsen mellan dem mycket tydlig på äldre kartor. Nyligen gjorda åldersbestämningar har dock visat att Smålandsgraniterna och Tvingsgraniten är ungefär likåldriga (Kornfält & Bruun 2002). Den kemiska sammansättningen varierar dock något mellan bergartsgrupperna, varav Tvingsgraniten är den mer basiska. En ny datering av en folierad, porfyrisk granit, belägen norr om länsgränsen (fig. 7), har givit en preliminär ålder av 1 802±9 miljoner år, vilket styrker ovan nämnda hypotes.

Småland–Blekingezonen är sannolikt en tektonisk zon. Någon i naturen tydligt framträdande zon eller linje har inte observerats, vare sig vid den nyligen gjorda detaljkarteringen i området eller vid den nu gjorda översiktskarteringen. Troligen rör det sig i stället om en något bredare deformationszon



Fig. 7. Kraftigt folierad ögonförande granitoid. Intruderad av finkornig granit i sliror. Brändabo, 3G Kristianopel NV (6334415/1504040), koordinater i rikets nät. Foto Hugo Wikman 2002.



Fig. 8. Brantstående gångar av uralitdiabas som intruderar gråröd, finkornig vulkanit. Nästan vertikal vägg i stenbrott N om Brånahult, 4G Kalmar NV (6295600/1500950), koordinater i rikets nät. Foto Hugo Wikman 2002.

längs vilken det södra blocket höjts i förhållande till det norra. Zonen, som framträder mycket tydligt på de geofysiska kartorna, utgör alltså sannolikt inte någon sydlig gräns för det ”Transskandinaviska magmatiska bältet”(TMB).

I det under år 2002 karterade området är det främst i delområdet 4G Kalmar NV som flertalet gångar påträffats. De flesta består av uralitdiabas och strykningen är mestadels ONO-lig med en brant stupning. Att döma av den mängd som påträffas i t.ex. stenbrott, torde antalet gångar vara mångdubbelt större än vad som framgår av översiktskartan. Bredden på gångarna varierar vanligen från några decimeter till några meter och på några ställen uppträder de i svärmar (fig. 8). I enstaka fall påträffas gångar med en bredd som överstiger 10 meter.

Den sydvästligaste delen av Kalmar län, i kartområdet 3F Karlskrona NV, upptas av en huvudsakligen massformig, rödgrå, medel- till grovkornig, porfyrisk granit med mestadels stora, röda ögon av kalifältspat. Ibland är ögonen mantlade med plagioklas. Graniten tillhör Karlshamnsgranitgruppen och ingår i den östra delen av det s.k. Eringsbodamassivet. Åldern på graniten är bestämd till ca 1 400–1 450 miljoner år (Åberg. m.fl. 1986, Kornfält & Vaasjoki 1999).

Vissa anomalier på de flygmagnetiska kartorna motsvarar troligen diabasgångar med en nord–sydlig riktning. Särskilt tydligt framträder dessa gångar, som uthålliga, positiva anomalier, på kartbladen 4G Kalmar NV och SV. Gångarna är förmodligen vittrade på ytan, eftersom bara någon enstaka blottning på dessa anomalier påträffats i de under 2002 karterade områdena. Diabasernas ålder är inte känd, men sannolikt hör de ihop med de ca 930 miljoner år gamla Blekinge–Dalarnadiabaserna.

Förutom den plastiska deformation som berggrunden drabbats av och som mestadels har en VNV-lig riktning, så finns även spröd deformation med denna riktning. Sannolikt har äldre deformationszoner reaktiverats i dessa fall. På de flygmagnetiska kartorna framträder också tydliga spröda deformationszoner med ungefär nordostlig riktning. En av de mer markanta zonerna kan följas från nordvästra delen av området 3G Kristianopel NV mot nordost in i 4G Kalmar SV och vidare norrut förbi Torsås.

Dateringar i Virserumsområdet

Under fältsäsongen 2002 har även en översiktlig revidering gjorts av de relativt nyligen detaljkarterade områdena 6F Vetlanda SO och NO (Persson 1985). Anledningen härtill är bl.a. att åldersbestämningar visat att bergarter inom Oskarshamn–Jönköpingsbältet (OJB) numera antas ingå i det ”Transskandinaviska magmatiska bältet” (TMB). Några bergarter från Vetlandaområdet har därför provtagits för åldersbestämning. Av dessa har en gråröd granit som provtagits strax norr om Virserum en ålder av ca 1 800 miljoner år, medan en granodiorit från trakten omedelbart väster om länsgränsen har en något högre ålder, ca 1 830 miljoner år. En vulkanisk bergart från kartområdet 5F Vetlanda SV, väster om länsgränsen, har en ålder av ca 1800 miljoner år, vilket ytterligare stärker uppfattningen att OJB utgör en del av TMB.

Dateringar i norra Kalmar län
Vid Överum i norra Kalmar län finns en större, relativt enhetlig kvartsmonzonitisk pluton, som uppvisar en svag foliation som är parallell med Loftahammarzonen samt en del komplicerade kontakter mot Loftahammarsvitens granitbergarter (se Bergström m.fl. 2002). Vid en datering erhöll denna bergart en ålder av ca 1 805 miljoner år, dvs. inom TMBs normala åldersintervall.

Norra Jönköpings län
Norra delen av Jönköpings län omfattas av de äldre geologiska kartbladen Gällö (Blomberg (1906), Boxholm (Blomberg 1907), Tranås (Gavelin 1912), Gränna (Geijer m.fl. 1951), Jönköping (Munthe & Gavelin 1907), Eksjö (Hedström 1917) och Nydala (Stolpe 1892). Kartområdet omfattas också av den provisoriska översiktliga berggrundskartan Jönköping (Persson och Wikman 1986) och behandlas i arbeten av bl.a Magnusson m.fl. (1962), Lundqvist (1979), Lundqvist m.fl. (1994) och Kristinen m.fl. (2001).

OJB-bältet
Vid Nömmen uppträder en vulkanisk bergartssekvens (Röshoff 1975) som är tänkt att utgöra en fortsättning av de vulkaniska och sedimentära sekvenserna i Vetlandaområdet (se ovan). Under karteringen påträffades ett vulkaniskt konglomerat vid sjön Nömmen med runda bollar av bl.a. granit och vulkanit tillhörande TMB (6E NO). Malmbäckskonglomeratet vid Malmbäck (6E NV) har ett liknande utseende och har daterats till ca 1 800 miljoner år (Söderlund & Rodhe 1998).

Smålandsgraniter
Smålandsgraniterna varierar både i utseende och sammansättning. En vanligt förekommande variant är en rödgrå till gråröd, glest kalifältspatförande, porfyrisk till ojämnkornig och hornbländeförande granit som ställvis övergår i kvartsmonzodiorit. Det största sammanhängande området med hornbländegranit bildar ett brett stråk öster och sydost om Vättern.

En annan granittyp med betydande utbredning är en röd, mer jämnkornig och ofta grovt medelkornig variant. Denna granit har ett mindre innehåll av mafiska faser än hornbländegraniten, och dessa består nästan enbart av biotit som ansamlats i distinkta aggregat. Kvartsen är på många ställen svagt blåaktig. I ett område i den nordöstra delen av 7E Jönköping SV är kvartshalten lägre i graniten, och den övergår ställvis i syenit eller monzonit. Ett område med röd, jämnkornig biotitgranit förekommer norr om Vaggerydssyeniten. Det är oklart om det är samma typ av granit som i kartområdena norr om 6E Nässjö NV. Generellt är den grovt medelkornig till grovkornig, men vid en närmare granskning visar det sig att enskilda mineral genomgått betydande kornstorleksreduktion (omkristallisation) och att bergarten är betydligt finkornigare.

I ett stort område söder om Vättern påträffas en granittyp som är röd till gråröd och tätt porfyrisk med ca 30–35 % rundade strökorn av kalifältpat, upp till 3 cm stora och vanligen med plagioklasmantling. Normalt är graniten kraftigt folierad och/eller stänglig. Det mafiska innehållet utgörs nästan uteslutande av biotit, ställvis med underordnade mängder av hornblände, klorit och muskovit. Även här förekommer den typiska, svagt blåaktiga mjölkkvartsen som utmärker den röda graniten.

Inom kartområdena 7E Jönköping SO och 7F Tranås NV/SV består berggrunden till övervägande del av röda bergarter med granitisk sammansättning. Dels förekommer fint medelkorniga till medelkorniga graniter av den typ som brukar kallas röd Växjögranit, dels finns varianter som är mycket rika på kalifältspat (Tranåsgranit). Vidare finns finkorniga röda graniter vilka ibland kan vara svåra att skilja från finkorniga, jämnkorniga vulkaniter. Särskilt gäller detta i övergångsområden mellan vulkaniter och graniter. I kartområdet 7F Tranås NV/SV finns granitporfyr i större sammanhängande områden. Porfyren har i allmänhet zonerade strökorn och torde åldersmässigt höra samman med TMB. Mellanmassan är vanligen mycket finkornig.

I området 7E Jönköping NO förekommer främst grå, gråröda till röda, medelkorniga bergarter med cm-stora strökorn av fältspat. Bergarterna varierar i sammansättning, både i hällskala och i regional skala, från granit till kvartsmonzonit och även monzodiorit. Blandningsstrukturer mellan granit och de basiska bergarterna är också vanliga. Granitoiden öster om sjön Ören (7E 5–6 f) utgörs

huvudsakligen av röd granit som är medel- till grovkornig, jämn- till ojämnkornig eller grovporfyrisk med fältspatströkorn. I sydvästra hörnet av 7E Jönköping NO förekommer en grå, medelkornig och jämnkornig kvartsmonzonit, medan en yngre generation av granitoider dominerar i kartområdets östra delar. De senare utgörs huvudsakligen av granit, som är röd, grovkornig och ojämnkornig. Lokalt förekommer även en medelkornig och jämnkornig variant. Fältrelationerna visar att dessa graniter är yngre än kvartsmonzoniten.

Grönstenar med varierande sammansättning, från dioritisk, över kvartsdioritisk med betydande mängder biotit, till gabbroisk, förekommer allmänt. Normalt bildar de basiska bergarterna små, upp till tre kilometer stora, oregelbundet formade kroppar. Dock finns ett större område, ca 3 x 9 km, som sträcker sig från Vista kulle i norr ner till väg 132 mellan Huskvarna och Lekeryd (7E SV). Större basiska plutoner finns vidare i området 7F Jönköping NO kring Knukebo (7 f), Godebrunnasjön (7 f) och norr om Siggeryd (9 f). Intressant är även ett fynd av glimmerrik ultrabasit vid Finntorp (6E NV 8 d). Dessutom påträffades några hällar med porfyrit vid sjön Ruppen (7E SV 4 e) och Ramsjön (7E SV 3 d) bestående av 1–3 cm grova, regellöst orienterade plagioklaskristaller i en finkornig, mörkt grå mellanmassa.

Inom övriga kartområden har endast små förekomster av gabbroider påträffats. Noterbart är en ultramafisk intrusion med 5 x 5 cm stora poikilitiska kristaller och en förekomst av mycket grovkornig till pegmatitoid gabbro som är magnetitrik. Bägge intrusionerna är lokaliserade till 6E Nässjö NV.

I området 6E Nässjö NV uppträder yngre generationer av TMB (t.ex. Söderlund & Rodhe 1998), vilka i fält ej har kunnat särskiljas från de äldre. Vid Bankeryd väster om Vättern finns ett mindre område med ytterligare en typ av granit som är grå till svagt rödaktig, jämnkornig och vars mafiska innehåll begränsar sig till biotit. Åldersrelationerna mellan de olika graniterna är oklara eftersom inga kontakter påträffats. En relativ åldersbestämning enbart baserad på grad av tektonisk överprägling är sannolikt inte möjlig, eftersom foliationen i bergarten snarare uppträder stråkvis än att vara knuten till en specifik bergart. Den tätt porfyriska graniten söder om Vättern är dock genomgående kraftigt tektoniserad.

Gnejs av okänt ursprung

I kartområdet 6E Nässjö NV (5–6 d–e) finns några blottningar med bergarter som inte går att identifiera som annat än gnejs av okänt ursprung, troligen ortognejs. De förekommer i områden med stark deformation, men skiljer sig från de vanliga deformerade granitoiderna genom att vara grå och mestadels ådrade. Gnejsen förefaller inte ha någon större utbredning i området.

Gångbergarter

Mörkt grå till svarta, finkorniga och odeformerade diabaser förekommer främst öster om Vättern (7F NO). Diabaserna är yngre än den plastiska svekonorvegiska deformationen. Kring Tuggarp (7 f) intruderar diabasgångarna vinkelrätt mot denna zon. En gång, uppvisande mingling av felsiska och mafiska komponenter, påträffades vid Eksjö golfbana (6E NO). På flygmagnetiska kartan finns antydan till en flera kilometer lång sträckning av denna gång.

En porfyritgång med 10–15 mm stora strökorn av plagioklas påträffades i området 6E Nässjö NO Strökornen upptar 60–70 % av bergartens volym. I samma område finns även en diabas med kvartsitiska brottstycken. Åldern på dessa gångar är inte känd, men troligen är de samhöriga med Blekinge–Dalarnagångarna, vilka har en ålder av ca 930, alternativt ca 1 100 miljoner år. Mäktigheten är i allmänhet inte mer än högst ett tiotal meter och riktningen varierar, med nord–sydlig eller NNO-lig riktning som de mest framträdande.

På de flygmagnetiska kartorna finns ett antal positiva anomalier inom kartområdena 6E Nässjö NO och 7F Tranås SV. De representerar med stor sannolikhet diabasgångar, antingen enstaka gångar eller flera parallella, smala gångar. Svarta, finkorniga till fint medelkorniga bergarter med ofitisk textur som tolkats som hyperitdiabaser har endast påträffats i den nordvästra delen av 6E Nässjö NV.

Tektoniska observationer

Distinkta zoner med mylonit och en mer allmän plastisk deformation, som bedöms tillhöra Protoginzonens deformation, uppträder från trakten strax öster om Malmbäck (6E Nässjö NV) och därifrån mot väster. Zonerna har i huvudsak nord–sydlig riktning, och en yngre fas med spröd deformation har medfört kvartsläkning av myloniterna. Den mest markanta zonen inom kartområdet 7E Jönköping SV böjer in från nordväst söder om Vättern, för att fortsätta i mer nord–sydlig riktning i området 6E Nässjö NV. Förekomsten av den tätt porfyriska granittypen, som utan undantag är mer eller mindre kraftigt folierad, är helt begränsad till områden som påverkats av Protoginzonsdeformation. Även den röda biotitgraniten, som uppträder mellan Vaggerydssyeniten och den porfyriska graniten, har i varierande utsträckning utsatts för deformation. En möjlig utlöpare av Protoginzonen förekommer i hornbländegranit längs Vätterns östra kant och vidare söderut, för att därifrån böja av mot sydost i området 6E Nässjö NV (jfr OJB/PZ disk. ovan). I övriga delar av området har foliationen en mer varierad orientering, men stryker huvudsakligen från nordväst till nordost och har generellt en västlig stupning.

I kartområdet 7E Jönköping NO har deformationen en NNO-lig strukturell trend som stupar brant mot väster. Den framträder som diffusa zoner i den magnetiska anomalibilden. Deformationen är mest intensiv i väster, medan zonerna är tunnare och uppträder mer stråkvis mot öster. Ca 6 km öster om Vättern avklingar zonerna successivt. Inom denna flera kilometer breda zon finns små områden som är mer eller mindre odeformerade.

I kartområdet 7E Jönköping NO uppträder även en yngre, spröd deformation i form av t.ex. förkastningar och sprickzoner, vilka bildar topografiska lineament. Deformationen återspeglas tydligt även på den flygmagnetiska kartan. Dessa nordvästliga respektive nordostliga samt de mer eller mindre öst–västliga lineamenten är de mest uthålliga i området.

MARKGEOFYSISKA ARBETEN

Geofysiska markmätningar har utförts av geofysiker i områdena: 3G Kristianopel NV (Mats Wedmark), 4G Kalmar SV (Leif Kero, Mats Wedmark), 4G NV och NO (Leif Kero), 4F Lessebo NO och SO (Niklas Juhojuntti), 6F Vetlanda NO (Leif Kero) och SO (Mats Wedmark, Niklas Juhojuntti); 7E Jönköping SO och NO (Leif Kero), 7E NV (Leif Kero, Niklas Juhojuntti) och 7E SV (Niklas Juhojuntti), 7F Tranås SV och NV (Leif Kero), 6E Nässjö NO (Niklas Juhojuntti), 7D Ulricehamn SO och NO (Niklas Juhojuntti). Karteringsarbetet i områdena 6F Vetlanda SO och NO samt 7D Ulricehamn SO har varit översiktligt, eftersom en detaljerad geologisk kartering tidigare utförts i dessa områden.

4F Lessebo NO och SO

Granit och kvartsmonzonit dominerar i området. Kvartsmonzoniten har vanligen relativt hög susceptibilitet (4 000–5 000 x 10^{-5} SI-enheter) samt en kaliumhalt omkring 2 % (fig. 9). I området förekommer även granit med relativt hög susceptibilitet (<2 500 x 10^{-5} SI-enheter), vilket försvårar gränsdragningen mellan kvartsmonzonit och granit baserat på magnetiska data.

Inom det nordvästligt strykande, lågmagnetiska området i norra delen av 4F NO (6 i, 7 g) har pegmatitgranit, alternativt leukogranit med låg susceptibilitet påträffats (10–200 x 10^{-5} SI-enheter). I den sydvästra delen av området (4F 0 f–g, 1 f) förekommer en yngre, grovkornig porfyrisk granit (Eringsbodagranit), som framträder relativt tydligt i radiometriska data (fig. 10). Mätningar på denna granittyp visar kalium-, uran- och toriumhalter på respektive 4,3–4,8 %, 2,8–4,6 ppm samt 12–23 ppm. Halterna är dock inte onormalt höga i jämförelse med dem som mätts på andra granittyper inom projektområdet (jfr fig. 11).

Ett flertal mindre, basiska bergartskroppar i området har undersökts, och deras susceptibilitet varierar kraftigt (κ=50–25 000 x 10^{-5} SI-enheter). Vid Sörsjön (4F 3 g) påträffades en högmagnetisk

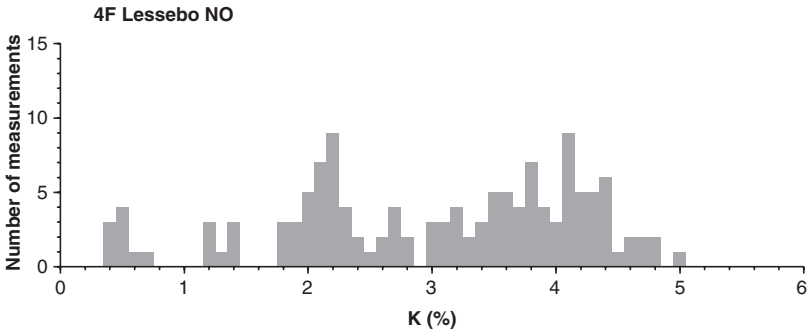


Fig. 9. Kaliumhaltens fördelning i kartområdet 4F Lessebo NO, från spektrometermätning på häll.

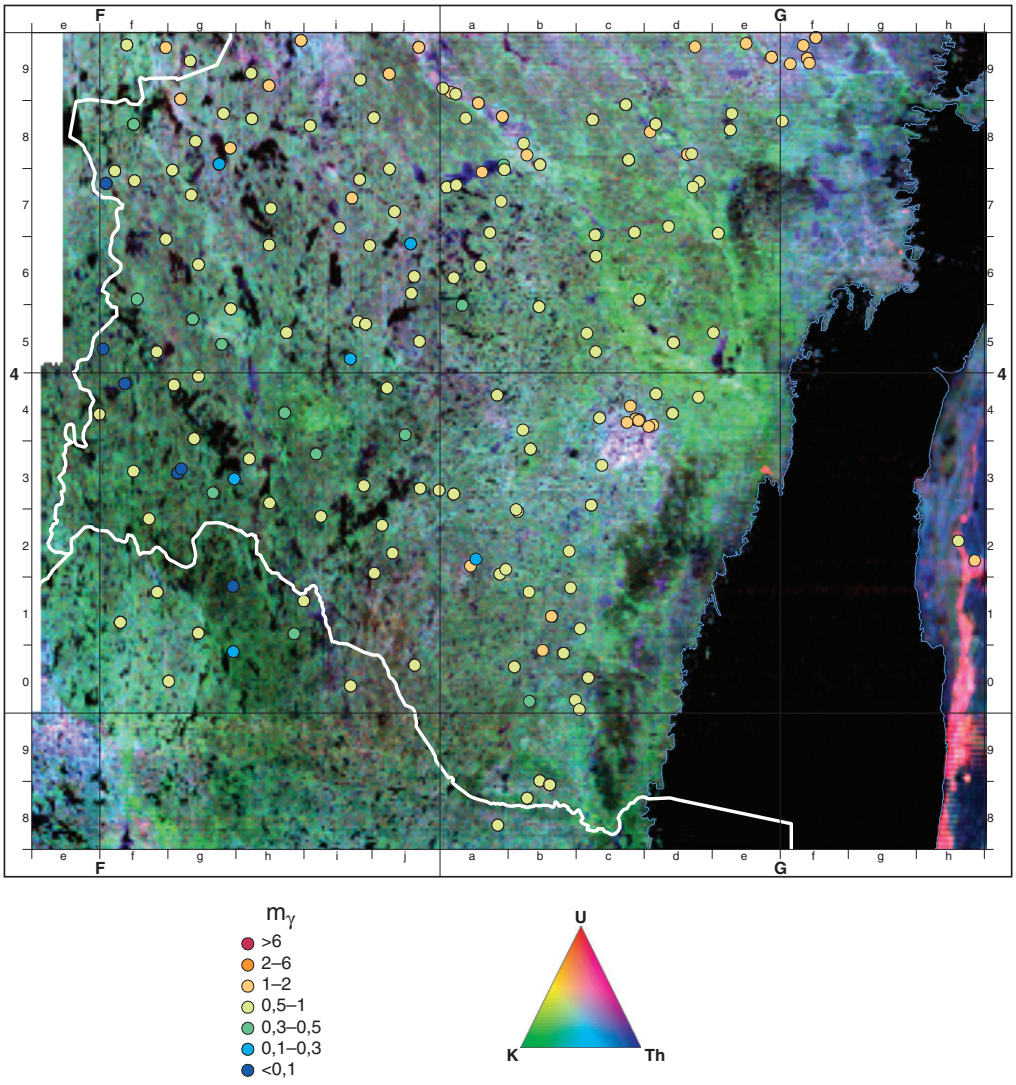


Fig. 10. Färgkompositbild över beräknad fördelning av uran, kalium och torium, baserad på flygmätning. Kartan omfattar årets undersökningsområde, i och omkring södra delen av Kalmar län. Ljus ton markerar hög intensitet av total gammastrålning. Symbolernas lägen visar fördelningen av spektrometermätningar på häll, medan symbolernas färg visar gammaindex beräknade från dessa mätningar.

grovkornig gabbro (κ=20 000–25 000 x 10^{-5} SI-enheter, ρ=3 086–3 135 kg/m^3), i vars omgivning en något mindre grovkornig gabbroid (κ<150 x 10^{-5} SI-enheter, ρ=2 841–2 843 kg/m^3) observerades. Den remanenta magnetiseringen för den högmagnetiska gabbron har ungefär samma riktning som det jordmagnetiska fältet (Q-kvoten är 0,25–0,32). Anomalins form tyder på att denna gabbro har en maximal horisontell utbredning av något hundratal meter i diameter.

Resultaten från den magnetiska flygmätningen visar långsträckta, huvudsakligen nord–sydligt och ost–västligt strykande, positiva avvikelser i magnetfältet i den norra delen av kartområdet. Diabas har påträffats i häll vid de ungefärligt nord–sydligt strykande anomalierna. Prover av denna diabas visar en susceptibilitet av 1 200–1 500 x 10^{-5} SI-enheter, vilket är måttligt högt, samt en densitet på 2 870–2 908 kg/m^3. Den remanenta magnetiseringen är dock relativt hög (Q=1,8–2,1), riktningen är ONO-lig till sydostlig, med en inklination av ca 60°. Ingen häll har påträffats i anslutning till de öst–västligt strykande anomalierna.

4G Kalmar SV, NV och NO

Vid Nytorp (4 c) i kartområdet 4G SV finns en granitintrusion som ger upphov till en rund, extremt lågmagnetisk anomali i ett stort homogent, lågmagnetiserat område (fig. 12). Den har en diameter på några kilometer och tyngdkraftsmätningar i området visar att där finns ett tyngdkraftsunderskott på ca 2 mGal. De bergartsprov som analyserats visar inte bara låga densiteter inom strukturen, utan även att bergarten har ännu lägre densiteter just utanför densamma. Här föreligger ett svagt tyngdkraftsunderkott på ungefär 2 mGal, och modellberäkningar visar att det motsvarar ett djupgående av ungefär 1 kilometer.

Graniten är högstrålande och framträder väl även på gammastrålningskartan (fig. 10) som en rund struktur med en klar förhöjning av främst toriumhalten. Graniten har tidigare mätts inom ramen för det regionala programmet ”Radonundersökningar”. Dessa mätningar har nu kompletterats och halterna som uppmätts är för kalium 4,3–4,6 %, uran 8,8–10,5 ppm samt för torium 24,7–32,8 ppm.

Den sedimentära berggrundens västra begränsning, och delvis även dess utbredning, kan fastställas med relativt stor noggrannhet med hjälp av resultaten från gammastrålningsmätningen. De kambriska sedimentbergarterna är mycket lågstrålande samtidigt som de underliggande granitiska och vulkaniska bergarterna är relativt högstrålande. Moränområden ovanpå kambrisk berggrund innehåller så pass mycket material från de lågstrålande bergarterna att det går att avgränsa deras utbredning relativt väl, trots en nästan obefintlig blottningsgrad. Detta förhållande kan studeras på jordartskartan 5G Oskarshamn SO (Rudmark 1988) där analyser av jordprover och brunnsborrningar ligger till grund för avgränsningen av den kambriska berggrunden.

I den ternära kartans nordvästra kvadrant (fig. 10) finns ett långsträckt område med relativt högstrålande berggrund som utgörs av granitiska och vulkaniska enheter. Området har undersökts med ett antal spektrometermätningar, vilket även har gjorts med urberget i det nordvästra hörnet av 4G NO. I båda fallen är torium- och uranhalterna något förhöjda, mer i graniterna än i vulkaniterna. Den senare har dock endast kunnat dokumenterats på någon enstaka punkt i den östra delen. Halterna för torium varierar mellan 15 och 20 ppm. Uranhalterna är förhöjda i graniterna som har värden upp till 11,9 ppm. Vulkaniterna har mer normala värden, upp mot 4 ppm. Vulkaniterna norr om Nybro (4G 8 a–b) innehåller något mer uran, 5–7 ppm. Toriumhalterna är också förhöjda, med värden upp till 26 ppm. Dessa data redovisas omräknade till gammaindex i figur 10.

Vid Skogsdal (4G SV 4 c) har en magnetisk profil mätts över en av de nord–sydliga anomalierna som antas vara diabasgångar. Mätningar på diabasprover från kartområdet 5G Oskarshamn SO och SV indikerar att de gångar som motsvaras av sex smala anomalier vid Skogdal, och som kan följas genom hela länet, endast är 15–20 m breda och stupar vertikalt. De syns ändå tydligt i den magnetiska anomalibilden (flygmätning), särskilt i de områden som är flygmätta i ost–västlig riktning. Hällsusceptibiliteterna för diabasen är höga, med värden upp till 13 000 x 10^{-5} SI-enheter. Q-kvoten är ca 0,6. Längre norrut i länet är bergarternas magnetisering i nivå med diabasernas som då inte

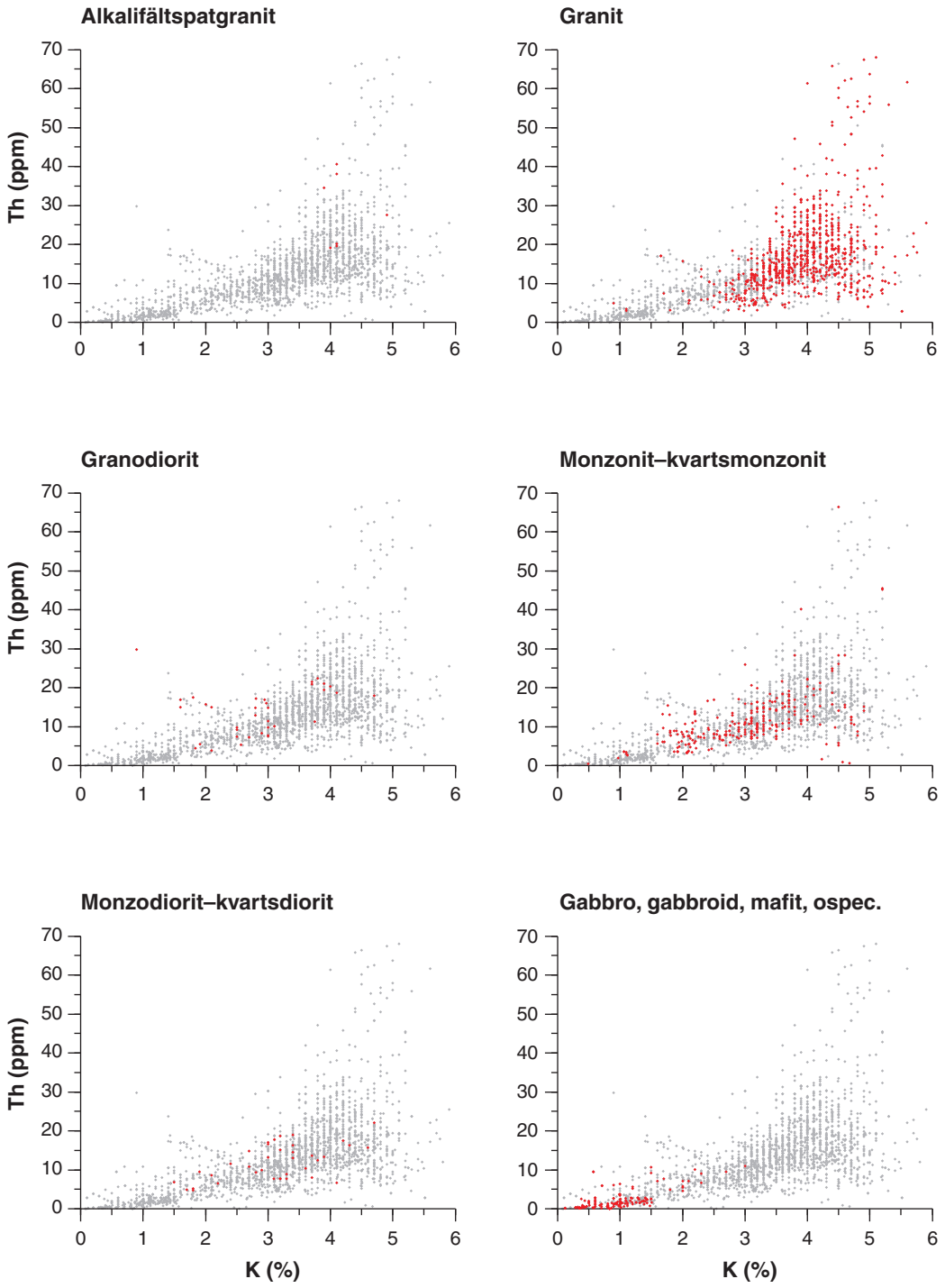


Fig. 11. Kaliumhalt mot toriumhalt, baserat på spektrometermätning på häll utförd 2000–2002. Grå symboler anger spektrometermätningar på bergarter som faller utanför någon av de angivna klasserna eller spektrometermätningar på observationspunkter där berggrunden tills vidare saknar säker klassificering.

visualiseras på samma tydliga sätt.

Norr om Nybro (4G 8 a–b) visar tyngdkraftsmätningarna att det föreligger en ost–västlig tyngdkraftsgradient som även är distinkt på den magnetiska anomalikartan och har ett långsträckt magnetiskt minimum parallellt med tyngdkraftsgradienten. Området med den homogent lågmagnetiska nivån söder om Nybro (fig. 12) har vid karteringen visat sig sakna uralitdiabaser, men ett antal föreligger runt omkring strukturen. Samma förhållanden gäller vid en mycket tydlig, 10 x 20 km stor,

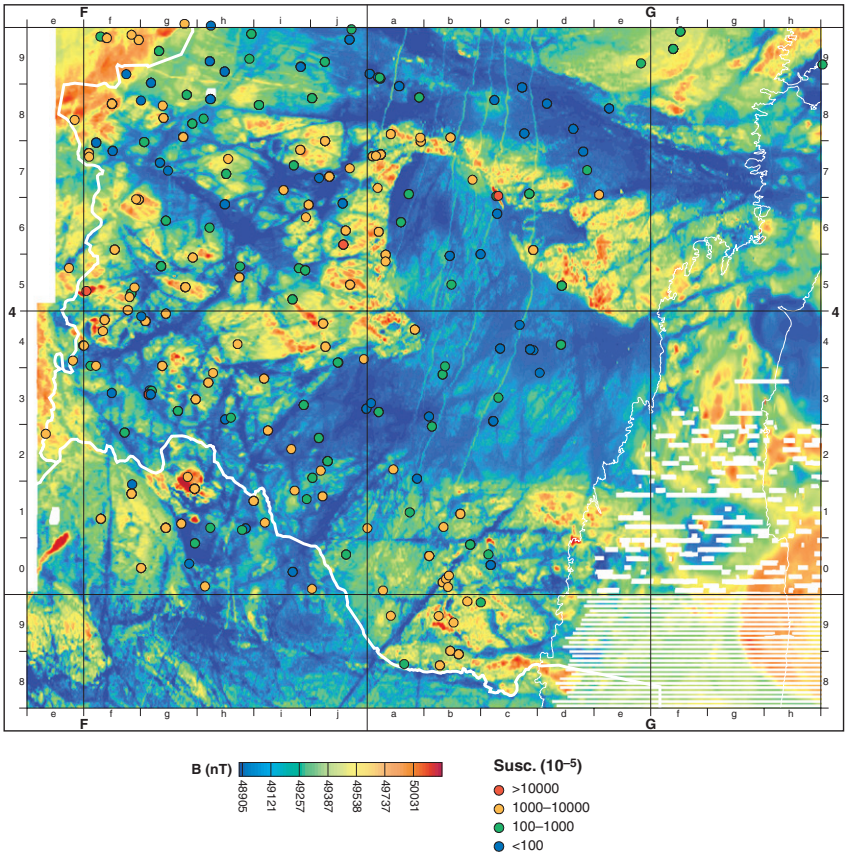


Fig. 12. Magnetiskt totalfält, reducerat till pol, i årets undersökningsområde i och omkring södra delen av Kalmar län. Symbolerna visar lägen och susceptibilitetsvärden för bergartsprov. Observera att vid ett flertal av de undersökta lokalerna har fler än ett bergartsprov tagits. I dessa fall anger symbolens färg det maximalt uppmätta susceptibilitetsvärdet.

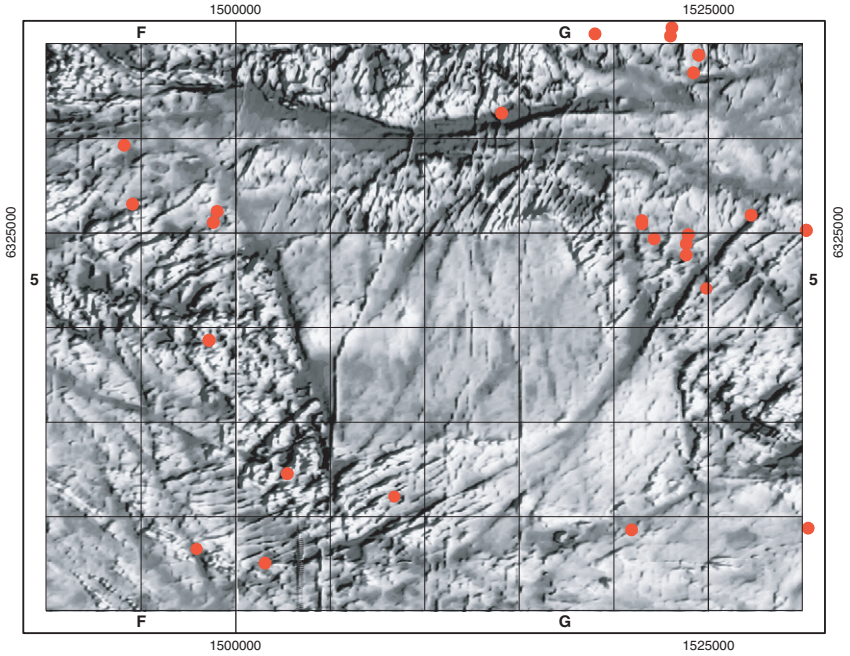


Fig. 13. Gråskalebild av det magnetiska totalfältet. Den magnetiska reliefen för berggrundens översta hundratal meter framhävs. Det täta mönstret av gångliknande anomalier med nordostlig riktning runt en granitisk kropp har vid karteringen på många ställen visat sig sammanfalla med uralitdiabasgångar. Mönstret klipps särskilt tydligt vid granitens nordöstra kontakt. Granitens ålder är okänd.

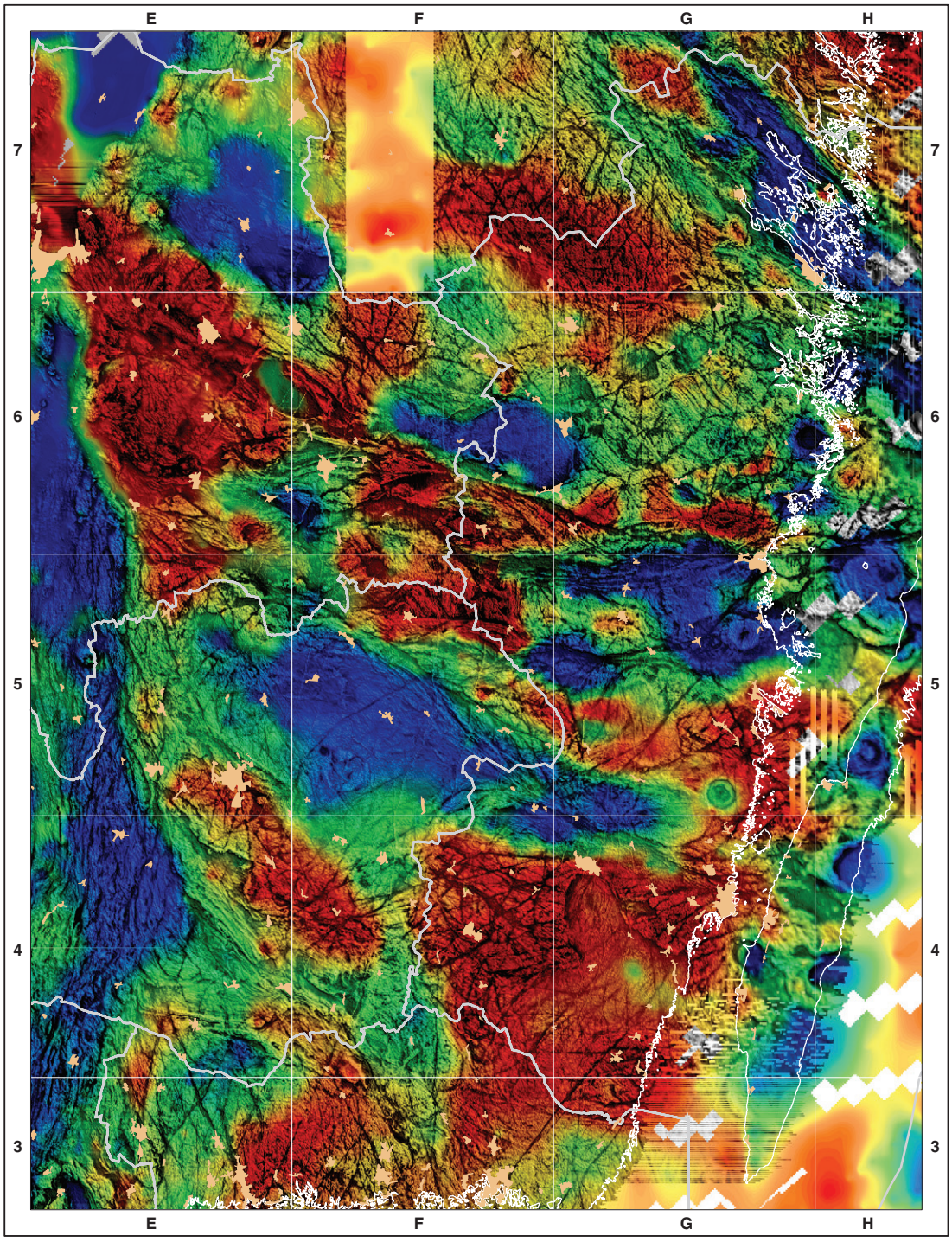


Fig. 14. Kombinationsbild över delar av Kalmar län. Tyngdkraftsdata i färgskala samt ytliga magnetiska källor i gråskala. Data är filtrerade och framhäver dels de densitetsvariationer som föreligger i jordskorpans översta kilometrar, dels magnetiseringen i de översta hundratalen meter genom en skuggad gråskala.

oregelbunden magnetisk struktur i kartområdet 5G Oskarshamn SV (3–4 a–d). Detta framgår av den magnetiska totalfältsmätningen som i figur 13 är filtrerad så att de ytligt liggande anomaliorsakerna framhävs. Framför allt i det nordöstra hörnet av kartutsnittet är det tydligt att en gångsvärm med uralitdiabas klipps distinkt av den lågmagnetiska granitioiden. Gångsvärmen är mest framträdande i området med felsisk vulkanit men uppträder även i den magnetiska delen av granitoiden i figur 13. Även en tyngdkraftsförhöjning föreligger i centrum av den lågmagnetiska strukturen (fig. 14), vilket inte är fallet för strukturen söder om Nybro.

7D Ulricehamn NO

Inom områdets urbergsdel dominerar olika varianter av granit, som vanligen är deformerade. Även kvartsmonzonit förekommer. Magnetiseringsgraden är vanligen låg till normal (<1 500 x10^{-5} SI-enheter) för dessa bergarter.

Ett flertal mindre kroppar med gabbroliknande bergarter med vanligen relativt hög magnetiseringsgrad (4 000–20 000 x 10^{-5} SI-enheter) har påträffats. Endast en lågmagnetisk gabbroid har observerats. Kropparna framträder därför mestadels tydligt i magnetfältet (fig. 15). Ungefär 6 km NNO om Mullsjö (Järnberget 5 h) påträffades en finkornig, kraftigt magnetisk gabbroid eller diabas. Mätning på två prover visar susceptibilitetsvärden på 6 000 respektive 19 000 x 10^{-5} SI-enheter samt densitetsvärden på 3 016 respektive 3 360 kg/m^3. Mätningar på häll indikerar dock att susceptibiliteten i vissa partier överstiger 30 000 x 10^{-5} SI-enheter. Det första provet, med något lägre susceptiblitet, har en mycket hög remanent magnetisering (Q=38). Den remanenta magnetiseringens riktning är

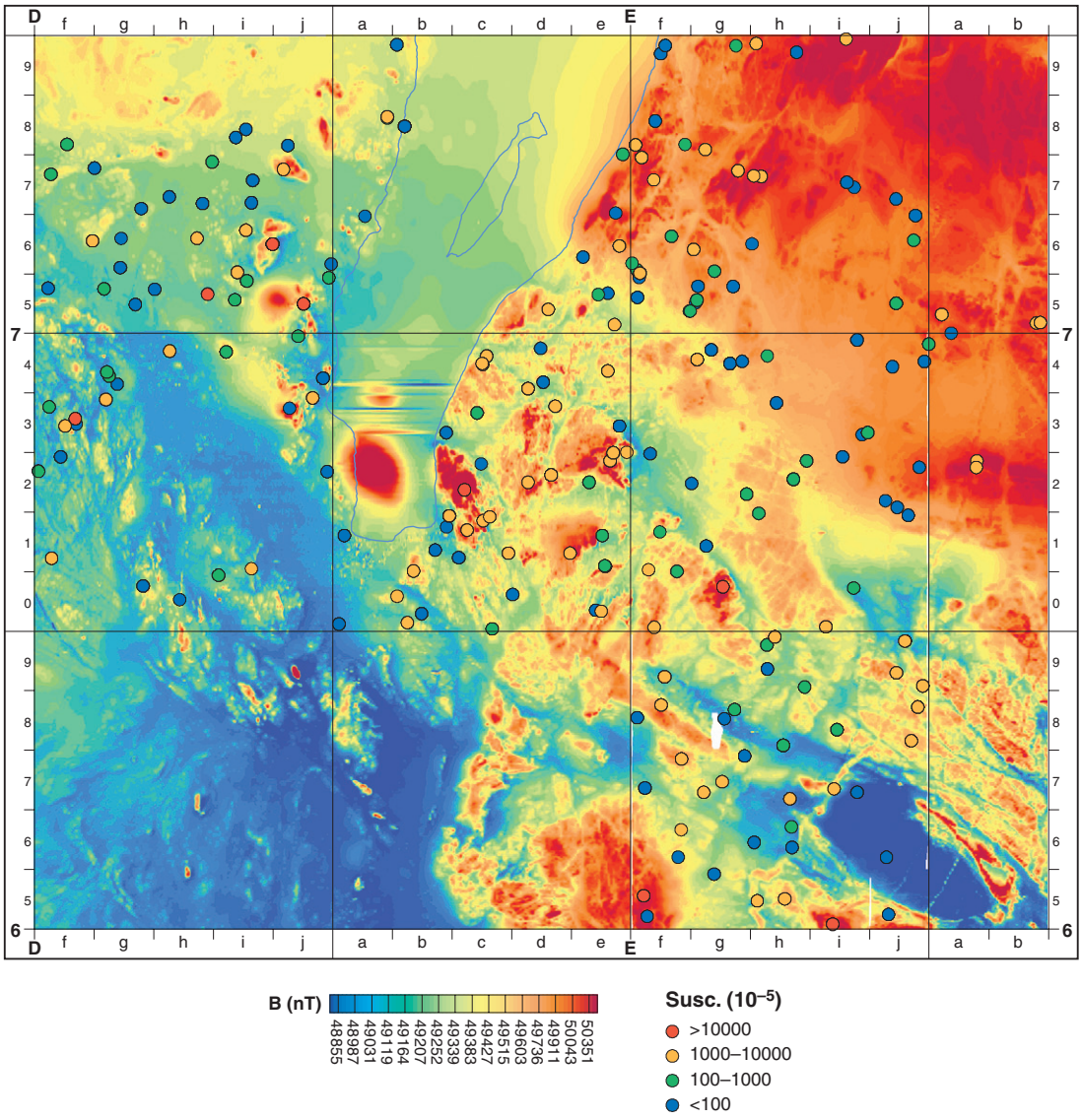


Fig. 15. Magnetiskt totalfält, reducerat till pol, i årets undersökningsområde vid södra änden av Vättern. Symbolerna visar lägen och susceptibilitetsvärden för bergartsprov. Observera att vid ett flertal av de undersökta lokalerna har fler än ett bergartsprov tagits. I dessa fall anger symbolens färg det maximalt uppmätta susceptibilitetsvärdet.

nord–sydlig samt något uppåtriktad. Ingen häll har påträffats i anknytning till den markanta, positiva magnetiska anomalin vid Gustav Adolf (7D 5 j). Troligen orsakas denna av en basisk bergartskropp.

I ett skogsparti ca 5 km OSO om Daretorp har en blottning av ytbergartsgnejs undersökts (7D 9 j). Mätningarna på hällar visar en starkt varierande susceptibilitet (20–6 000 x 10^{-5} SI-enheter), en kaliumhalt av 2,0–2,8 % samt uran- och toriumhalter av 1–4 ppm respektive 5–15 ppm. Samuelsson m.fl. (1988) beskriver denna lokal med anledning av det ovanliga mineralinnehållet, bl.a. sulfider.

I den norra delen av kartbladsområdet 7D Ulricehamn NO återfinns paleozoisk berggrund, som endast är blottad vid några få lokaler och därför ej har undersökts i någon större utsträckning. Uranförhöjningen i det nordvästra hörnet av området, vilken indikeras av den radiometriska flygmätningen, orsakas med all sannolikhet av alunskiffer. Någon häll med alunskiffer har inte påträffats.

7E Jönköping SV

Spektrometermätning på häll i och omkring tätorterna Jönköping och Huskvarna visar överlag måttliga nivåer av den naturliga gammastrålningen. En av mätningarna visade ett gammaindex något större än 1, övriga mätningar visade gammaindex mindre än 1.

I området mellan Landsjön och Bunn (7E 3–4 d–e) visar resultaten från den radiometriska flygmätningen en markant, ungefär ost–västlig gräns vid vilken halterna av torium och uran förändras distinkt (fig. 16). Norr om denna gräns förekommer huvudsakligen röd granit, med inslag av syenit och metaryolit. Dessa bergarter har vanligen relativt höga kaliumhalter (4,2–5,8 %), relativt låga uranhalter (1,4–3,1 ppm) samt varierande toriumhalter (3–13 ppm). I området söder om gränsen (7E 3 d–e), där flygmätningen indikerar låga uran- och toriumhalter, har endast en spektrometermätning utförts, och den gjordes på en monzonit. Även denna bergart har relativt hög kaliumhalt (4,2–4,7 %), men uran- och toriumhalterna är mycket låga (0,5–1,1 ppm respektive 0,6–1,6 ppm). Fördelningen av kalium- och toriumhalterna för denna monzonit avviker tydligt från den generella trenden inom projektområdet (jfr fig. 10).

7E Jönköping NO (och NV)

I den västra delen av 7E NO förekommer granit till kvartsmonzonit jämte monzodioritiska bergarter med basiska inslag. Densiteten är låg i de granitiska delarna och relativt hög i de kvartsmonzodioritiska inslagen. Tyngdkraftsmätningarna är relativt glest fördelade, men visar ändå att hela kartområdet domineras av lätta bergarter. De relativt små avgränsade tyngdkraftsförhöjningarna antyder att de kvartsmonzodioritiska bergarterna inte har något större djupgående. De högsta susceptibilitetesvärdena, upp till 4 000 x 10^{-5} SI-enheter, är mätta på kvartsmonzodioriter. De kan avgränsas relativt väl på den flygmagnetiska kartan. Strålningsnivåerna är generellt låga i kvartsmonzoniter och kvartsmonzodioriter, medan de granitiska bergarterna uppvisar de högsta gammastrålningsvärdena i kartområdet, med halter upp till 6,9 ppm uran.

Det finns få basiska djupbergarter i kartområdet och de har sedvanligt hög densitet. Mätningar av deras in situ-susceptibilitet ger värden upp till 20 000 x 10^{-5} SI-enheter. I den norra delen av kartområdet, nordost om sjön Trehörna, sammanfaller en kraftig magnetisk anomali med en relativt svag tyngdkraftsförhöjning. Anomalierna orsakas av en förskiffrad granitisk till granodioritisk bergart. Just norr om kartområdet finns hällar med högmagnetisk gabbro. Utvärdering av petrofysiska data för gabbron pågår.

Öster om Vättern har susceptibilitetsvärden upp till 25 000 x 10^{-5} SI-enheter uppmätts i en diabasgång. Orienterade prover av diabasen har tagits, men resultaten av mätningarna är inte entydiga beträffande remanensriktningen.

Kartområdet har spektrometermätts vid 31 punkter och bergartsprov har tagits vid samtliga mätobjekt. Mätningarna har prioriterats i den västra delen av mätområdet. Endast 5 spektrometerpunkter är uppmätta på vulkaniterna i kartområdet. Resultaten visar höga kaliumhalter på 4,2 till 4,9 %, uranhalter på 3,6 till 5,8 ppm samt toriumhalter på 12,3 till 15,8 ppm. Vulkaniternas densitet och

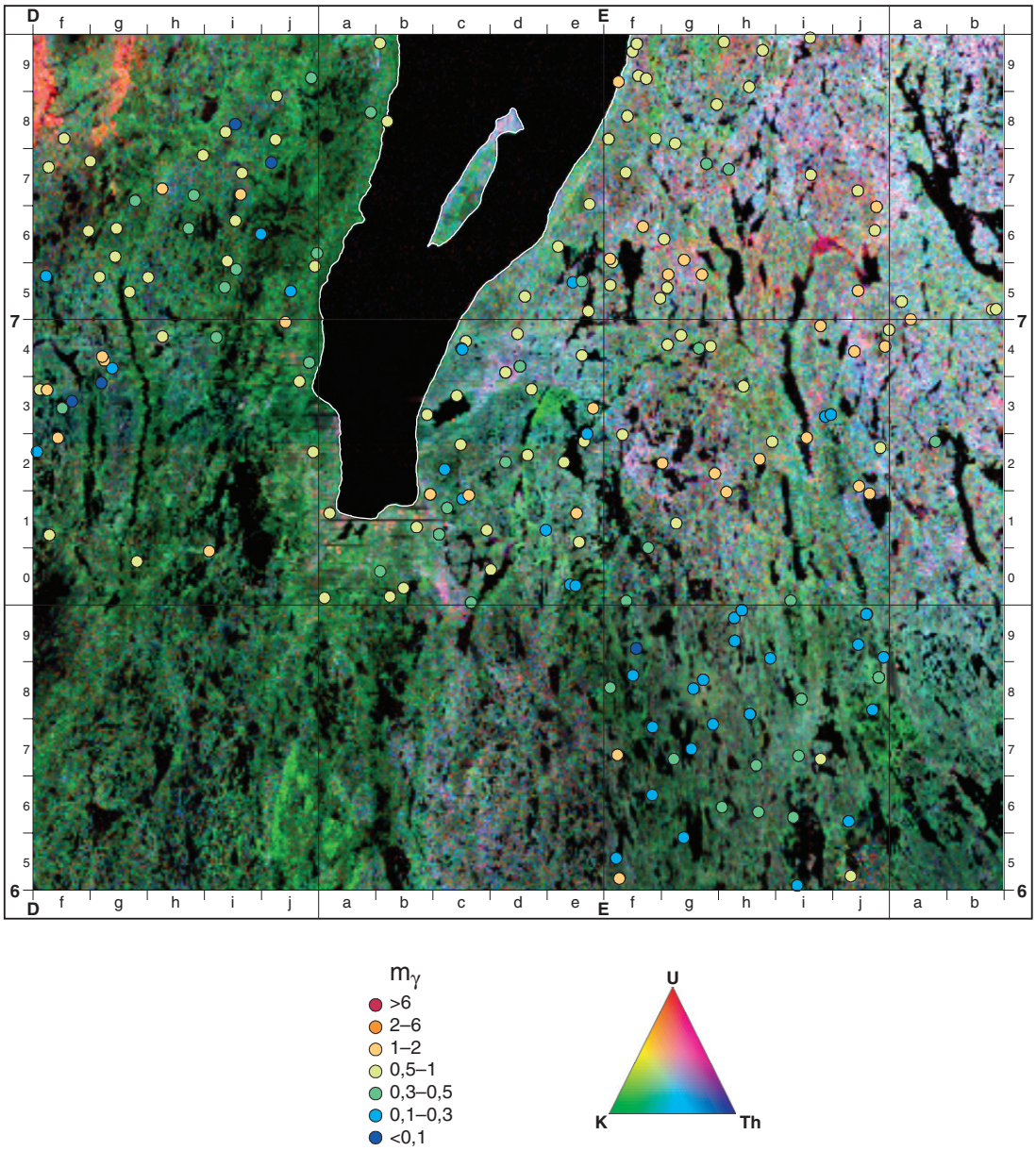


Fig 16. Färgkompositbild över beräknad fördelning av uran, kalium och torium, baserad på flygmätning. Kartan omfattar årets undersökningsområde vid södra änden av Vättern. Ljus ton markerar hög intensitet av total gammastrålning. Symbolernas lägen visar fördelningen av spektrometermätningar på häll, symbolernas färg visar gammaindex beräknade från dessa mätningar.

magnetisering är låga, och tyngdkraftsdata och den flygmagnetiska mätningen visar att detta gäller generellt inom kartområdet.

Spektrometermätningar från området med alkalina bergarter vid Norra Kärr (8 f) visar värden på 3,1 % kalium, 2,8 ppm uran samt 6 ppm torium för grännaiten. Enstaka små områden med kraftigt förhöjd gammastrålning förekommer i partier med nefelinsyenit. Där har uppmätts mer än 97 ppm uran samt 418 ppm torium.

I kartområdet 7E Jönköping NV finns äldre, gnejsig granitoid vid Askarp (5 d) på Vätterns östra sida. Berggrundens innehåll av kalium, uran och torium är här 3,1–3,4 %, 3,0-4,8 ppm respektive 10,2–12,4 ppm, vilket är något lägre än för omgivande graniter. Mätvärdena är mer i nivå med de som registrerats för kvartsmonzoniter i kartområdet 7E NV/NO.

7E Jönköping SO

De radiometriska mätningarna visar på höga gammastrålningsvärden i hela området 7E Jönköping NO/SO. Markmätningarna visar att vulkaniter och graniter har högre värden än kvartsmonzoniter och granodioriter. Graniterna utgör de mest högstrålande bergarterna i kartområdet. Typiska värden är 4 % kalium och ca 20 ppm torium. Uranhalterna är 5–6 ppm men värden upp till 9,7 ppm har uppmätts.

Strålningsmässigt har de bergarter i den södra delen av kartområdet, vilka är markerade som gnejsgraniter på PÖB-kartan, distinkt lägre värden än övriga plutoniter i kartområdet. Kaliumvärdena är 1,1–1,6 %, vilket antyder en granodioritisk till tonalitisk sammansättning. Även uranhalterna är låga, 1,3–2,8 ppm. Toriumhalterna ligger på en jämn nivå och visar värden på 4,7–5,4 ppm. Tyngdkraftsdata visar en förhöjning mot den gräns som syns tydligt i magnetiska data (fig. 14). I de blottningar av gabbro som är belägna i kontaktzonen mot granitoiderna har orienterade prover tagits. En god korrelation föreligger där mellan tyngdkraftsdata och magnetiska data.

Mätningar på diabas i kartområdet 7E SO vid Ingamåla (3 i) visar att den remanenta magnetiseringen är av samma typ som den i postjotnisk diabas, dvs. med svagt uppåtriktad remanens i första kvadranten. Remanensens orientering är mer nordlig och horisontell, men framför allt är magnetiseringen endast 300 x 10^{-5} SI-enheter och remanensen mycket låg med Q-kvoter på 0,4. Detta medför också att de flackt liggande gångarna endast ger magnetiska kantanomalier. Mätresultaten visar att utbredningen av diabaserna är liten, jämfört med de större diabastäcken som finns i kartområdet söder därom. Tyngdkraftsfältet i kartområdet 7E SO domineras av ett regionalt minimum. De radiometriska mätningarna visar på sedvanligt låga värden för diabasen. Värden på 0,9 till 1,5 % kalium och 0,8–1,5 ppm uran samt 1,8–3,3 ppm torium har uppmätts.

7F Tranås SV

Endast de ost–västliga magnetiska anomalierna vid N. Holma (3 a) har följts upp med bl.a. insamling av bergartsprover. Densiteterna på monzoniterna har värden kring 2 830 kg/m³. Susceptibiliteterna är höga och värden upp till 6 000 x 10^{-5} SI-enheter har noterats. Gammastrålningsmätningarna visar på 1,6 till 2,2 % kalium, 2,1–2,7 ppm uran och 7,0–8,3 ppm torium för de högmagnetiska bergarterna.

6E Nässjö NO

Spektrometermätningar på häll visar i allmänhet låga till måttliga strålningsnivåer (maximalt gammaindex uppgår till 1,2). Ett fåtal mätningar utfördes i eller strax utanför tätorterna Nässjö och Eksjö. Samtliga dessa mätningar visar ett gammaindex mindre än 0,5.

Diabas har stor utbredning i området, huvudsakligen i form av flacka skikt. Den långsträckta, vindlande avvikelsen i magnetfältet i den södra delen av området (6E 5 h) orsakas troligen av en flackt liggande diabas. Även mindre kroppar av basiska plutoniter förekommer. För det mesta har de tyngre bergartsproverna, med densitet över 2 800 kg/m³, starkt varierande susceptibilitet (50–10 000 x 10^{-5} SI-enheter). Bergarter med en densitet över 2 900 kg/m³ har även en viss variation i halterna av radiometriska element (0,8–1,8 % kalium, 0,5–1,9 ppm uran samt 0,6–4,6 ppm torium).

Sammanlagt insamlades nio orienterade prover, varav fyra dock hade en densitet strax under 2 800 kg/m³. Proverna visar en remanent magnetisering som huvudsakligen har samma riktning som det jordmagnetiska fältet och en styrka som är låg till måttlig i jämförelse med styrkan av den inducerade magnetiseringen (Q=0,15–1,0).

Sedimentära bergarter tillhörande Almesåkragruppen uppträder i stor utsträckning inom området, huvudsakligen inom den centrala lågmagnetiska delen. Mätning på prover av grå sandsten (preliminär bergartsbedömning) visar generellt susceptibilitetsvärden under ca 10 x 10^{-5} SI-enheter samt densitetsvärden mellan 2 570 och 2 640 kg/m³. Kaliumhalten är 0,7–2,3 %, uran- och toriumhalterna är

0,6–1,5 respektive 1,6–3,2 ppm.

Vid sjön Nömmen finns ett relativt stort område inom vilket magnetfältet genomgående är lågt (6E 5–6 i–j). Vid två lokaler har granodiorit respektive tonalit observerats. Mätningarna visar på en låg magnetiseringsgrad (25–30 x 10^{-5} SI-enheter) samt kaliumhalter på ca 1,4 respektive 2,4 %.

REFERENSER

Adamson, O.J., 1944: The petrology of the Norra Kärr district. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 66*, 113–255.

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. *GFF 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.

Blaxland, A.B., 1977: Agpaitic magmatism at Norra Kärr? Rb-Sr isotopic evidence. *Lithos 10*, 1–8.

Blomberg, A., 1906: Beskrivning till kartbladet Gällö. *Sveriges geologiska undersökning Aa 131*, 38 s.

Blomberg, A., 1907: Beskrivning till kartbladet Boxholm. *Sveriges geologiska undersökning Aa 140*, 37 s.

Bruun, Å., Kornfält, K.-A., Sundberg, A., Wik, N.-G., Wikman, H. & Wikström, A., 1991: Malmer, industriella mineral och bergarter i Kalmar län. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 65*, 176 s.

Collini, B., 1951: *I* Geijer, P., Collini B. & Sandegren R., 1951. Beskrivning till kartbladet Gränna. *Sveriges geologiska undersökning Aa 193*, 100 s.

von Eckermann, H., Larsson W., Norin E., Gorbatschev R. & Quensel P., 1960: Alkaline rocks and mineral deposits of southern, central and northern Sweden. *Sveriges geologiska undersökning Guidebook 1*.

von Eckermann, H., 1968: New contributions to the interpretation of the genesis of the Norra Kärr alkaline body in southern Sweden. *Lithos 1*, 76–88.

Gavelin, A., 1912: Beskrifning till kartbladet Tranås. *Sveriges geologiska undersökning Aa 135*, 75 s.

Geijer, P., Collini, B., Munthe, H., & Sandegren, R., 1951: Beskrivning till kartbladet Gränna. *Sveriges geologiska undersökning Aa 193*, 100 s.

Gorbatschev, R., 1980: The Precambrian developement of southern Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 102*, 129–136.

Hedström, H., 1917: Beskrivning till kartbladet Eksjö. *Sveriges geologiska undersökning Aa 129*, 107 s.

Hedström, H. & Wiman, C., 1906: Beskrivning till blad 5 omfattande de topografiska kartbladen Lessebo, Kalmar, Karlskrona, Ottenby (samt Utklipporna). *Sveriges geologiska undersökning A_1a 5*, 124 s.

Johansson, L. & Johansson, Å., 1990: Isotope geochemistry and age relationships of mafic intrusions along the Protogine Zone, southern Sweden. *Precambrian Research 48*, 375–414.

Kornfält, K.-A. & Bruun, Å., 2002: Beskrivning till berggrundskartan 3G Kristianopel NV. *Sveriges geologiska undersökning Af 211*, 52 s.

Kornfält, K.-A. & Vaasjoki, M., 1999: U-Pb zircon datings of Småland and Karlshamn granites from southeasternmost Sweden. *I* T. Lundqvist (red.): *Radiometric dating results 4. Sveriges geologiska undersökning C 831*, 20–32.

Kristinen, T., Stephens, M.B., Bogatchev, V., Nordgulen, O., Wenerström, M. & Korhonen, J., 2001: Geological Map of the Fennoscadian Shield, scale 1: 2 000 000. *Geological surveys of Finland, Norway and Sweden and The North-West Department of Natural Resources of Russia*.

Lundqvist, T., 1979: The Precambrian of Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C 768*, 87 s.

Lundqvist, T., Bygghammar, B., Stephens, M.B., Beckholmen, M. & Norling, E., 1994: Sveriges berggrund i skala 1:250 000. *I* C. Fredén (red.): *Berg och jord.* Sveriges Nationalatlas.

Magnusson, N.H., Thorslund, P., Brotzen, F., Asklund, B. & Kulling, O., 1962: Beskrivning till karta över Sveriges berggrund. *Sveriges geologiska undersökning Ba 16,* 177 s.

Mansfeld, J., 1995: Crustal evolution in the southeastern part of the Fennoscandian Shield. *Meddelanden från Stockholms universitets institution för geologi och geokemi, nr 289*, 14 s.

Munthe, H., 1902: Beskrivning till kartbladet Kalmar. *Sveriges geologiska undersökning Ac 6*, 117 s.

Munthe, H. & Gavelin, A., 1907: Beskrivning till kartbladet Jönköping. *Sveriges geologiska undersökning Aa 123*, 166 s.

Månsson, A.G.M., 1996: Brittle reactivation of ductile basement structures; a tectonic model for the Lake Vättern basin, southern Sweden. *GFF 118 Jubilee Issue*, A19.

Nilsson, M. & Wikman, H., 1997: U-Pb zircon ages of two Småland dyke porphyries at Påskallavik and Alsterbro, southeastern Sweden. *I* T. Lundqvist (red.): *Radiometric dating results 3. Sveriges geologiska undersökning C 830*, 31–40.

Persson, L. & Röshoff, K., 1975: Precambrian rocks in southern Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C 716*, 17 s.

Persson, L., 1985: Beskrivning till berggrundskartorna Vetlanda NV och NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 150 och 151*, 138 s.

Persson L. & Wikman, H., 1986: Beskrivning till provisoriska översiktliga berggrundskartan Jönköping. *Sveriges geologiska undersökning Ba 39*, 25 s.

Persson, P.- O. & Wikman, H., 1997: U-Pb zircon ages of two volcanic rocks from the Växjö region Småland, south central Sweden. *I* T. Lundqvist (red.): *Radiometric dating results 3. Sveriges geologiska undersökning C 830*, 50–56.

Persson, P.-O. & Wikström, A., 1993: U-Pb-dating of the Askersund granite and its marginal augen gneiss. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 115*, 321–329.

Rodhe, A., 1987: Depositional environments and lithostratigraphy of the middle Proterozoic Almesåkra group, southern Sweden. *Sveriges geologiska undersökning Ca 69*, 80 s.

Rudmark, L., 1988: Beskrivning till jordartskartan 5G Oskarshamn SO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 84*, 90 s.

Röshoff, K., 1975: Some aspects of the Precambrian in south-eastern Sweden in the light of a detailed geological study of the lake Nömmen area. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 97*, 368–378.

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.

Stephens, M. B., Wahlgren, C.-H. & Weihed, P., 1997: Sweden. *I* E.M. Moores & R.W. Fairbridge: *Encyclopedia of European and Asian Regional Geology. Chapman & Hall, London*, 690–704.

Sundblad, K., Mansfelt, J. & Särkinen, M., 1997: Paleoproterozoic rifting and formation of sulphide deposits along the south-west margin of the Svecofennian Domain, southern Sweden. *Precambrian Research 82*, 1–12.

Stolpe, M., 1892: Beskrivning till kartbladet Nydala. *Sveriges geologiska undersökning Ab 14*, 69 s.

Söderlund, U., Rodhe, A., 1998: Constraints on syn-intrusive ca 1.8 Ga conglomerate deposits associated with the Småland-Värmland Belt, SE Sweden; Pb-Pb zircon evaporation dating of the Malmbäck conglomerate. *GFF 120*, 69–74.

Vidal, G., 1979: Acritarchs and the correlation of the upper Proterozoic. *Publications from the Inst. of Min., Pal. And Quat. Geology, Univ. of Lund, Sweden 219*.

Vidal, G., 1982: *I* L. Persson, G. Vidal & Å. Bruun, 1982: Beskrivning till berggrundskartan Hjo NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 120*, 112 s.

Wahlgren, C.-H., Cruden, A.C. & Stephens, M.B., 1994: Kinematics of a major fan-like structure in the eastern part of the Sveconorwegian orogen, Baltic Shield, south Central Sweden. *Precambrian research 70*, 67–91.

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.

Åberg, G. & Kornfält, K.-A., 1986: Rb-Sr whole-rock dating of the Eringsboda and Klagstorp granites, southern Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 107*, 197–202.

E-post: ulf.bergstrom@sgu.se dick.claeson@sgu.se niklas.juhojuntti@sgu.se leif.kero@sgu.se
lena.lundqvist@sgu.se sam.sukotjo@sgu.se mats.wedmark@sgu.se nils-gunnar.wik@sgu.se
hugo.wikman@sgu.se



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 2003
ISSN 0349-2176
ISBN 91-7158-681-4
Tryck: Elanders Tofters, Östervåla