



Sveriges geologiska undersökning

Berggrundsgeologisk undersökning – Sammanfattning av pågående verksamhet 2009

*Bedrock mapping
Summary of ongoing activities 2009
with an introduction in English*



Hans Delin (red.)

Berggrundsgeologisk undersökning – Sammanfattning av pågående verksamhet 2009

SGU-rapport
2010:2

SGU-rapport
2010:2

Omslagsbild: Mylonitzonen vid Vänern. Getgarsudden, nordöstra delen av Värmlandsnäs.
Projekt Karlstad. Foto Hans Delin.

© Sveriges geologiska undersökning

Layout: Agneta Ek, SGU

INLEDNING

I denna skrift presenteras sammanfattningar av de fältarbeten och övriga undersökningar som utfördes under fältsäsongen 2009 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 femtonde rapporten i sitt slag. Fältarbetena från år 2008 har inte avrapporterats. 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 själva 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 30 oktober 2009.

Den insamlade berggrundsgeologiska och geofysiska informationen lagras successivt i SGUs databaser. De färdiga berggrundskartorna är tillgängliga som kartdatabaser och i de flesta fall även i tryckt form. En översiktskarta för pågående projekt visas i figur 1.

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 2009 within the Geological Survey of Sweden's (SGU) programme for bedrock mapping. It aims to present the status of bedrock map production at SGU as at 30th October 2009 and to provide access to new geological information from ongoing projects prior to final release when the material is published.

This report series started with the field works of 1994 and the present one is the fifteenth volume. The field works of the year 2008 are not reported. The reports in all these volumes are relatively short and general in character and provide preliminary results from ongoing projects. As in earlier volumes, the reports presented here have not been subjected to a peer scientific review and the authors are solely responsible for the information provided in the individual contributions. If you are interested in more information from the individual projects, please do not hesitate to contact directly the responsible geologist or geophysicist. However, information cannot be fully released to the general public before the final compilation and publication.

The location of the ongoing mapping projects can be seen in Figure 1. Geological and geophysical information from the mapping projects is stored in SGU's databases. The compiled information is available as map databases and in most cases also as printed bedrock geological maps.

Hans Delin
Senior State Geologist

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

PROSPEKTERINGSINTRESSANTA OMRÅDEN. KARTOR 1:50 000

Projekt Dals Ed–Mellerud	7
Ulf Bergström, Göteborg, Johan Jönberger, Lutz Kübler, Uppsala, Inger Lundqvist, Göteborg, Per Nysten, Uppsala och Karin Rasmussen, Lund	
Projekt Boden–Jäkkvik	17
Benno Kathol, Sven Aaro och Johan Jönberger, Uppsala	
Projekt Sydvästra Norrbotten	43
Ildikó Antal Lundin, Uppsala, Dick Claeson, Lund, Fredrik Hellström och Leif Kero, Uppsala	
Kartområdet 27J Porjus SV	46
Kartområdet 26I Luvos	57

TÄTORTSPROJEKT. KARTOR 1:50 000

Projekt Falkenberg, berg	70
Jenny Andersson, Leif Kero, Uppsala, Inger Lundqvist, Göteborg och Charlotte Möller, Lund	
Projekt Kungälv–Kungsbacka, bergkvalitet	71
Lena Persson och Mattias Göransson, Uppsala	
Projekt Karlstad, berg och bergkvalitet	78
Magnus Ripa, Martin Ahl, Torbjörn Bergman, Hans Delin, Cecilia Jelinek, Lutz Kübler och Michael Stephens, Uppsala	
Kartområdet 10C Åmål NO	85
Kartområdet 11D Munkfors SV	89
Kartområdet 10D Karlstad NV	92
Kartområdet 10D Karlstad NO	96
Kartor och övriga publikationer 2008–2009	100

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. 018-17 90 00

Sveriges geologiska undersökning
Kiliansgatan 10, 223 50 Lund
Tel. 018-17 90 00

Sveriges geologiska undersökning
Skolgatan 11, 930 70 Malå
Tel. 0953-346 00
Fax. 0953-216 86

PROSPEKTERINGSINTRESSANTA OMRÅDEN. KARTOR 1:50 000

Dals Ed–Mellerud

Ulf Bergström, Johan Jönberger, Lutz Kübler, Inger Lundqvist, Per Nysten och Karin Rasmussen

Projekt ”Dals Ed–Mellerud, berg” startade under våren 2009 och planeras vara avslutat under hösten 2013. Det ingår i SGUs reguljära kartläggning av berggrunden i prospekteringsintressanta områden. Projektets syfte är att ta fram berggrundsgeologisk information som underlagsmaterial till kommuner, länsstyrelse, prospekteringsföretag m.fl. Informationen omfattar berggrundsgeologiska kartdata, hällobservationer, litogeokemi, åldersbestämningar, mineralfyndigheter, petrofysik och geofysiska markmätningar.

Projektet omfattar ett ca 3 285 km² stort område väster om Vänern, motsvarande de topografiska kartbladen 9B Dals Ed SV, NV, NO och 9C Mellerud NV samt delar av kartbladen 9B Dals Ed SO, 9C Mellerud SV och 8C Lidköping NV. Området omfattar hela eller delar av Åmåls, Bengtsfors, Eds, Tanums, Munkedals, Färgelandas och Melleruds kommuner. Kartläggningen delas upp i fyra fält-säsonger enligt plan i figur 1.

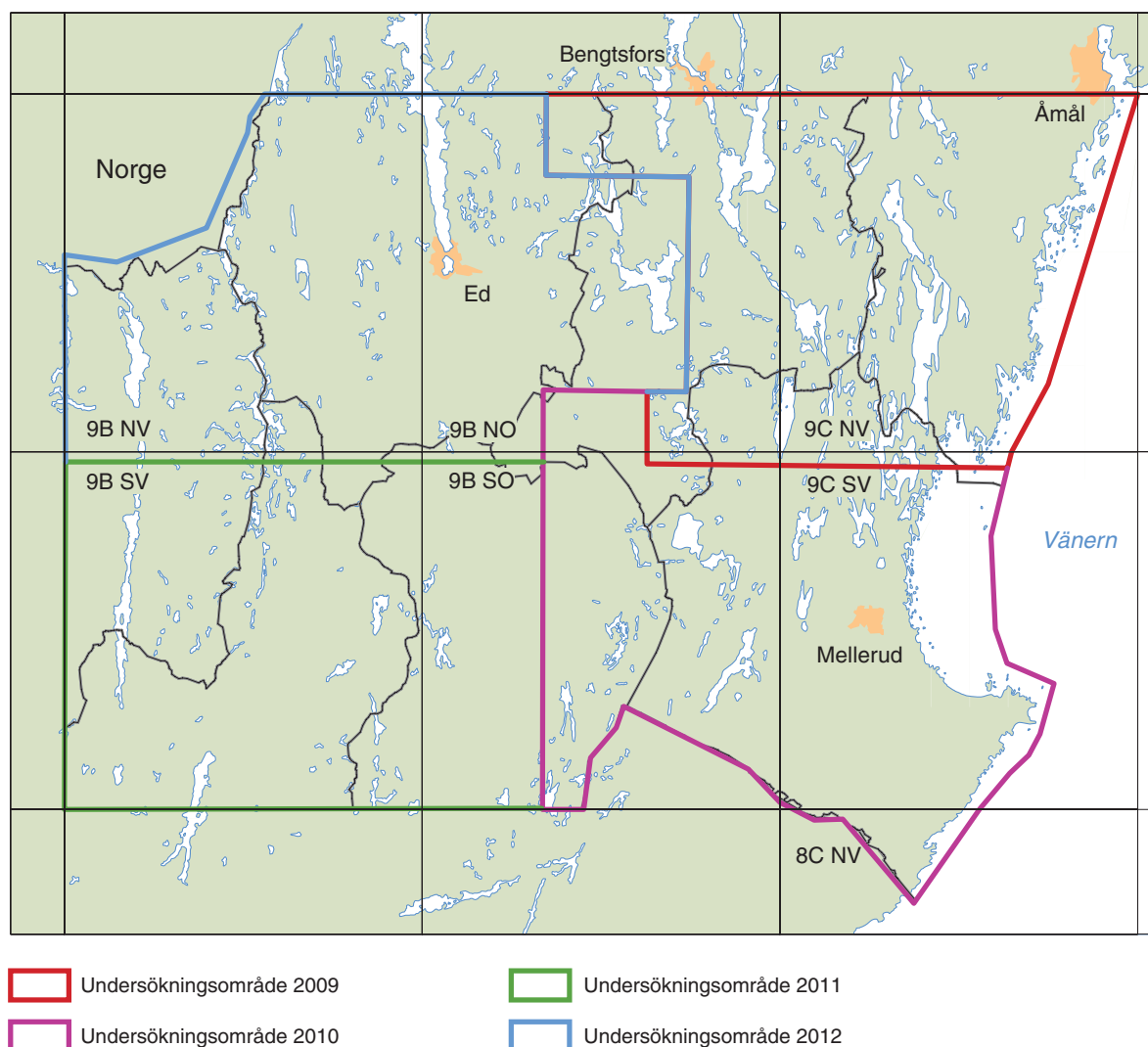


Fig. 1. Projektområdet med planerad yta för fältundersökningar.

Bakgrund

Regional berggrundsinformation med tillhörande beskrivning finns för hela projektområdet (Wik m.fl. 2002), inklusive en dokumentation av de malmförekomster som är belägna där. Äldre kartläggning som gjorts av SGU finns i skala 1:50 000 över de östra delarna av projektområdet: kartbladen Aa 34 Åmål (Törnebohm 1870), Aa 35 Baldersnäs (Hummel & Erdmann 1870), Aa 36 Vingeshamn (Törnebohm 1870), Aa 37 Upperud (Törnebohm 1870), Aa 38 Degeberga (Karlsson 1870) och Aa 39 Rådanefors (Karlsson & Wahlqvist 1870). I de västra delarna av projektområdet finns de översiktliga kartorna Ac 1 Strömstad (De Geer 1902) och Ac 2 Fjällbacka (Svedmark 1902) i skala 1:100 000. Söder om projektområdet genomförde SGU i början av 2000-talet en lokal berggrundskartering (Lundqvist m.fl. 2003), inklusive den del av kartområdet 9B Dals Ed SO som inte omfattas av det aktuella projektet.

Hela projektområdet har undersökts med geofysiska flygmätningar (magnetiska, elektromagnetiska och radiometrisk). Moderna tyngdkraftsdata finns främst för de nordvästra delarna (undersökning utförd 2008). Kompletterande tyngdkraftsdata för övriga delar av projektområdet kommer att göras tillgängliga under 2009.

En regional jordartsundersökning genomfördes av SGU i början av 2000-talet, vilken inkluderar ett modernt hållunderlag i regional skala.

Periodvis har prospektering efter olika mineralresurser bedrivits ganska intensivt i Dalsland, och ett flertal detaljundersökningar som är relaterade till mineraliseringar finns beskrivna, t.ex. Johansson (1985) och Alm (2000).

Resultat från fältarbetet 2009

Under fältsäsongen 2009 kartlades ca 780 km² i de nordöstra delarna av projektområdet. Undersökningen innefattar ca 1100 hällobservationer och ca 100 spektrometerlokaler. Ungefär 40 prover har tagits för litogeokemi och ca 130 för petrofysisk undersökning. Fem lokaler har provtagits för åldersbestämning. Medverkande i fältarbetet har varit Ulf Bergström, Inger Lundqvist, Johan Jönberger och Lutz Kübler. Per Nysten och Carl-Henric Pettersson har varit extrageologer, Karin Rasmussen har varit extrageolog och extrageofysiker.

REGIONAL GEOLOGI OCH GEOFYSIK

Berggrunden inom projektområdet ligger i sin helhet i det Västra segmentet av den Svekonorvegiska provinsen. Den geologiska utvecklingen ryms inom åldersintervallet 1 600 till 900 miljoner år. Bergarterna uppträder i princip längs nord-sydliga strukturer (fig. 2).

I Tössetrakten, som är belägen i de östra delarna av projektområdet, förekommer texturellt relativt välbevarade vulkaniska och sedimentära bergarter med varierande sammansättning. Dessa äldsta bergarter intraderas av två generationer djupbergarter. Den äldre av dem består av två åldersmässigt separerade magmatiska pulser (1 600 resp. 1 560 miljoner år). Bergarterna (Göteborgs- resp. Hisingssviten, Åhäll & Connelly 2008) är svåra att skilja från varandra med avseende på texturer och sammansättning, och särskiljning mellan enheterna görs främst utifrån strukturella kriterier och från dateringar. Den äldre pulsens bergarter förekommer normalt längre åt öster och skulle kunna vara genetiskt relaterade till Tössebältets vulkaniter. Den yngre granitgenerationen är ca 1 300–1 340 miljoner år gammal och uppträder som mer eller mindre distinkta plutoner (Holme 2001) i ett bälte från Göteborgstrakten till Värmland. De varierar i sammansättning och strukturell överprägling.

I de västra delarna av projektområdet dominerar grå, finkorniga gnejser och migmatiter med sedimentärt ursprung (Stora Le–Marstrandgruppen). Även de har intruderats av de två granitgenerationerna ovan och dessutom av den ca 920 miljoner år gamla Bohusgraniten längst i väster.

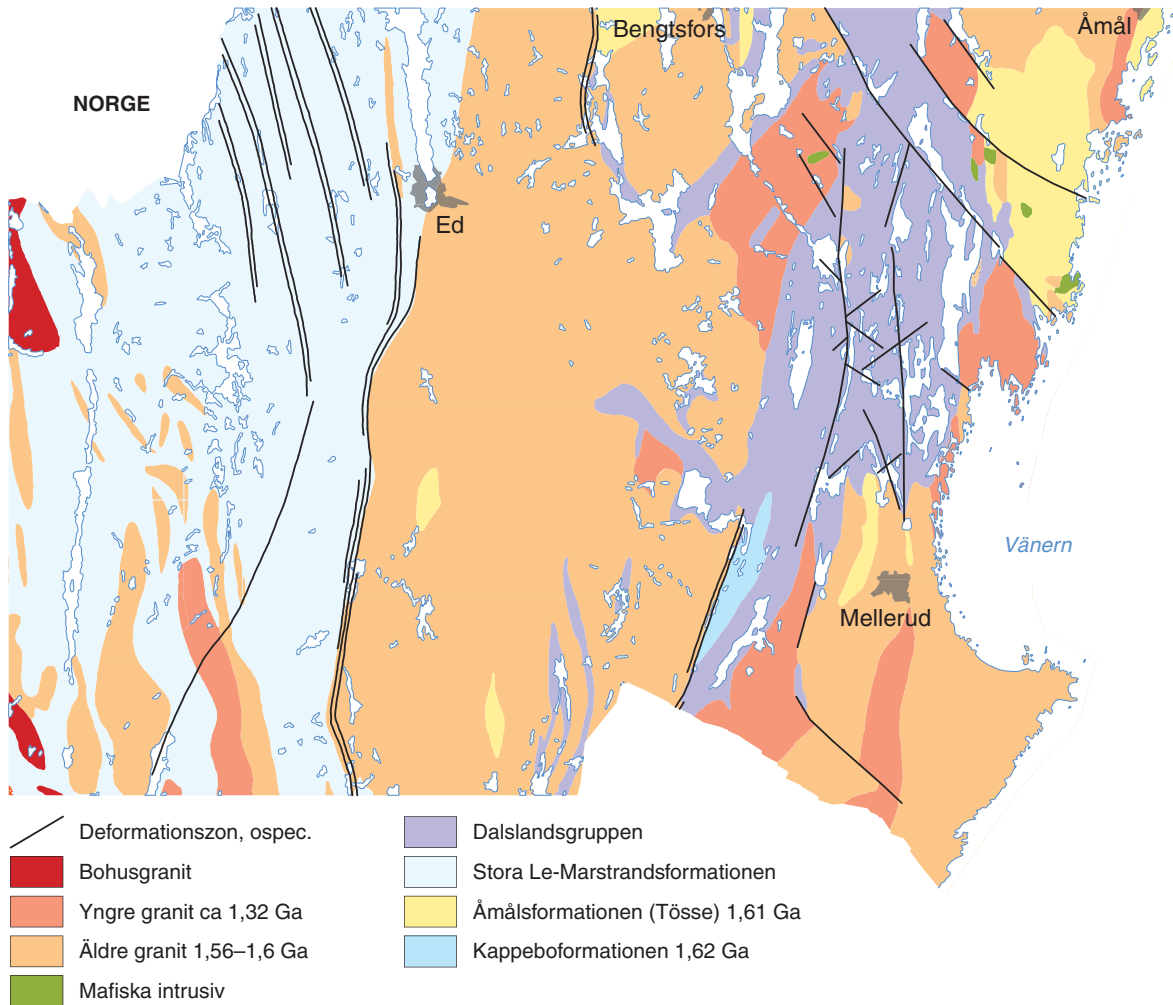


Fig. 2. Regional geologisk kartbild över projektområdet. Förenklad form av berggrundskartan över Västra Götalands län (Wik m.fl. 2002). Ga = miljarder år.

Nära Vänerkusten i öster förekommer den så kallade Dalslandgruppen som består av unga sedimentära bergarter, främst kvartsit, skiffer och arkos med inlagrade basaltiska vulkaniter. Dessa sediment avsattes på en erosionsyta som också inbegriper den yngre granitgenerationen (se ovan, Lundqvist m.fl. 2002), men Dalslandsgruppens bergarter blev i likhet med övriga bergarter tektoniskt överpräglade av den svekonorvegiska orogenesisen för ca 1000 miljoner år sedan. I Dalslandsgruppen kan man se flackt liggande överskjutningar, nord-sydlig veckning samt nord-sydligt och nordvästligt orienterade deformationszoner som olika komponenter av den svekonorvegiska deformationen.

Den regionala, grova indelningen i tre geologiska, nord-sydligt orienterade enheter har en motsvarande geofysisk indelning. Det östra området med huvudsakligen Dalslandsgruppens bergarter uppvisar en tydligt magnetiskt strukturerad bild (fig. 3), förorsakad dels av primära strukturer, dels av deformationen. Det mellersta områdets äldre granitoider varierar mycket lite med hänsyn till både magnetiska och radiometriska egenskaper (fig. 4). Stora Le-Marstrandsgruppens kraftigt omvandlade bergarter uppvisar inga stora amplitudsvängar i magnetfältet, men i de utslätade magnetiska egenskaperna syns ändå en klar strukturering, som med all sannolikhet kan hänföras till den kraftiga metamorfosen.

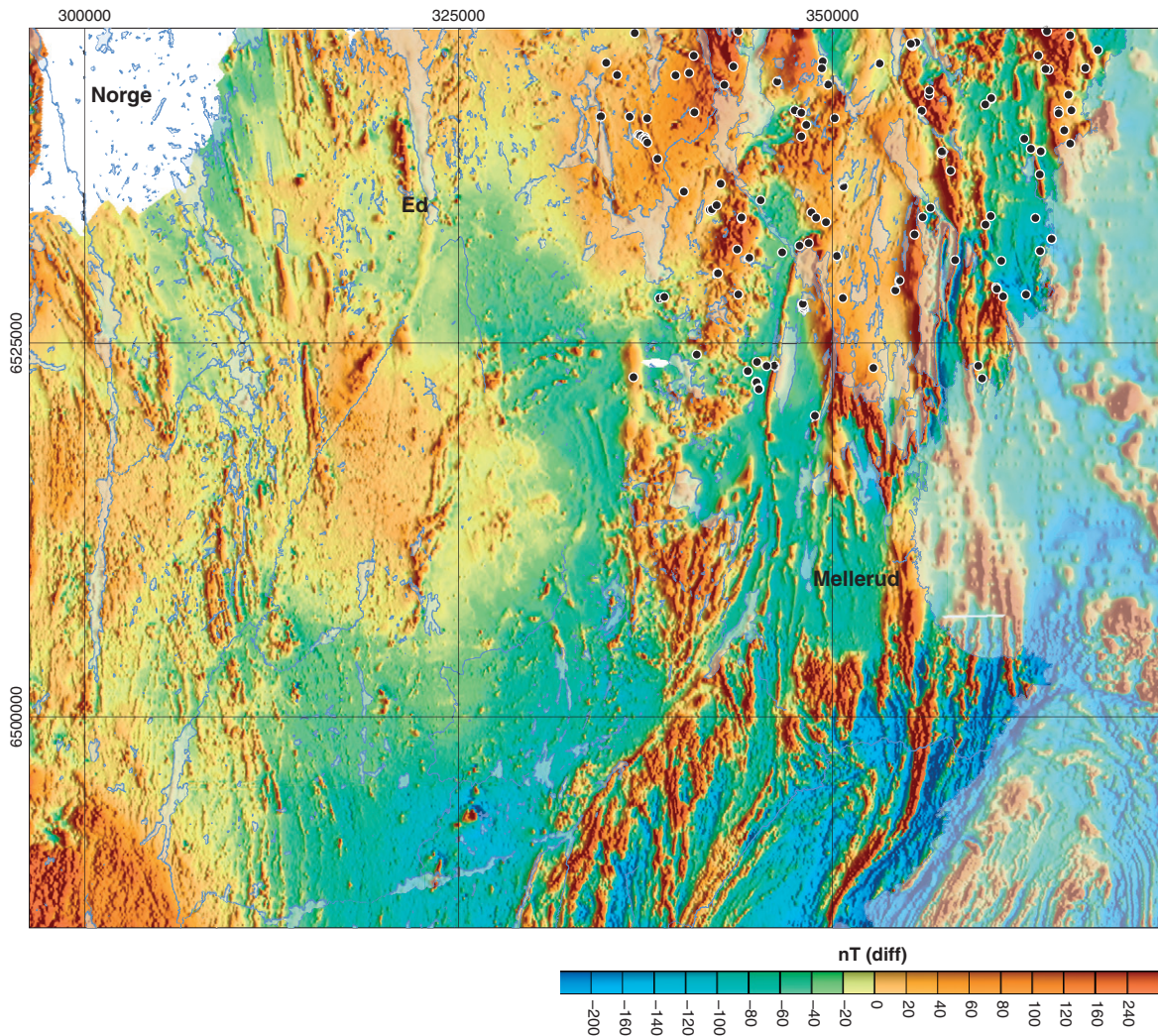


Fig. 3. Magnetanomalifältet över projektområdet. Små cirklar visar läget för årets petrofysiska observations- och provtagningslokaler.

Tössebältets vulkaniska bergarter

Tössebältet har en ungefärlig utbredning av 20×10 km med ett centrum vid orten Tösse. Den troliga basen i den vulkaniska stratigrafien, vilken är exponerad längst i väster, utgörs av gråröda till rödbruna kvarts- och fältspatporfyriska ryoliter (fig. 5a) med ursprung i både ignimbriter och lavaflöden. Längre österut och därmed stratigrafiskt uppåt (ett antal uppåtbestämningar kan göras där) förekommer mörkt gröngrå, vanligen hornblände- och plagioklasporfyriska, andesitiska lavar och vulkanoklastiter (fig. 5b). En enhet med plagioklasporfyriska dacitiska lavar och tuffar överlagrar andesiterna. Daciterna vid Tössestugan (fastighetskartan 65D 3gN) har blivit daterade till 1 614 och 1 619 miljoner år (Lundqvist & Skiöld 1993, Åhäll & Connelly 2008). Daciterna är i sin tur överlagrade av en sedimentär (vulkanisk) enhet av sand- och siltstenar. I denna komplexa sedimentära formation har de omgivande vulkaniterna sannolikt försett sedimenten med material, men vulkaniter kan också förekomma som inlagringar. I formationen finns många lokaler med välbevarade texturer och uppåtbestämningar (fig. 5c,d).

Norr om Tösse är vulkaniterna veckade runt nord-sydliga veckaxlar och bildar en synform. Bilden kompliceras av en betydande växellagring av de olika litologiska enheterna, som också kan uppvisa stora laterala variationer. Vulkaniterna är intruderade av ljust gråröda, relativt finkorniga (subvulkaniska?) graniter vid Kingebol och Östra Bodane, men också av äldre granodioriter till kvartsmonzoniter

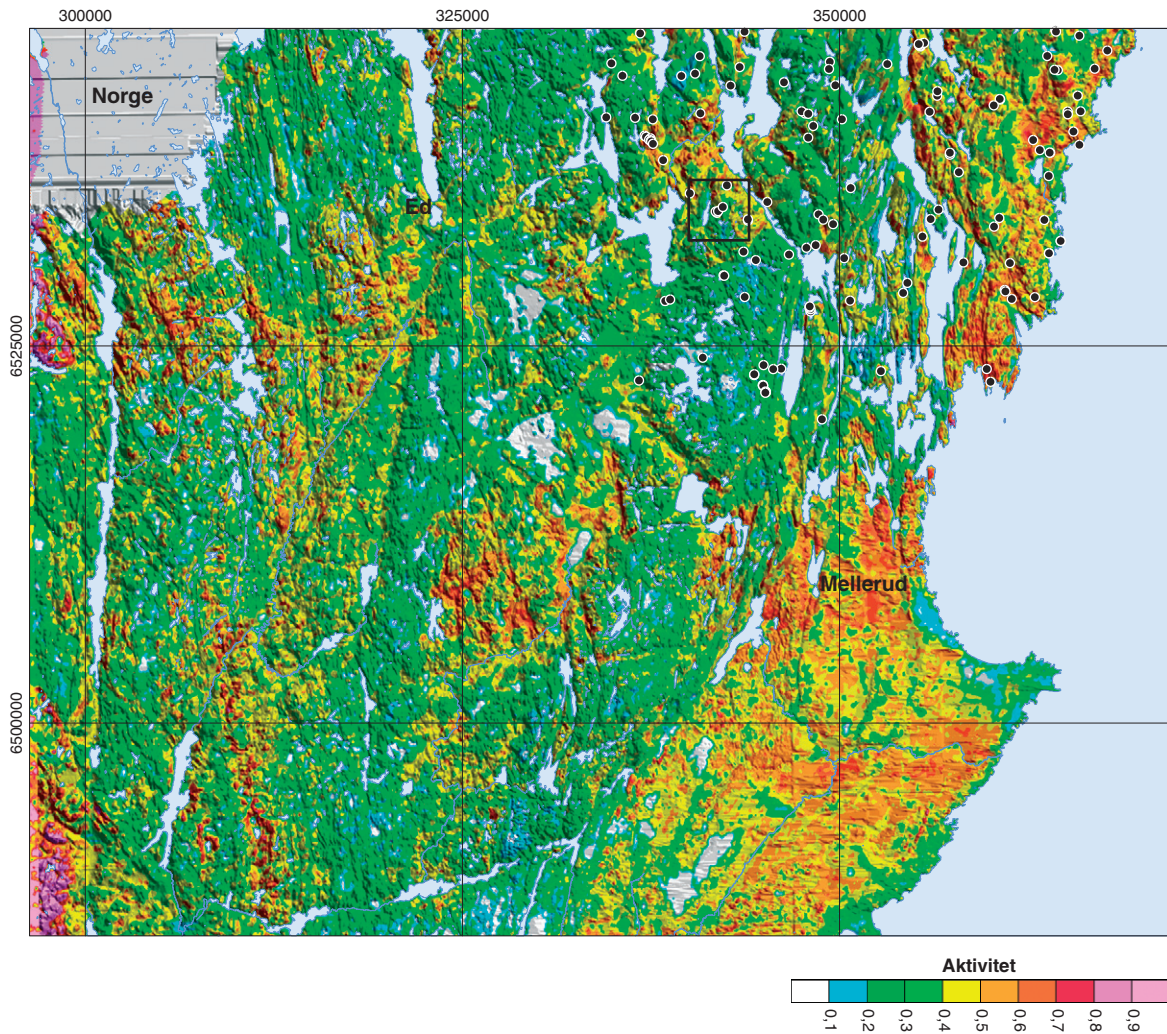


Fig. 4. Radiometrisk karta som visar aktivitetsindexets variation över projektområdet. Små cirklar visar läget för petrofysiska observations- och provtagningslokaler. Svart rektangel motsvarar läget för detaljkartan i figur 7a. Aktivitetsindex= $(313 \cdot CK/3000) + (12.3 \cdot CU/300) + (4.03 \cdot CTh/200)$, där CK, CU och CTh är halterna av kalium (%), uran (ppm) respektive torium (ppm) i marken.

längre norrut. I de nordliga områdena förekommer Tössevulkaniterna i gigantiska breccior eller snarare xenolitansamlingar i de äldre graniterna. Metamorfosgraden i denna enhet tolkas vara epidot-amfibolitfacies, med tanke på den rikliga förekomsten av epidot, framför allt i de andesitiska bergarterna (fig 5b). Sinistrala (vänstervridna), nordvästligt strykande förkastningar överpräglar veckstrukturerna och har förskjutit vulkanitbältet åt sydost sent i den tektoniska utvecklingen.

Dalslandsgruppen

Dalslandsgruppens stratigrafiskt understa delar består av polymikta konglomerat och grova arkoser. De förekommer vid ett flertal lokaler, t.ex. Gyltungebyn (fastighetskartan 65D 3fS) och speglar i många fall det granitiska (och vulkaniska) underlaget. Klasterna i konglomeraten är vanligen i dm-storlek, rundade och matrixstödda. Stratigrafiskt uppåt övergår bottenbildningarna i ljusa till rödgrå kvartsiter (fig. 5e). Denna formation är flera hundra meter mäktig och dominerar vid de yttre gränserna för Dalslandsgruppens utbredning. Vidare uppåt i stratigrafin kommer grå till mörkt grå lerskifferar, kalklerskifferar, underordnade kalkstensbankar (fig. 5f) och breccior. Brecciabergarterna består normalt av lerskifferfragment i en karbonatförande grundmassa, och kan sannolikt ha ett sedimentärt eller tektoniskt ursprung, eventuellt båda. Lerskifferhorisonten innehåller på flera ställen förhöjda uranhalter

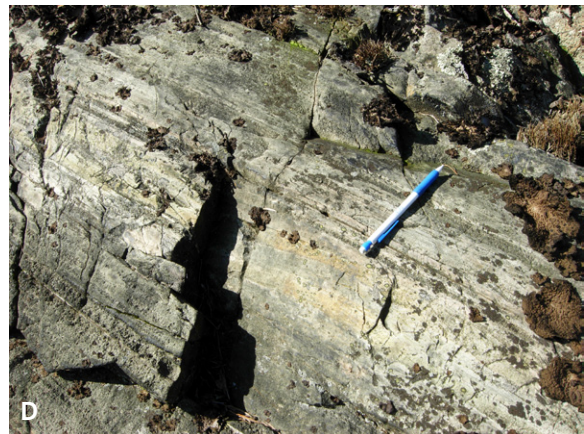
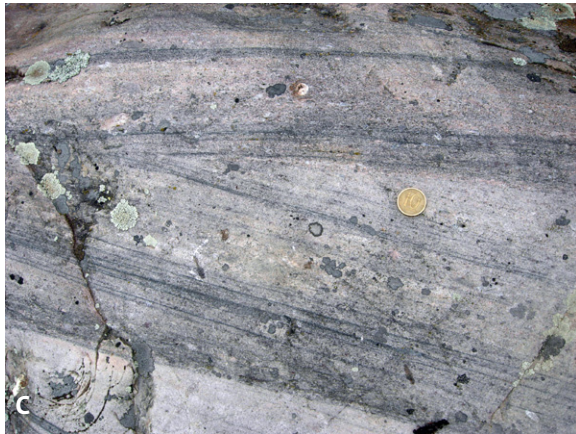


Fig. 5. Foton av bergarter i projektområdet. Koordinater i SWE-REF 99 TM. **A.** Ryolit, kvartsporfyrisk och med tydlig eutaxitisk ignimbrittextur, N. Klöven (6535107/361429). **B.** Andesitisk lava, hornbländeporfyrisk samt metamorfoserad i epidot-amfibolitfacies, Bålgareåsen (6540400/361300). **C.** Sandsten med korskiktning, Rolfskärr (6535272/264952). **D.** Finkornig sandsten till siltsten, laminerad, Ormbergen (6541391/360643). **E.** Ljust röd kvartsit från de stratigrafiskt understa delarna av Dalslandsgruppen, (6527102/345609). **F.** Kontaktzon mellan lerskiffer i de undre delarna av fotot och kvartsit i den övre delen. Kalksten (ca 0,5 m mäktig) kännetecknar kontakten och orsakar en positiv utveckling av växtligheten, Kullen (6522712/352632). **G.** Lerskiffer med inlagrade kvartsitbankar. En tydlig förskifring, med en viss vinkel mot lagringsytorna, är utvecklad endast i skiffern, Valsjön (65387/3568).

(bl.a. uranobjektet Ljungbergen nr 161, Wik m.fl. 2002) och kan därför identifieras i radiometriska flygmättningsdata (fig. 4) som ett smalt, uthålligt led som följer den stora veckstrukturen i området.

Över denna undre lerskifferformation kommer ett antal massiva inlagringar av basaltiska lavar; den så kallade splitformationen. Basalterna är förskiffrade, mörkt gröna, klorit- och epidotförande bergarter som ställvis uppvisar vulkaniska texturer, bland annat mandlar. På grund av den generellt höga magnetiserbarheten i förhållande till omgivande bergarter framträder formationen mycket tydligt i magnetfältsdata, vilket understryker den storskaliga veckningen i denna del av Dalslandsgruppen. Anomalierna i flygmätta data för basalterna ligger också på ett karakteristiskt sätt parallellt med de radiometriska anomalierna i de underliggande lerskifferna. Inlagringarna uppträder på ett flertal stratigrafiska nivåer, separerade av finkorniga sandstenar och skiffrar och med varierande utbredning och mäktighet.

Lerskiffrarna (fig. 5g) fortsätter sedan i en övre formation, också den i långa stycken urananomal, för att sedan övergå stratigrafiskt uppåt till flera hundra meter mäktiga, ljusgrå kvartsiter. De bildar erosionsbeständiga kullar och berg, och på flera ställen förekommer (eller har förekommit) täktverksamhet. Kvartsiterna är konsekvent mycket lågmagnetiska och visar vanligtvis en negativ susceptibilitet. Den yngsta formationen i Dalslandsgruppen är den grå så kallade Lianeskiffern, som normalt har en varierande sammansättning, från arkos till gråvacka. I övergången från kvartsiterna är den i många fall mycket kvartsrik, för övrigt är den tydligt glimmerhaltig. Lianeskifferområdena bildar stora synformer med nord- till nordostligt riktade veckaxlar, som ett tecken på ett relativt regelbundet veckmönster. Det finns också tecken på överskjutningstektonik, med flackt liggande foliation i underliggande graniter, stratigrafisk repetition och förekomst av inskjuvade linser av granit i de sedimentära bergarterna. Talrika sedimentära texturer och uppåtbestämningar möjliggör de stratigrafiska rekonstruktionerna i Dalslandsgruppen.

Granitiska bergarter

Tössebältets vulkaniska bergarter omges och har intruderats av olika granitiska bergarter. Som tidigare nämnts finns graniter inne i bältet, vilka är associerade med ett antal små gabbrointrusioner. Dessa graniter bedöms tillhöra den så kallade A-generationen, som Åhäll & Connelly (2008) kallar Göteborgssviten och som har en ålder av ca 1600 miljoner år. Andra tänkbara medlemmar i denna generation är jämnkorniga graniter till granodioriter som begränsar Tössebältet i nordost.

De stora granitområdena utanför Tössebältet domineras för övrigt av rödgrå, ojämnkorniga till mikroklinporfyriska monzograniter, kvartsmonzoniter och granodioriter (fig. 6a). De tolkas tillhöra den så kallade B-generationen, som Åhäll och Connelly (2008) kallar Hisingsviten och som är ca 1560 miljoner år gammal. Bergarterna har i varierande grad varit utsatta för hydrotermal omvandling, t.ex. den rödfärgade plutonen vid Humletorp (fastighetskartan 65D 4fS). Vid Rotöarna i sydost (fastighetskartan 65D 2gS) finns en kraftig foliation i den porfyriska monzograniten. Det finns en karakteristisk sammansättningsvariation i den här granitgruppen, från en kvartsmonzonitisk typ, t.ex. vid Lintjärnet (fastighetskartan 65D 4fS) till en kvartsrik granodiorit till tonalit (fig. 6b), som vid Heden (fastighetskartan 65D 2eN). Centralt i de norra delarna av karteringsområdet är granodioriten lokalt mylonitisk i nord-sydligt orienterade stråk, vilka troligen kan följas in i kartområdet (tidigare) Aa 187 Vårvik (Larsson & Sandegren 1956). Delvis har här gjorts en omtolkning av berggrunden (tidigare lagd som felsisk till intermediär vulkanit, Wik m.fl. 2002).

De yngre graniterna kan vara svåra att skilja från de äldre graniterna, och tentativt representeras de i karteringsområdet av röda, jämnkorniga, grovt medelkorniga graniter, som på ett flertal ställen visar magmablandningsfenomen. Sannolikt är deras utbredning betydligt mindre än vad som visas på den regionala länskartan (fig. 2). Om man endast tar hänsyn till graniterna i årets undersökningsområde upptäcker man ganska tydliga skillnader i petrofysiska egenskaper. Magnetfältskartan (fig. 3) visar att de yngre graniterna generellt har högre magnetiserbarhet än de äldre. Vid Dals Länged (fastighets-



Fig. 6. Foton av bergarter i projektområdet. Koordinater i SWEREF 99 TM. **A.** Småporfyrisk monzogranit (xenolitförande, ej synligt på fotot), troligtvis tillhörande den s.k. Hisingssviten (ca 1560 milj. år) Hallandsberg (6542685/359806). **B.** Kvartrik granodiorit, sannolikt tillhörande Hisingssviten, Bäckmarken (6529236/346003). **C.** Kvartsgång med sulfider, bildad i samband med deformation sent i den svekonorvegiska tektoniska utvecklingen, Vassbotten (6542264/337420). **D.** Sprickfyllnad med främst hematit, men kan också innehålla magnetit och manganoxider, Kyrkerud (6535715/360016).

kartorna 65D 3e N och S) uppträder en granitpluton som övergår till en finkornig, aplitisk randfacies mot norr. Granitens starkt magnetiska egenskaper framhäver den mot omgivningen och ger en bild av dess utbredning. Också de radiometriska egenskaperna (fig. 4) skiljer den från omgivande bergarter. De yngre graniterna håller förhöjda, ställvis anomala toriumhalter. På toriumkartan från flygmätningarna syns ett högstrålande område väster om Dals Långed, vid koordinaten 6533900/341800 (fig. 7a). Vid anomaliuppföljning med spektrometer i området gjordes försök att förklara och ringa in toriumanomalin genom hållmätningar. Tre lokaler i direkt anslutning till anomalin spektrometern mättes och en parameterstuff togs från en av lokalerna. Två av dem ligger direkt på anomalorsaken som är en röd, fint medelkornig granit (fig. 7b). Totalt gjordes sex spektrometern mätningar på graniten, och halterna ligger inom intervallen 5,2–6,1 % kalium, 4,4–12,3 ppm uran samt 67–186 ppm torium (medelvärden 5,7 % K, 8,4 ppm U, 131 ppm Th). En mindre intrusion uppträder söder om Åmål (fastighetskartan 65D 4gS). Den uppvisar en kraftig lineation som stupar flackt åt öster. Det är tydligt att de yngre graniterna har samma tektoniska överprägling som Dalslandsgruppens sedimentära bergarter, dvs. de strukturer som finns är svekonorvegiska. Den flacka lineationen är möjligen relaterad till samma överskjutningstektonik som på vissa ställen kan spåras inne i Dalslandsgruppen.

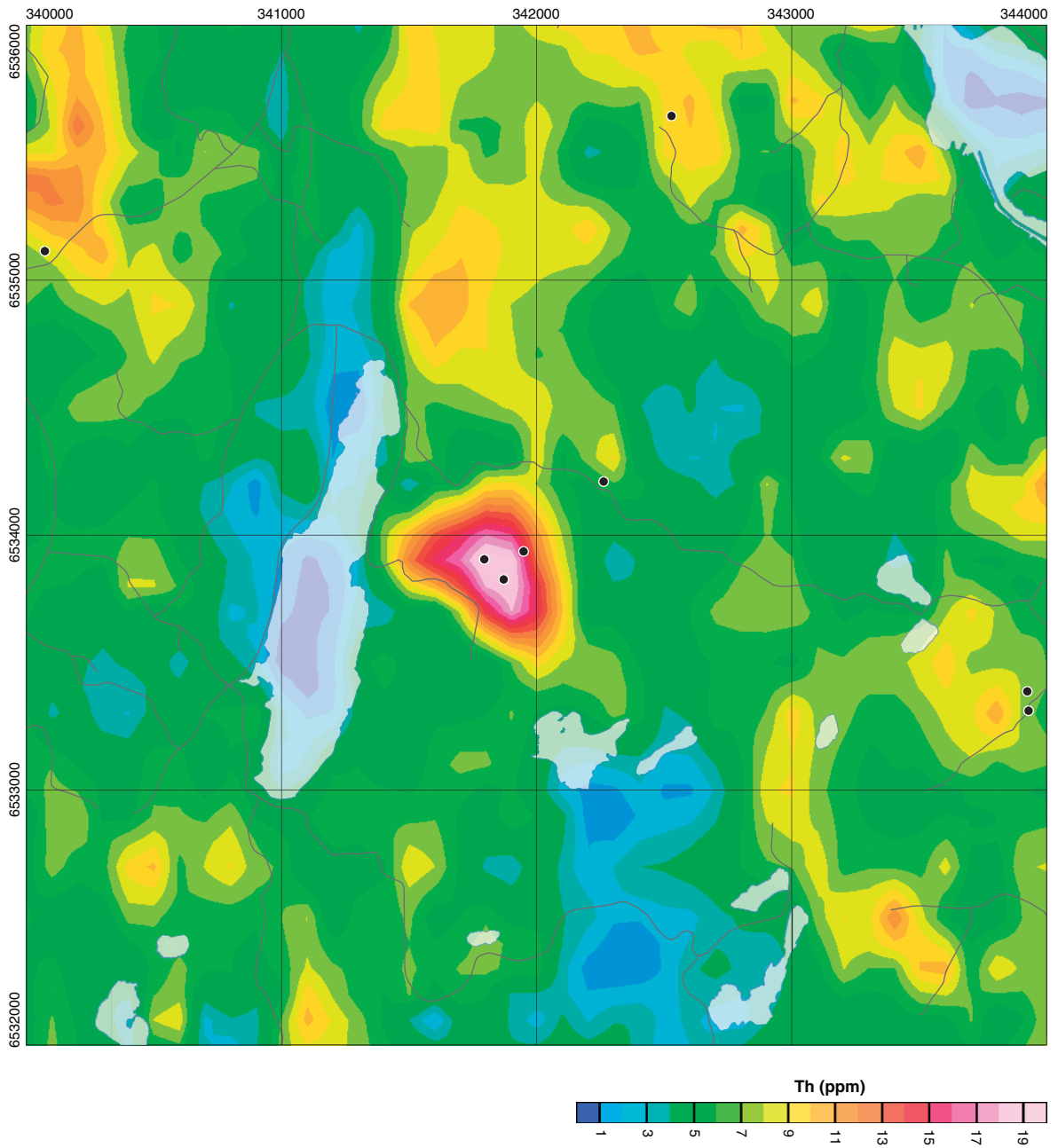


Fig. 7. A. Toriumhalter från flygmätningen. Svarta punkter på kartan representerar geofysiska observationslokaler. Se också fig. 4.

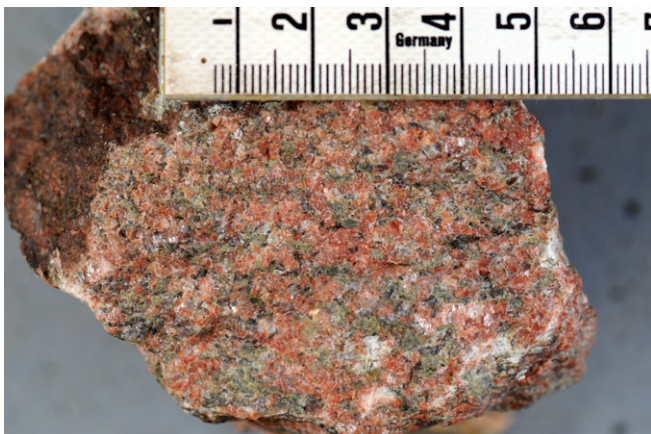


Fig. 7. B. Bergartsprov av graniten från det högstrålande området i fig. 7A.

Mineraliseringar

Ett stort antal små mineraliseringar förekommer inom projektområdet, och i många fall har de blivit föremål för en begränsad gruvsdrift. De allra flesta består av hydrotermala kvartsgångar, -ådror och -breccior (fig. 6c), med körtlar eller ansamlingar av sulfider (främst kopparkis och blyglans) eller oxider (främst hematit, magnetit och olika manganoxider). De förekommer både i Dalslandsgruppen och i underlaget till denna. I något fall är malmansamlingarna av lite större dignitet, t.ex. vid Kesebol (fastighetskarta 65D 4fS), där den historiska malmfångsten kan räknas till några tusen ton med 25 % Mn (Wik m.fl. 2002). Sprickfyllnader med hematit är något av ett karaktärsdrag för dessa delar av Dalsland och förekommer mycket allmänt (fig. 6d).

Den andra vanliga malmtypen i dessa delar av Dalsland är en stratiform kopparmineralisering (främst kopparkisimpregnation) i kontaktzonen mellan den undre, ljusst röda kvartssiten och den överlagrande lerskiffern. På några ställen, t.ex. vid Dingelvik (fastighetskarta 65D 3fN), har malMBERÄKNINGAR från omfattande borrhprogram (SGU och SGAB/NSG under 80-talet) avgränsat ett tonnage på 21,2 miljoner ton med 0,83 % Cu (Wik m.fl. 2002).

Referenser

- Alm, E., 2000: Sveconorwegian metallogensis in Sweden. Doktorsavhandling, *Stockholms Universitet*, 165 s.
- De Geer, G., 1902: Beskrivning till kartbladet Strömstad med Koster. *Sveriges geologiska undersökning Aa 1*, 74 s.
- Holme, K., 2001: Geochemical development of Proterozoic granites in the SW Baltic Shield. Doktorsavhandling, *Lunds Universitet*.
- Hummel, D. & Erdmann, E., 1870: Några ord till upplysning om bladet Baldersnäs. *Sveriges geologiska undersökning Aa 35*, 118 s.
- Johansson, Å., 1985: The Dalslandian sulphide-bearing quartz veins of Dalsland and Värmskog, southwest Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C 809*, 48 s.
- Karlsson, V., 1870: Några ord till upplysning om bladet Degeberg. *Sveriges geologiska undersökning Aa 38*, 20 s.
- Karlsson, V. & Wahlqvist, A.H., 1870: Några ord till upplysning om bladet Rådanefors. *Sveriges geologiska undersökning Aa 39*, 46 s.
- Larsson, W. & Sandegren, R., 1956: Beskrivning till kartbladet Vårvik. *Sveriges geologiska undersökning Aa 187*, 166 s.
- Lundqvist, I. & Skiöld, T., 1993: U-Pb zircon dating of volcanic rocks of the Åmål Group, western Sweden. I T. Lundqvist (red.): Radiometric dating results. *Sveriges geologiska undersökning C 823*, 24–31.
- Lundqvist, I., Persson, L., Eliasson, T., Bastani, M. & Göransson, M., 2003: Projekt Norra Göteborgsregionen–Trestad. I H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning. Sammanfattning av pågående verksamhet 2002. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 112*, 72–84.
- Svedmark, E., 1902: Beskrivning till kartbladet Fjellbacka. *Sveriges geologiska undersökning Ac 2*, 78 s.
- Törnebohm, A.E., 1870: Några ord till upplysning om bladet Åmål. *Sveriges geologiska undersökning Aa 34*, 66 s.
- Törnebohm, A.E., 1870: Några ord till upplysning om bladet Wingershamn. *Sveriges geologiska undersökning Aa 36*, 14 s.
- Törnebohm, A.E., 1870: Några ord till upplysning om bladet Upprud. *Sveriges geologiska undersökning Aa 37*, 90 s.
- Wik, N.-G., Lundqvist, I., Selinus, O., Sivhed, U., Sundberg, A. & Wikström, A., 2002: Malmer, industriella mineral och bergarter i Västra Götalands län, inklusive kommunerna Habo och Mullsjö. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 108*, 256 s.
- Åhäll, K.-I. & Connelly, J.N., 2008: Long-term convergence along SW Fennoscandia; 330 m.y. of Proterozoic crustal growth. *Precambrian Research 163*, 402–421.

Jäkkvik–Boden

Benno Kathol, Martiya Sadeghi, Sven Aaro, Lena Albrecht, Daniel Larsson och Johan Jönberger

Projektet ”Jäkkvik–Boden, berg” omfattar kartområdena 26H Jäkkvik NO, SV och SO och 25L Boden (fig. 1). Syftet är att göra ett berggrundsgeologiskt underlag för en långsiktigt hållbar resurshantering inom delar av Norrbottens län samt att ta fram planerings- och beslutsunderlag för företag, kommuner, länsstyrelsen och allmänheten. Resultaten kommer att redovisas i form av berggrundsgeologiska och geofysiska databaser samt tryckta berggrundskartor i skala 1:50 000. Arbetet genomförs enligt rutin GUBStB i SGUs karteringsprocesser för berg. Under sommaren 2009 har karteringen pågått i kartområdena 26H Jäkkvik SO och SV samt 25L Boden NV och SV. I kartområdet 26H Jäkkvik har 544 km² karterats, och tillsammans med fältinsatserna år 2008 är nu 838 km² karterade. Inom kartområdet 25L Boden började undersökningarna sommaren 2009 då 925 km² karterades. Samtliga koordinater i rapporten är enligt SWEREF99 TM.

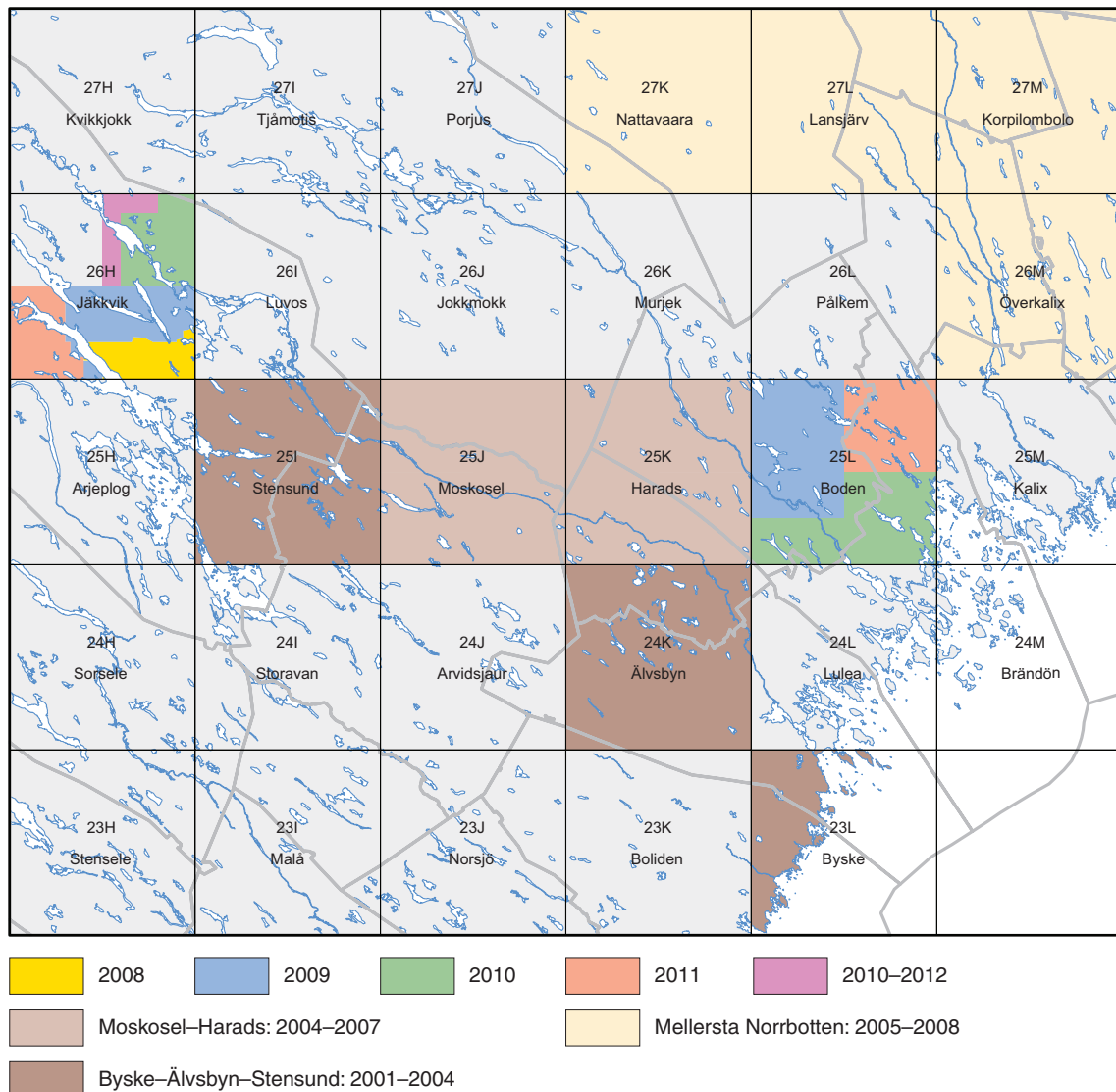


Fig. 1. Genomförd och planerad karteringsverksamhet inom projektet ”Jäkkvik–Boden, baskartering berg”.

De geologiska fältarbetena inom kartområdet 26H Jäkkvik har utförts av Benno Kathol och Lena Albrecht med biträde av extrageologerna Erik Nordfeld (Stockholms universitet), Stefan Persson och Jan Ehrenborg, Rebekka Mantel och Jennifer Rodriguez (Karlsruhe universitet i Tyskland) har biträtt Lena Albrecht som praktikanter. De geofysiska undersökningarna har utförts av Johan Jönberger, delvis med biträde av Stefan Persson som extrageofysiker.

De geologiska fältarbetena i kartområdet 25L Boden har utförts av Martiya Sadeghi med biträde av extrageologerna Charlotta Brandt, Jan Ehrenborg, Paul Evins och Risto Kumpulainen. De geofysiska undersökningarna har utförts av Sven Aaro med biträde av Christina Nysten som extrageofysiker.

Information om mineralfyndigheterna i båda områdena har kontrollerats och sammanställts av Daniel Larsson.

Det geofysiska fältarbetet har huvudsakligen inriktats på spektromettermätningar för bestämning av kalium-, uran- och toriumhalter på berghällar samt provtagning för bedömning av fysikaliska bergartsegenskaper. Magnetiska data från flygmätningen har använts som underlagsmaterial vid planeringen av markprofilmätningarna. Profilerna har mätts för att mer i detalj kartlägga deformationszoner och bergartskontakter. Fältarbetenas och provtagningens omfattning för respektive område framgår av tabellerna 1 och 2.

Bearbetning av det insamlade materialet från kartområdet 26H Jäkkvik SO och SV år 2008 och 2009 har påbörjats endast i liten skala under hösten 2008 respektive 2009. Vidare bearbetning av materialet fortsätter under våren och hösten 2010. Hela projektområdet, dvs. kartområdena 26H Jäkkvik NO, SV och SO, skall vara färdigkarterat i slutet av sommaren 2011. De tryckta kartorna kommer att redovisas i SGUs serie K, med publicering under 2012.

Tabell 1. Sammanställning av geologiska och geofysiska fältinsatser samt provtagning i kartområdet 26H Jäkkvik SO (2008–2009).

Tidsperiod	2009	2008–2009
Extrageologer/projektanställda	21 personveckor	33 personveckor
Extrageofysiker*	3 personveckor	5 personveckor
Geologer**	20 personveckor	26 personveckor
Geofysiker	6 personveckor	10 personveckor
Karterad yta	544 km ²	838 km ²
Observerade hållar/hällområden	920	1283
Observationslokaler, geofysik	144	232
Gammaspektromettermätningar	337	595
Bergartsprover för petrofysiska mätningar	112	154
Geofysiska profiler	4	5
Bergartsprover, geologi	198	330
Tunnslip	0	17
Kemiska analyser	47	95
Zirkondateringar (U-Pb)	5	7

* Extrageofysikerns arbetsuppgifter har utförts av extrageolog.

** Inklusive undersökningen av mineralfyndigheterna.

Tabell 2. Sammanställning av geologiska och geofysiska fältinsatser samt provtagning i kartområdena 25L Boden NV och SV (2009).

Tidsperiod	2009
Extrageologer	28 personveckor
Extrageofysiker	7 personveckor
Geolog**	9 personveckor
Geofysiker	4 personveckor
Karterad yta	925 km ²
Observerade hållar/hällområden	917
Observationslokaler, geofysik	130
Gammaspektrometermätningar	350
Bergartsprover för petrofysiska mätningar	56
Geofysiska profiler	6
Bergartsprover, geologi	276
Tunnslip	40
Kemiska analyser	42
Zirkondateringar (U-Pb)	5
Sm-Nd-analyser	2

Lägen för hällobservationer samt provpunkter för zirkondateringar (U-Pb) och geokemiska analyser visas i figurerna 2 (26H Jäkkvik) och 14 (25L Boden). En sammanställning av geofysiska fältinsatser i motsvarande områden ges i figurerna 10 (26H Jäkkvik) och 18 (25L Boden).

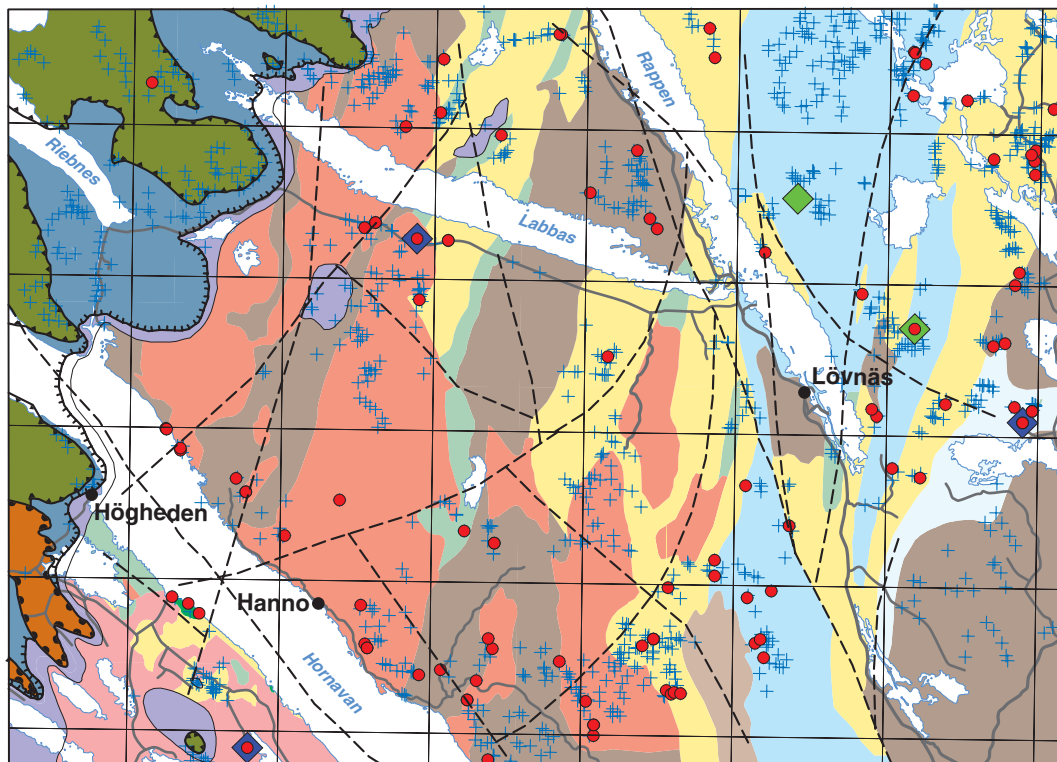
KARTOMRÅDET 26H JÄKKVIK SO OCH SV

Berggrunden inom kartområdena 26H Jäkkvik SO och de östra delarna av området 26H Jäkkvik SV (fig. 2) tillhör den fennoskandiska skölden, medan fjällområdena i den nordvästra delen av det nämnda området byggs upp av överskjuten skollberggrund som tillhör de skandinaviska Kaledoniderna (fjällkedjan). Den senare vilar på en i stort sett odeformerad sedimentär pålagring, som i sin tur ligger med en primär diskordans på fennoskandiska sköldens paleoproterozoiska berggrund (fig. 3).

Den paleoproterozoiska berggrunden domineras av tidigsvekokarelska (perritmonzonitsviten och möjligen Jörn GI-sviten), sen- till postsvekokarelska djupbergarter och huvudsakligen landavsatta (subaeriska) ca 1 880 till 1 860 miljoner år gamla, vulkaniska och (underordnat sedimentära) ytbergarter ur Arvidsjaurgruppen. De senare överlagras i områdets östra del av en sekvens med i varierande grad omvandlade kvarts- och fältspatsandstenar (Snavva–Sjöfallgruppen).

Arvidsjaurgruppens bergarter bildades i en subaerisk magmatisk båge i den norra delen av och norr om ett större havsområde som kallas den botteniska bassängen. Dessa vulkaniska och sedimentära bergarter intruderades sedan av magmor som bildade de tidigsvekokarelska djupbergarterna. Tecken på att även Snavva-Sjöfallgruppens sandstenar har intruderats av tidigorogena magmor finns för närvarande inte. Under huvudfasen av den svekokarelska orogenesisen (bergskedjeveckning för ca 1 900–1 800 milj. år sedan) nedsänktes den ovan beskrivna berggrunden till större djup i jordskorpan, och bergarterna omvandlades under höga tryck- och temperaturförhållanden (metamorfos). Beroende på bergarternas läge i det orogena bältet blev de i olika grad deformerade och omkristalliserade.

Under en sen fas av den svekokarelska orogenesisen intruderades den deformerade berggrunden av stora mängder magma som stelnade till vidsträckta granit- till monzonitintrusioner. Beroende på magmornas ursprung indelas de sen- till postsvekokarelska intrusionerna i Linasviten och Revsundssviten. De senare räknas till det så kallade transskandinaviska magmatiska bältet (TMB).



FJÄLLKEDJAN

- Övre allokton; glimmerskiffer, gneiss
- Mellersta allokton; metagråvacka, metaarkos
- Undre allokton; fyllit, grafityllit, kalkfyllit, metagråvacka

AUTOKTON SEDIMENTÄR PÅLAGRING

- Sandsten, kvartsit, lersten, alunskiffer

FENNOSKANDISKA SKÖLDEN

Sen- till postsvekokarelska djupbergarter

- Granit, Revsundssviten
- Granit, Linasviten

- Provpunkt för radiometrisk datering
- Provpunkt för provenansanalys

Tidigsvekokarelska djupbergarter

- Granit, peritmonzonitsviten
- Gabbro, ultramafit, peritmonzonitsviten
- Granit till tonalit, Jörn G1-sviten

Svekofenniska ytbergarter

- Sandsten, siltsten, gråvacka; Snavva-Sjöfallsgruppen
- Ryolit till dacit, Arvidsjaurgruppen
- Andesit till basalt, Arvidsjaurgruppen
- Metagråvacka, meta-argillit, paragnejs; bottniska supergruppen

Deformationszon, ospecificerad

Primär diskordans

Provpunkt för geokemisk analys

Hällobservation

Fig. 2. Preliminär geologisk karta över det 2008 och 2009 karterade området. Hällobservationer samt provpunkter för U-Pb-zirkondateringar och geokemiska analyser i kartområdena 26H Jäkkvik SO och SV från 2008 och 2009 är markerade. Den geologiska bakgrunden av fennoskandiska skölden är och delvis modifierad från Koistinen m.fl. (2001). Den geologiska kartbilden över fjällberggrunden och den sedimentära pålagringen norr om Hornavan är resultat av den nuvarande karteringen och sammanställd av L. Albrecht. Söder om Hornavan visas T. Thelanders sammanställning över "Kaledoniderna i norra Sverige" (Thelanders 2009).

Längs med Kaledonidernas erosionsfront, och under skollberggrundens överskjutna skollenheter, överlagras den fennoskandiska sköldens paleoproterozoiska berggrund av ett rotfast, tunt täcke eller pålagring av neoproterozoiska till kambriska sedimentära bergarter. Denna rotfasta sekvens har i Laisvallsområdet (ca 25 km söder om karteringsområdet) delats in av Willdén (1980) i fältspatrika



Fig. 3. Laisvikberget fotograferat från Södra Laisvik. Berget visar de tre geologiska huvudenheterna i det karterade området: FS=fennoskandiska skölden, ASP=autokton sedimentär pålagring och UA=undre allokton (fjällkedjan).

sandstenar (Ackerseletformationen), kvartsiter med inlagrade sand- och siltstenar (Såvvovareformationen) samt lersten, siltsten och alunskiffer (Grammajukku- och alunskifferformationerna).

De skandinaviska Kaledoniderna består av ett antal skollenheter som har transporterats västerifrån och överskjutits på den fennoskandiska skölden och den sedimentära pålagringen. De olika skollenheterna delas vanligen in i den undre, mellersta, övre och översta alloktonen. Generellt sett härstammar de undre enheterna från kontinentalranden av kontinenten Baltica, medan de högre enheterna härstammar från övergångszonen mellan kontinenten och havet samt rent marina miljöer ännu längre västerut. I kartområdena 26H Jäkkvik NO, SV och SO tillhör de flesta skollenheterna huvudsakligen den undre och mellersta skollberggrunden.

Tidigare geologiska arbeten

Urbergsdelen i kartområdena 26H Jäkkvik SO och SV ingår i "Berggrundskarta över urberget i Norrbottens län med beskrivning" i skala 1:400 000 (Ödman 1957). Kartområdets fjällberggrund och den sedimentära pålagringen beskrivs i Kautsky (1940), Ljungner (1950), Lilljequist (1973) och Kulling (1982). Den ingår också i en modern sammanställning av fjällberggrunden i norra Sverige (Thelander 2009). Kartområdet täcks också av berggrundskartorna över nordkalottområdet och mittnordenområdet i skala 1:1 000 000 (Silvennoinen m.fl. 1987, Lundqvist m.fl. 1996a) samt över fennoskandiska skölden i skala 1:2 000 000 (Koistinen m. fl. 2001), där det även ingår information från tidigare prospekteringsarbeten. Delar av området 26H Jäkkvik karterades översiktligt i samband med prospektering i flera omgångar. För kartor och rapporter som upprättades under prospekteringen hänvisas till SGUs Georegister. De här berörda kartområdena ingår i en digital karta över urberget i norra Sverige

(NBDig) som sammanställdes av Tomas Sjöstrand och Herbert Henkel på SGU under den senare delen av 1980-talet.

Tidigare geofysiska arbeten

Flygburna geofysiska mätningar över hela kartområdet 26H Jäkkvik genomfördes 1968 av "Nämnden för statens gruvegendom" (NSG). De omfattar magnetfältets totalintensitet och markytans naturliga gammastrålning. 1972 flygmätte SGU kartområdet 26H Jäkkvik SO och delar av 26H SV. Från den senare mätningen finns dock endast magnetfältsdata tillgängliga. År 1981 utförde LKAB flygmätningar i en del av området 26H Jäkkvik NO samt den norra delen av 26H SO. Då mättes magnetfältet, gammastrålningen och det elektromagnetiska fältet (en-frekvens slingram samt envägs VLF). År 1983 genomförde LKAB geofysiska flygmätningar över den södra delen av 26H Jäkkvik SO. Mätningarna omfattade magnetfältet och gammastrålningen samt det elektromagnetiska fältet (en-frekvens slingram samt en- och tvåvägs VLF). Samtliga äldre flygmätningar har gjorts i ost-västlig riktning, på 30 meters höjd över marken och med linjeseparationen 200 m mellan varje flygstråk.

Under sommaren 2009 flygmättes områdena 26H Jäkkvik SV och NV samt de delar av 26H NO som inte hade elektromagnetisk information. Mätningarnas omfattning rör magnetfältet, gammastrålningen samt det elektromagnetiska fältet (en- och tvåvägs VLF). Flygmätningarna gjordes i ost-västlig riktning, på 60 m höjd över markytan och med linjeseparationen 200 m mellan varje flygstråk.

Tyngdkraftsmätningar i området har utförts främst under 1970-talet samt under vårvintern och sommaren innevarande år. Mätningarna som fanns innan årets fältinsats var främst lokaliserade längs större vägar samt sjöstränder. Över stora delar av kartområdet har geofysiska markmätningar gjorts. En del av materialet finns i digital form och omfattar magnetfält och elektromagnetiska fält (slingram, VLF och inducerad polarisation, IP). Stora delar av det totala materialet kan endast återfinnas i analog form vid SGUs arkiv i Malå. Från tidigare prospekteringsverksamhet i kartområdet 26H Jäkkvik finns 614 koordinatsatta bergartsprover. De har analyserats med avseende på bland annat densitet, susceptibilitet och Königsbergerförhållandet (q-värdet).

Dateringsresultat

En subvulkanisk ryolit vid Rimpos norr om Suobdekjaure (7360490/634495) uppvisar intrusiva kontakter mot starkt folierade paragnejser. Ryoliten (fig. 4) har daterats till ca 1 860 miljoner år. Det innebär att den fas av deformation och metamorfos som omvandlade sedimentbergarterna till paragnejser är äldre än den svekokarelska orogenesisens huvudfas för ca 1 830 miljoner år sedan.

Resultat från karteringen 2008 och 2009

Sedimentära bergarter i fennoskandiska skölden

Sedimentära bergarter förekommer inom den centrala delen av kartområdet 26H Jäkkvik SO. De bildar ett nord-sydligt stråk av sandstenar, gråvackor, arkoser, paragnejser och underordnat skiffer och glimmerskiffer. Dessa bergarter tillhör Snavva-Sjöfallsgruppen (Lindström m.fl. 2000) som sträcker sig från Hornavan i söder till Stora Sjöfallet i norr. Den vanligaste bergarten i områdets del av Snavva-Sjöfallsgruppen är sandsten. Gråvacka som ställvis är omvandlad till paragnejs uppträder huvudsakligen i de norra och nordöstra delarna, söder och sydväst om Skierfajaure. Skiffer och glimmerskiffer förekommer på spridda ställen i området nordost om Rappen. Arkoser har huvudsakligen observerats i sydostslutningen av Nuortabuouda.

Metamorfosgraden i Snavva-Sjöfallsgruppen ökar mot söder, från måttligt omvandlade sandstenar vid Stora Sjöfallet. Inom kartområdet 26H Jäkkvik SO växlar lågmetamorfa delar med gnejsiga och



Fig. 4. Daterad subvulkanisk ryolit. Rimpos norr om Suobdekjaure (7360490/634495).

ställvis migmatitiska partier. Sillimanit och granat har observerats på två ställen vid Gaskastjåkka och bekräftats genom röntgenanalys. På vissa ställen i kontaktområdet mellan Snavva–Sjöfallsgruppen och de omgivande vulkaniterna är sandsten och arkos växellagrade med ryolit. Bergarterna är starkt omkristalliserade, och det är ställvis svårt att avgöra om det handlar om en vulkanoklastit eller en epiklastisk bergart, dvs. en sandsten eller en arkos (fig. 5a).

En tydlig, stråkformad, nord–sydlig magnetisk anomali i den östra delen av områdets Snavva–Sjöfallsgrupp har tidigare tolkats som orsakad av kvartsbandad järnmalm (Hill, opubl. prospekteringskarta). Denna tolkning kunde bekräftas under fältarbetet genom flera observationer av järnoxidmineraliseringar, delvis utbildade som kvartsbandad järnmalm ("Banded Iron Formation, BIF", fig. 5b).

Vulkaniska bergarter i fennoskandiska skölden

Även vulkaniterna uppträder i nord–sydliga stråk, huvudsakligen norr om Hornavan i kartområdet 26H Jäkkvik SO. Vulkaniterna är till övervägande del felsiska och räknas till Arvidsjaurgruppen. De antas underlagra de sedimentära bergarterna i Snavva–Sjöfallsgruppen.

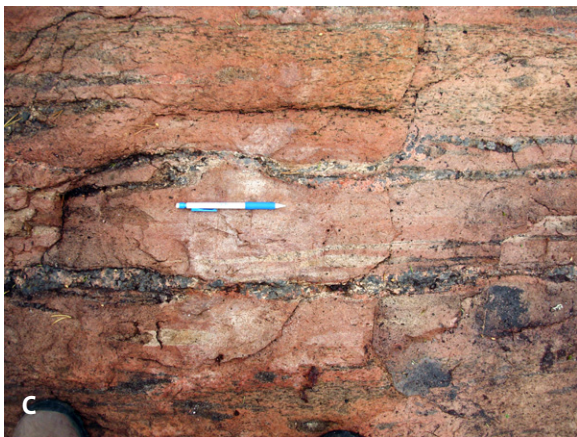
Mellan Skupesavon och Guddunjaure uppträder en sekvens av pimpstensförande vulkanoklastiska ryoliter, lagrade vulkaniska sandstenar (fig. 5c) och delvis korsstrukturerade metaareniter. Hela sekvensen är i allmänhet finkornigare än Snavva–Sjöfallsgruppens bergarter och tolkas vara direkt relaterad till vulkanisk aktivitet (R. Kumpulainen, pers. medd.). Den hänförs därför till Arvidsjaurgruppen.

Intrusivbergarter i fennoskandiska skölden

Felsiska intrusivbergarter förekommer i hela det karterade området. De räknas dels till den tidigsvekokarelska pertitmonzonitsviten, dels till de sen- till postsvekokarelska Lina- och Revsundssviterna. Den senare förekommer uteslutande söder om Hornavan.

Granitintrusionen som utgör berggrunden i den sydöstra delen av kartområdet 26H Jäkkvik SO har daterats på prover från det närliggande kartområdet 25I Stensund NV. Resultatet blev 1880 ± 7 miljoner år och graniten hänförs därmed till pertitmonzonitsviten.

Under karteringen har det visat sig att en gruppering av övriga felsiska intrusivbergarter till de olika sviterna inte enbart kan baseras på fältakttagelser. För en första indelning har två dateringsprover tagits. Det ena härstammar från en rödgrå, svagt folierad, finkornig till fint medelkornig, svagt porfyrisk granit (fig. 5d) som förekommer i ett större område söder om Labbas. Provet är taget i ett litet stenbrott norr om vägen mellan Lövnäs och Riebnes.



Det andra provet togs i den intrusion söder om Hornavan som räknas till Revsundssviten. Bergarten är en ljus grå, medel- till grovkornig, svagt porfyrisk och massformig granit till kvartsmonzonit (fig. 5e). För att kunna relatera de felsiska intrusivbergarterna inom det karterade området till de daterade intrusionerna, har ett antal prover för geokemisk analys tagits av dessa bergarter. Korrelationen är tänkt att utföras främst med hjälp av spårelementspektra. Analysresultaten har erhållits men inte bearbetats för närvarande.

Som ett exempel på de komplikationer som observerats i fält kan nämnas en ljus röd, medelkornig och massformig granit väster om Guorbavare, sydost om Hanno. Graniten är en del av den större intrusion mellan Hanno och Labbas som tidigare har hänförs till Linasviten (Koistinen m.fl. 2001). Längre mot öster förekommer en liknande granit som små intrusioner i en åtminstone delvis deformationerad berggrund. Graniten väster om Guorbavare uppvisar en inneslutning av felsisk vulkanit som innehåller enstaka kalifältspatkorn från graniten. Detta tyder på att inneslutningen är en enklav, och att det föreligger magmablandning mellan granit och vulkanit. Det betyder i sin tur att graniten och vulkaniten är lika gamla, men vulkaniter av Linaålder har dock inte observerats i området. Den ovan nämnda, subvulkaniska ryoliten vid Rimpos har daterats till ca 1860 miljoner år. Det hänförs till Arvidsjaurgruppen som är relaterad med den tidigvekokarelska pertitmonzonitsviten (Kathol & Persson 1997, Kathol & Weihed 2005). Både graniten vid Guorbavare och den felsiska vulkaniten i enklaven är omkristalliserade. Om det anses att graniten har en sen- till postsvekokarelsk ålder, kräver detta att det finns en termisk fas som är yngre än ca 1800 miljoner år. Relationen mellan graniten och den felsiska vulkaniten tyder snarare på att graniten har en tidigvekokarelsk ålder och bör hänföras till pertitmonzonitsviten.

Vid Hornavan norr om Laisvikberget uppträder en mafisk, lagrad intrusion som är blottad längs Hornavans strand mellan Autjakvägen och Stortjärn. Den har observerats och kunnat studeras på grund av Hornavans låga vattenstånd under sommaren 2009. Intrusionen består av en för det mesta medel- till grovkornig gabbroid bergart. Lagringen antyds genom en växling av ljusa, plagioklasrika skikt och skikt som är rika på mörka mineral (fig. 5f). Skikten varierar i tjocklek mellan ett par centimeter och flera decimeter, varav de ljusa vanligen är de tjockare. Lagringens orientering varierar avsevärt i området, vilket tolkas som en syngenetisk veckning i magmakammaren. I den nordvästra delen av intrusionen, vid stranden strax söder om Autjakvägen, uppträder även ultramafiska partier. De består av en svart, finkornig, sprickig bergart som ställvis har en tendens till klotvittring (fig. 5g).

Gångbergarter i fennoskandiska skölden

I den lagrade intrusionen vid Hornavan har gångar av diabas och pegmatit observerats. Pegmatitgångarna är upp till 2 m breda, och kvarts- och fältspatkornen når upp till en storlek av 30 cm. Diabasgångarna är upp till flera meter breda, och på två ställen har sammansatta gångar ("composite dykes") av diabas och pegmatit observerats. Några centimeter breda gångar eller ådror av granodiorit till tonalit som uppträder här och var i den lagrade intrusionen uppfattas som ett resultat av återuppsmältning ("back veining").

Fig. 5. Foton av bergarter från kartområdena 26H Jäkkvik SO och SV. **A.** Omkristalliserad vulkanoklastisk ryolit, sandsten eller arkos? Häppalis, 4,5 km sydost om Lövnäs (7358630/631131). **B.** Kvartsbandad järnmalm ("Banded Iron Formation", BIF). Sydostslutningen av Biessevere, ca 7 km väster om Lövnäs (7361906/620775). **C.** Lagrad vulkanisk sandsten i Arvidsjaurgruppen. Norr om Guddunjaure, ca 11 km nordost om Lövnäs (7369489/634833). **D.** Rödgrå till grå, finkornig till fint medelkornig, svagt porfyrisk granit. Stenbrott norr om vägen mellan Lövnäs och Riebnes, ca 14 km västnordväst om Lövnäs. (7366337/614409). **E.** Ljust grå, massformig, medel- till grovkornig, svagt porfyrisk granit till kvartsmonzonit. Lillraudok, ca 10 km sydost om Högheden (7349445/609001). **F.** Medel- till grovkornig gabbroid bergart i lagrad intrusion. Hornavans södra strand, ca 4,7 km sydost om Högheden (7354249/606851). **G.** Klotvittring i finkornig, sprickig ultramafit. Hornavans södra strand, ca 4,3 km sydost om Högheden (7354403/606451).

Vid början på Råvekvägen (7353748/635575) genomslås en ljus röd, medelkornig granit, tillhörande den tidigsvekokarelska pertitmonzonitsviten, av gångar av en finkornig, intersertal diabas. En svag foliation har påverkat både graniten och diabasen, vilket tyder på att diabasgångarna är endast obetydligt yngre än graniten.

Autokton sedimentär pålagring mellan Hornavan och Labbas

Norr om Hornavan är autoktona, sedimentära bergarter sparsamt blottade och under årets kartering har endast sandsten observerats. En pålagringskontakt mellan underliggande kristallina bergarter och överlagrande sedimentbergarter har påträffats vid Riebnesluokta, där turbintunneln från Riebnes kraftstation mynnar i Hornavan. Längst ut på udden, på östra sidan av utloppstunneln, syns vid lågvatten en röd, ojämnkornig granit av Linatyp som innehåller förhållandevis lite mörka mineral (7363366/604100). Graniten övergår på några ställen gradvis i pegmatit och är vittrad, nästan vit nära kontakten till de pålagrande sedimentbergarterna. Överst finns kraftigt sprucken regolit som är blottad i en ca 1,5 m stor ficka. Övre delen av regoliten är svallad och bildar ett ca 30 cm tjockt, polymikt bottenkonglomerat som är sorterat med ca 0,5–2 cm stora, rundade kluster av både ren kvarts och av granit. Konglomeratet övergår uppåt gradvis, via grönaktig sorterad sandsten, i finkornig vit kvartssandsten av Laisvallstyp som är blottad längst inne i viken. Denna sandsten tillhör troligtvis den ”undre sandstensheten” (Liljequist 1973), och dess övre kontakt är inte blottad. Sandsten har tidigare påträffats i häll och i borrhinar längs nordvästra stranden av Ardnasjaure (Thelander 1977). En något grövre sandsten finns i en bäckblottning på norra sidan om Labbas i Kuosakjåkkå. Sandstenslagren stupar mot nordväst och det är oklart om de är autoktona. Kulling (1977) har hänfört sandstenen till den undre alloktonen.

Fjällkedjans undre allokton mellan Hornavan och Labbas

Undre alloktonen består huvudsakligen av fyllit, med mer eller mindre stora inslag av grafit och kalksten, kvartsit till arkos samt alloktona kristallina bergarter. Den undre alloktonens basala överskjutning är inte blottad mellan Hornavan och Labbas, men de understa (södra) hällarna i den torrlagda Riebnesströmmen torde ligga tämligen nära överskjutningen. Under kraftledningen (7364017/603722) är bergarten finkornig, kvartsrik, folierad, grönsvart i färskt snitt och grön i vittrat tillstånd. Den är fältklassificerad som arkos och kan förmodligen korreleras med Kullings (1982) sparagmit. En foliation markeras av tunna, glimmerrika skikt. Vid koordinaten 7364204/603797 övergår bergarten i en buckligt veckad grafitfyllit (fig. 6a) och foliationen är tillfälligt horisontell. Längre uppåt övergår bergarten i gråvacka (fig. 6b) och grå, finkornig glänsande fyllit som ställvis innehåller grafitlager eller ”glimmerfiskar”. Här och där förekommer även kalcit i grundmassan och bergarten har där ett gropvittrat utseende (fig 6c). Främst nära kraftverksdammen växlar fyllitiska horisonter med mer arkosiska till kvartsitiska dito, vilket ger bergarten ett bandat utseende. Banden är mellan några mm och flera dm tjocka. Sammansättningsvariationerna är troligtvis primära och graderad lagring har observerats. Då fylliten mylonitiserats längs överskjutningarna övergår bergarten i fyllonit som totalt domineras av skjuvband (”extensional shearbands” eller C’S-strukturer). Övergången är flytande och det kan vara svårt att avgöra om bergarten är en deformerad fyllit eller har mylonitiserats till fyllonit. Även arkos samt granit övergår i fyllonit, där deformationsgraden varit tillräckligt hög och fältspaterna brutits sönder och omvandlats till glimmer.

Skivor av kristallin berggrund finns omedelbart norr om Högheden, söder om Hornavan men det är oklart om de ingår i undre eller mellersta alloktonen. Väster om karteringsområdet finns allokton, kristallin berggrund både i den undre alloktonen och i den mellersta alloktonen (Thelander m.fl. 1980, Geological surveys of Finland, Norway and Sweden 1987).

Den metamorfa graden är låg i den undre skollberggrunden och överstiger inte prehnit-pumpelly-

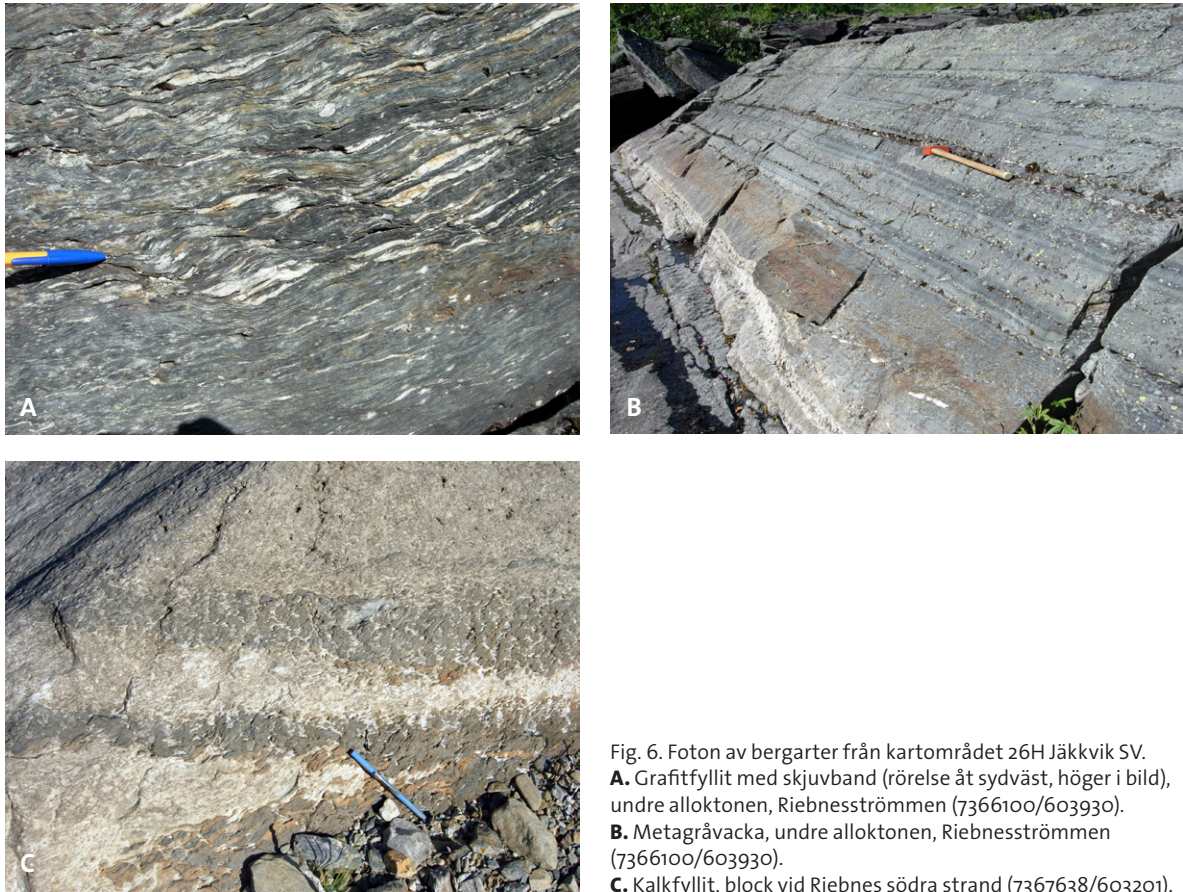


Fig. 6. Foton av bergarter från kartområdet 26H Jäkkvik SV.
A. Grafitfyllit med skjuvband (rörelse åt sydväst, höger i bild), undre alloktionen, Riebnesströmmen (7366100/603930).
B. Metagråvacka, undre alloktionen, Riebnesströmmen (7366100/603930).
C. Kalkfyllit, block vid Riebnes södra strand (7367638/603201).



Fig. 7. Schematisk profil över berggrunden vid Riebnesströmmen.

itfacies. Berggrunden är veckad och förutom småskaliga veck har även meterstora, isoklinala spetsiga veck samt större, asymmetriska, sydvergenta, runda öppna veck observerats (profil, fig. 7). Den mesta deformationen har tagits upp av de mer leriga lagren och skjuvband förekommer på de flesta lokalerna. Skjuvbanden är aldrig parallella med lagringen (Hanmer & Passchier 1991), samtliga visar på revers rörelse och tyder på en överskjutning mot sydost. Ådror och ”utsvettningar” av kvarts förekommer rikligt i alla litologier. De är både veckade och skjuvade och har en mycket starkt utbildad mineralstänglighet (lineation) som stupar flackt mot nordväst (fig. 8a). Denna orientering är parallell med den allmänna skandiska transportriktningen av skollberggrunden inom fjällkedjan och parallell med alla mätta veckaxlar inom skollenheten (fig. 8b). Detta skiljer sig från veckaxlar mätta i den undre alloktionen ca 10 km längre åt nordväst, i Merkenisgruppen på Sångertjärro (kartområdet 26G Pieljekaise). Veckaxlarna där är vinkelrätt orienterade mot de linjära strukturerna (Albrecht 2000).

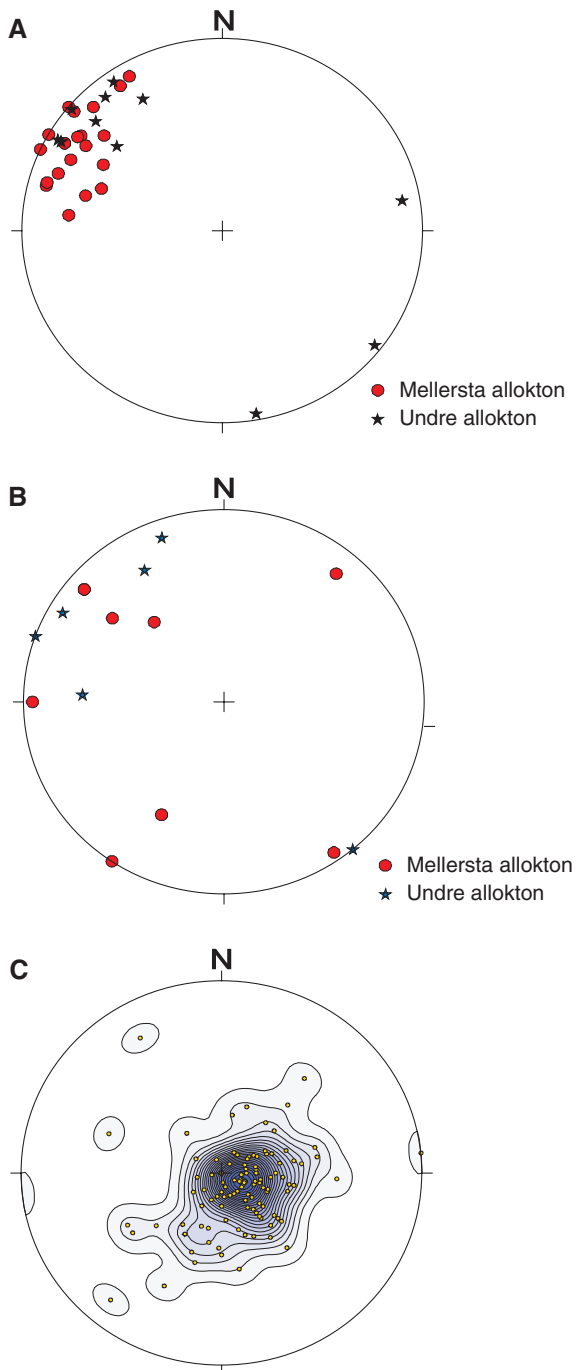


Fig. 8. Strukturdata plottade i ytriktigt stereonät (Schmidt), nedre hemisfären. **A.** Lineationsmätningar (34) från samtliga skollenheter. **B.** Veckaxlar i undre och mellersta alloktionen. **C.** Poler till samtliga mätta foliationsplan (120) plottade som prickar. Statistiskt behandlade för att visa tätheten av data i stereogrammet, 1% ytkontur. Konturerad pol: 113/81.

Fjällkedjans mellersta alloktion mellan Hornavan och Labbas

Mellersta alloktionen består i det karterade området generellt av grå, bandade finkorniga ytbergarter med varierande kvarts- och glimmerhalt samt skivor av starkt deformerad kristallin berggrund. Samtliga bergarter är starkt till mycket starkt deformerade. Kvartsådror och -gångar är vanliga även i den mellersta alloktionen.

Det centrala området domineras av metagråvacka med skikt av omväxlande lerigt eller siltigt till sandigt ursprung. De föreligger numera som band av fyllit till glimmerskiffer, omväxlande med meta-arkos till kvartsit (fig. 9a). Banden varierar i tjocklek från någon cm upp till flera meter och är ställvis korngaderade. Vid Giettsavuolnjarga nära Hornavans norra strand, sydväst om Riebnesluokta, finns

en ren, vitvittrande bankad bergart. Den har en något oklar stratigrafisk ställning men tillhör troligtvis mellersta alloktonen. Bergarten är ljus grå i färskt snitt, ställvis isoklinalveckad och fältklassificeras som fältspatrik kvartsit (fig. 9b). Den växlar med mer glimmerrik kvartsit och innehåller upp till 1 dm breda, konkordanta till diskordanta kvartsådror. Norrut, dvs. uppåt i stratigrafin, övergår kvartsiten gradvis i arkos via en mörkt grå, finkornig kvartsrik ytbergart. Den senare vittrar mörkt grått till svart och ger ett sandigt intryck. Den är full med ”utsvettningar” av kvarts, stänglig, krenulerad och strimmig (0,5 mm breda strimmor av kvarts och fältspat växlar med mörk glimmer) och innehåller ”vresigt” veckade fyllitiska band. Ställvis finns även små flagor av grafit. Lokalt övergår bergarten i gnejs som är mörkt grå i färskt snitt och vittrar grått. Gnejsen är tämligen linjerad, tätt strimmig och innehåller glimmerrika skikt.

Söder om Hornavan förekommer partier, skivor eller skollor av en bergart som tolkas vara deformerad granit. Bergarten är fint medelkornig, med utdragna, 10 till 30 cm långa linser av kvarts och fältspat, som åtskiljs av strimmor dominerade av mörk glimmer. Denna bergart skiljer sig från deformerad metaarkos genom att kvarts- och fältspatstrimmorna är något grövre och inte lika uthålliga. Både granit, metagråvacka och arkos övergår i fyllonit där deformationsgraden varit högre.

Den mellersta alloktonens basala överskjutning sträcker sig längs Ardnasvares sydvästbrant och markeras av fyllonit samt intensivt folierad eller protomylonitisk metaarkos. Det mesta av deformationen har tagits upp av fylloniten. Deformationsgraden varierar även internt inom mellersta alloktonen och lokala protomylonitiska stråk finns även uppe på Ardnasvare. Detta förvirrar och gör det svårt att tolka de storskaliga strukturerna. Troligtvis förekommer tektoniska upprepningar av samma bergartshorison. Den metamorfa graden i den mellersta alloktonen är något högre än i den undre. Graden ökar mot nordväst och når upp till grönskifferfacies med lokal utbildning av gnejs. Små, mörkt röda granater har observerats i glimmerrika lager eller band på några få lokaler nordväst om Ardnasvare (fig. 9c).

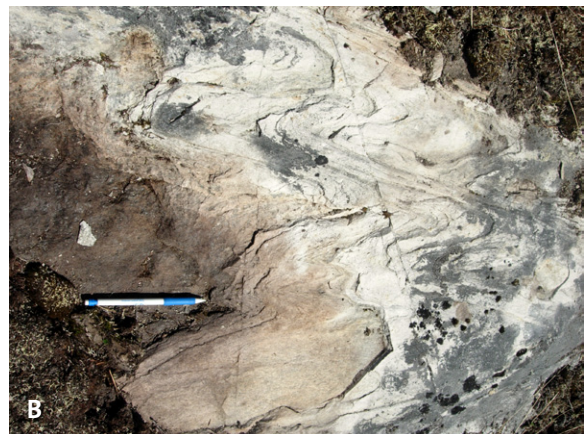


Fig. 9. Foton av bergarter från kartområdet 26H Jäkkvik SV. **A.** Deformerad metagråvacka, mellersta alloktonen, Råbmo (7372325/604532). **B.** Kvartsit, arkosisk, vitvittrande, mellersta alloktonen (7363682/602108). **C.** Metagråvacka med granater (nyckel 5mm bred), mellersta alloktonen (7371999/601998).

Generellt är bergarterna i den mellersta alloktonen mycket deformerade. Foliationen som mestadels är parallell med den ursprungliga lagringen stupar i allmänhet flackt mot nordväst (fig. 8c). Av de veckaxlar som har kunnat mätas (fig. 8b), stryker och stupar sex stycken flackt mot nordväst. De är parallella med minerallineationer, krenulationslineationer och sträckningslineationer. Tre av veckaxlarna är orienterade vinkelrätt mot den skandiska överskjutningsriktningen, en observerades nära den basala överskjutningen.

Geofysik

Den magnetiska anomalikartan (fig. 10) har en bandad karaktär i de östra delarna av kartområdet. På en av de mer utmärkande, positiva anomalierna i området påträffades en kvartsbandad järnmalm ("Banded Iron Formation", BIF). En av lokalerna med den bergarten ligger vid sjön Rappens östra strand, och medelvärdet för susceptibilitetsmätningarna där uppgår till $62\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter. Den kvartsbandade järnmalmen förekommer även på andra platser i kartområdet. Även strax norr om Allebuouda gjordes observationer av bergarten (fig. 11).

Strålningsnivåerna är generellt sett höga i ett område mellan sjöarna Hornavan och Labbas (fig. 12) samt runt berget Allebuouda. På den magnetiska anomalikartan utgör de här områdena homogena, lågmagnetiska områden. De sammanfaller också väl med negativa tyngdkraftsavvikelser, något som talar för att avvikelserna orsakas av granitintrusioner.

Området mellan Hornavan och Labbas kännetecknas av gigantiska blockhav med dålig blottningsgrad. Den rika förekomsten av block ger de förhöjda strålningsnivåer som indikeras av flygmätningen. Där det finns hållar har spektrometermätningar gjorts på två olika typer av granit. Spektrometermätningar på en syenogranit nordväst om Hanno gav halter på 5,2 % kalium, 28 ppm uran och 62 ppm torium. Vid sjön Labbas södra strand har många spektrometermätningar gjorts på den folierade grani-

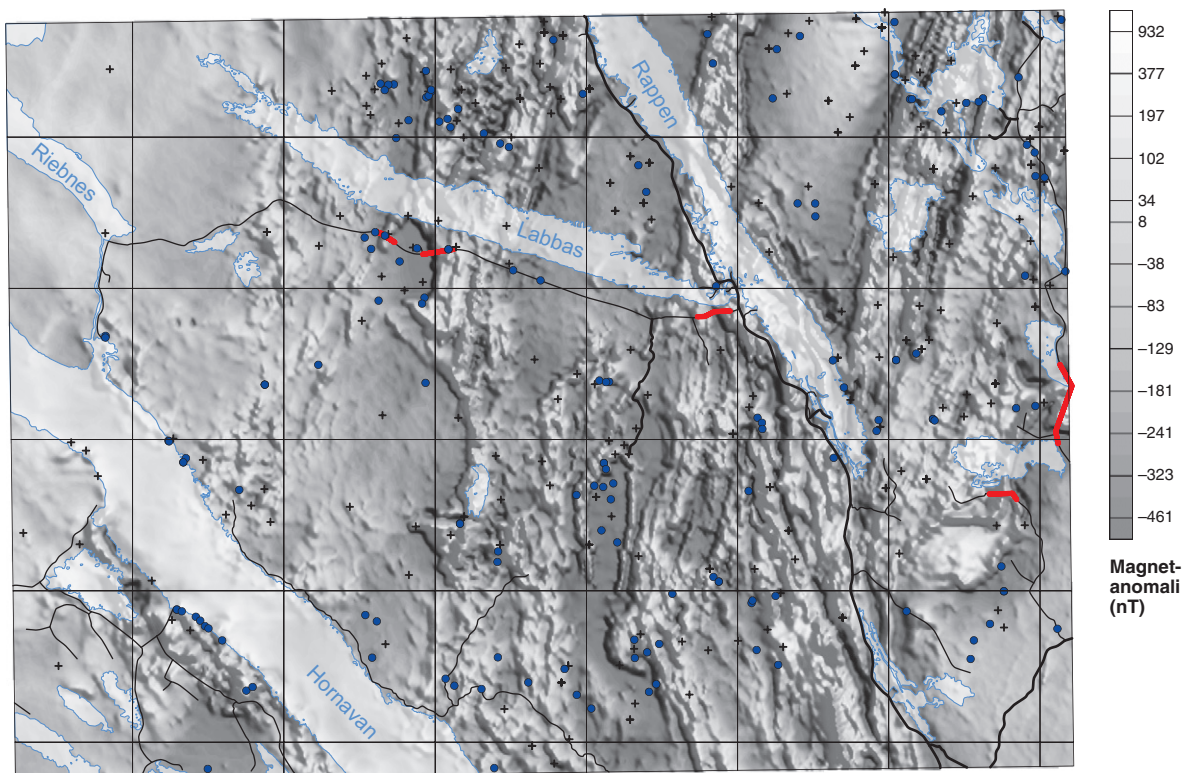


Fig. 10. Magnetfältsanomalier inom kartområdena 26H Jäkkvik SO och del av SV. Blå punkter visar lägen där nya bergartsprover tagits för parametermätningar. Svarta plustecken visar lägen för äldre petrofysiska data. Röda linjer visar profiler för mätningar med magnetometer.



Fig.11. Spektrometermätning på kvartsbandad järnmalm ("Banded Iron Formation", BIF) norr om Allebuouda (7361911/620755).

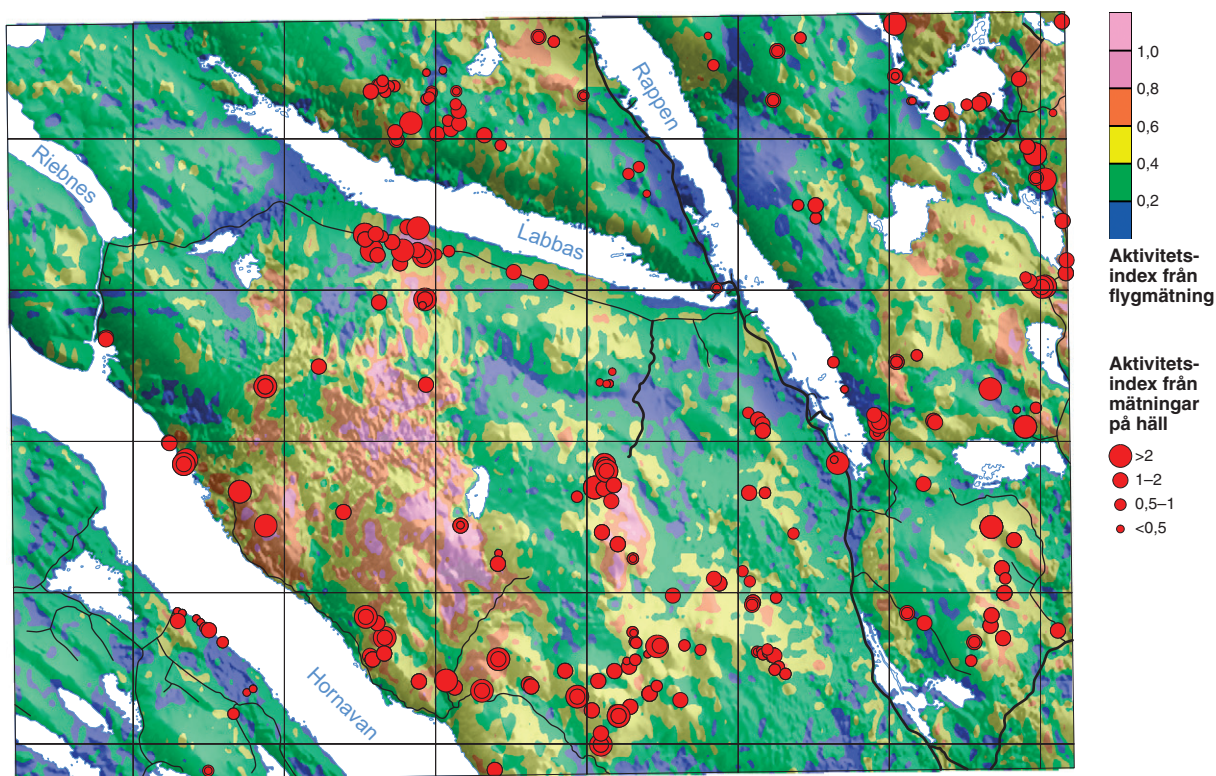


Fig. 12. Kompositkarta med aktivitetsindex och topografisk relief över kartområdena 26H Jäckvik SO och del av SV. Aktivitetsindex har beräknats från flygmätta spektrometerdata. Symbolerna representerar aktivitetsindex från spektrometermätningar på berghällar.

ten. De ger samstämmiga resultat på ca 4,5 % kalium, 10 ppm uran och 45 ppm torium. Ungefär mitt emellan Hornavan och Labbas har spektrometermätningar gjorts på båda bergarterna. I det området har syenograniten 5,8 % kalium, 3 ppm uran och 85 ppm torium, medan den folierade graniten har 5 % kalium, 6 ppm uran och 20 ppm torium.

Vid Allebuouda finns en folierad, finkornig granit som innehåller ca 4–5 % kalium, 15–30 ppm uran och 30–40 ppm torium.

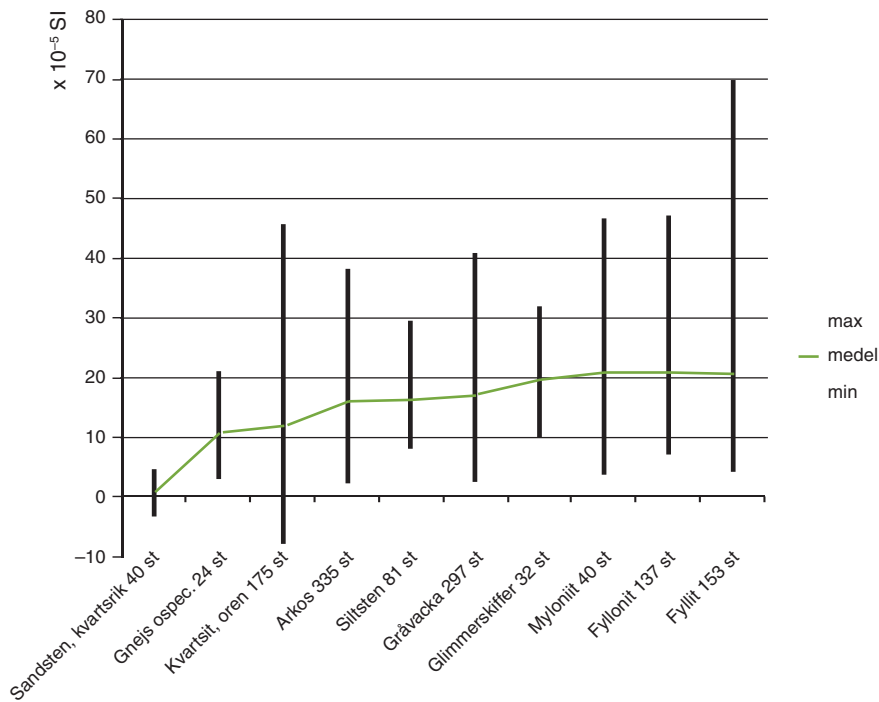


Fig.13. Samtliga susceptibilitetsmätningar i fjällberggrunden. Ett till tre extremvärden har tagits bort inom varje grupp.

Den högsta kaliumhalten som uppmätts på berghällar med spektrometer är 8,2 % kalium i den sedimentära pålagringens regolit, vid Riebnesluspen (precis där Riebnesströmmen rinner ut i Hornavan). Förutom detta extremvärde finns ett antal mätningar, främst i pegmatiter, som ger över 7 % kalium.

Vid mätningar på jordavrymda hållar längs ”uranvägen”, vid Pleutajokk norr om Hornavan, uppmättes genomsnittshalter på ca 100 ppm uran. När spektrometern användes som scintillometer och placerades mot hållens sprickor uppmättes 41 000 cps (”counts per second”) i extremfallet. Antagligen utgörs sprickfyllnaderna till stor del av mineralet uraninit. Även graniter i omgivningen har förhöjda uranhalter. Många av de spektrometermätningar som har gjorts på granitoider i de södra delarna av kartområdet 26H Jäkkvik SO resulterar i ett radiumindex över 1.

Höga uranhalter har också uppmätts i andra delar av kartområdet. Även pegmatiterna, som förekommer i stora delar av kartområdet, ger förhöjda uranvärden. T.ex. gav en mätning på pegmatit vid sjön Rappens sydöstra strand en halt på 70 ppm uran.

I kartområdet finns toriumrika pegmatiter, pegmatitgraniter och graniter. Nära områdets östra gräns finns pegmatitgraniter med halterna 3,7–4,8 % kalium, 20–90 ppm uran och 60–80 ppm torium. De felsiska vulkaniterna har sällan uran- och toriumhalter över 5 respektive 15 ppm.

Längs Hornavans sydvästra strand finns en lagrad intrusion av en gabbroid bergart med hög susceptibilitet. Fyra spektrometerlokaler mättes på bergarten och halterna visar i medeltal 1,3 % kalium, 2,2 ppm uran och 3,5 ppm torium. Susceptibiliteten för bergarten är i genomsnitt $7\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter på de mätta lokalerna.

I områden där berggrunden domineras av fjällbergarter är det geofysiska mönstret utslätat på den magnetiska anomalikartan. Det beror dels på att fjällbergarterna ligger flackt, dels på att de har låg magnetisk susceptibilitet. Det finns emellertid en korrelation mellan halten av mörk glimmer och uppmätt susceptibilitet (fig. 13). Glimmerskiffer, lerstenar och fylliter som domineras av glimmer har samtliga en medelsusceptibilitet som är större än 20×10^{-5} SI-enheter, medan mer kvartsrika bergarter såsom kvartsit och arkos har medelsusceptibilitetsvärden som ligger mellan 10 och 20×10^{-5} SI-enheter. Gråvackorna har värden som ligger mellan dem för arkos och fyllit, vilket är väntat eftersom gråvackorna består av arkosiska band som växlar med mer glimmerrika. Även myloniterna är blandbergarter och uppvisar liknande medelvärden för susceptibiliteten. Halten av glimmer avspeglar i dessa fall hur leriga eller fältspatrika sedimenten varit innan de har utsattes för metamorfos och deformation.

Mineraliseringar

Vid Allebuouda (7359000/620000) förekommer molybden- och wolframmineraliseringar i ett ca åtta km² stort område. Molybdenmineraliseringarna uppträder huvudsakligen i aplit som ligger i kontaktzonen mellan granit och gnejsiga ytbergarter. Wolframmineraliseringarna förekommer som disseminerad scheelit i skarnomvandlade delar av ytbergarterna nära kontaktzonen. Den största av de tre förekommande molybdenmineraliseringarna, som ligger nära sjön Björntjärn, blev föremål för omfattande diamantborrning, jordavrymning och en mindre provbrytning. Ett flertal malMBERÄKNINGAR gjordes av LKAB, varav den senaste (1981) påvisade en uppskattad reserv på 1,8 miljoner ton molybden-”malm” med 0,11–0,13 % molybden (Hill 1981).

Första fyndet av en uranmineralisering vid Pleutajokk (7352000/616000) gjordes 1969 av SGU. Ett omfattande prospekteringsprogram startades 1970, vilket fram till 1976 resulterade i fynd av sju uranmineraliseringar i ett ca 15 km² stort område. En uppskattad uranreserv på ca 3 000 ton (0,1 % U) beräknades för den största av de sju mineraliseringarna (Gustafsson 1981). Alla rättigheter i Pleutajokkområdet överfördes 1976 till gruvbolaget LKAB som påbörjade en provbrytning. Prospektet övergavs 1981 då det ansågs vara olönsamt. Uranet förekommer huvudsakligen i mineralet pechblände som uppträder i form av millimetertunna, kvartsläta sprickor i en finkornig till fint medelkornig granit. Den mineraliserade graniten är hydrotermalt omvandlad och innehåller albit, riebeckit, epidot, hematit, titanit och järnhydroxider. Mindre uranmineraliseringar förekommer även nära vattendraget Harrejokk (7358866/609911) och strax söder om sjön Labbas nordvästra del (7367470/610400). I båda mineraliseringarna förekommer uranet i uraninit (pechblände) vilket är disseminerat i granit.

Längs ett ca 20 km långt stråk från söder mot norr förekommer järnmineraliseringarna Skommern (7350601/628130) i söder till Rebak (7362618/628151), Rappen (7370427/630357) och Hejka (7372634/630928) i norr. De har en omfattande utsträckning men en obetydlig bredd. Järnhalten ligger mellan 20 och 30 % och järnet förekommer huvudsakligen som magnetit i skarnomvandlade metasedimentära bergarter. Manganhalten är ställvis hög och varierar mellan 1 och 7 % (Grip & Frietsch 1973).

Blymineraliseringar av Laisvalltyp förekommer dels vid sjön Ardneshaur (7366523/606663) och dels vid Baktek (7371809/609564), strax norr om sjön Labbas nordvästra ände. Mineraliseringarna som utgörs av blyglans och zinkblände i autoktona sedimentära bergarter lokaliserades av Boliden Mineral AB efter geofysiska undersökningar samt kärnborrning (Einarsson m.fl. 1989).

Ett antal basmetallmineraliseringar med varierande guldanomolier förekommer i området där sjöarna Rappen och Labbas möts. Vid Biessetjäkko (7361200/619500) utgörs mineraliseringarna av svavelkis, kopparkis, zinkblände och blyglans impregnerade i en mafisk, tuffitisk metasedimentär bergart (Einarsson m.fl. 1989). Vid sjön Göktjärn (7362849/624156) förekommer huvudsakligen sprickmineraliseringar i en biotitrik kvarts-plagioklasförande bergart. Det dominerande malmineralet är kopparkis. Lokalt förekommer höga halter av koppar och silver (upp till 5 % resp. 500 ppm). Guld förekommer som elektrum och silver i blyglans samt som rent silver (Einarsson m.fl. 1990). Guldmineraliseringen Labbas-Långudden (7365137/624505) som ligger i samma område (se ovan) förekommer associerad med kvartsgångar, vilka är knutna till en kvartsporfyrisk ryolit. Guldmineraliseringen uppgår till maximalt 1,5 g/t (60 cm borrhärlor) och har identifierats i block och borrhärlor (Lilljevist 1991).

KARTOMRÅDET 25L BODEN NV OCH SV

Berggrunden

Berggrunden inom kartområdena 25L Boden NV och den norra delen av 25L Boden SV (fig. 14) kännetecknas av främst olika bergarter med vulkaniskt ursprung samt djupbergarter av varierande ålder.

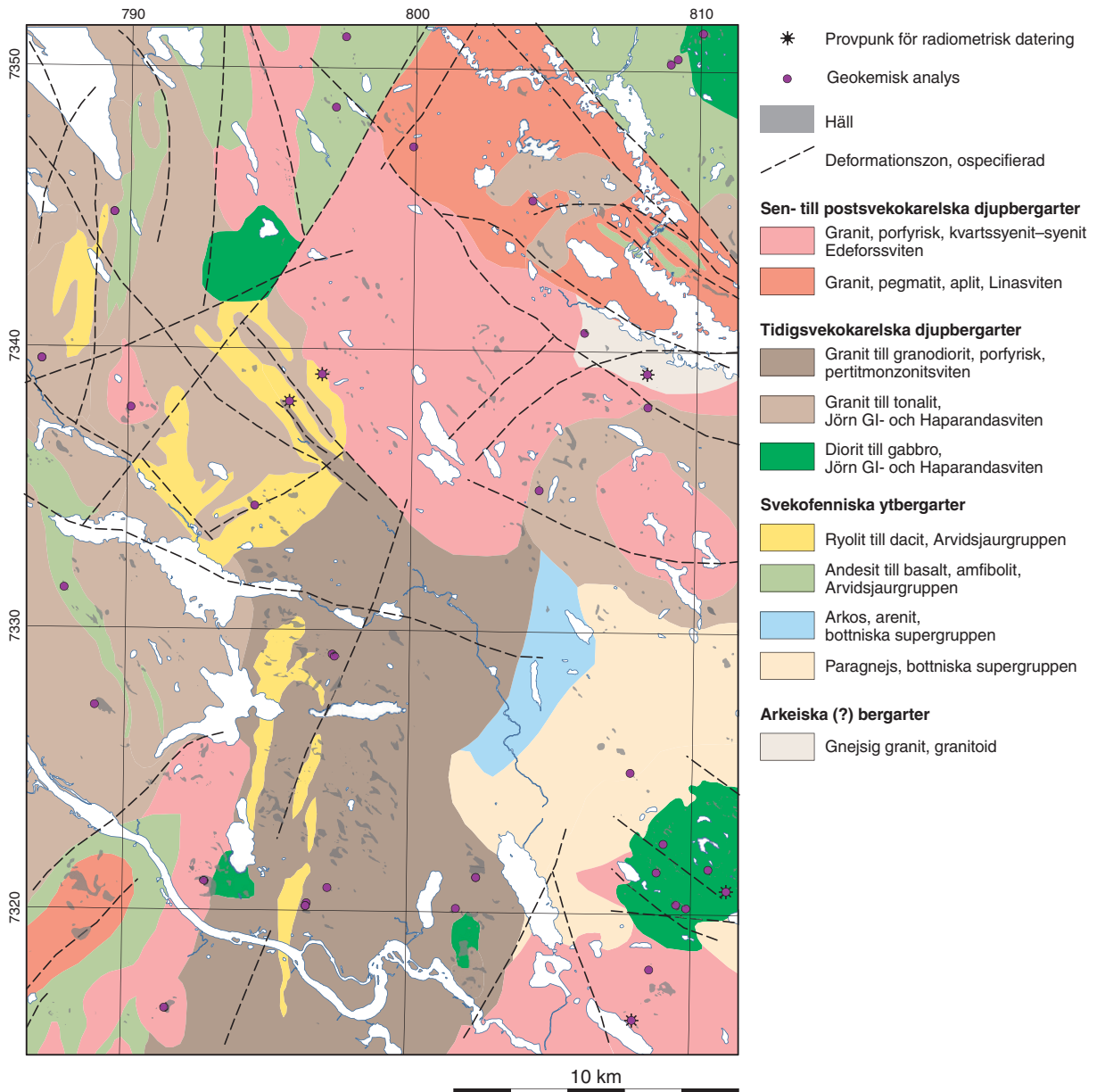


Fig. 14. Preliminär berggrundskarta över den 2009 karterade delen av kartområdena 25L Boden NV och SV. Hälltytor samt provpunkter för U-Pb-zirkondateringar och geokemiska analyser är markerade.

Sedimentära bergarter

De äldsta bergarterna är förmodligen marint avsatta gråvackor och areniter. Förekomsterna av metasedimentära bergarter i den nu undersökta delen av kartområdet 25L Boden visade sig vara mycket mindre än vad som markerats på tidigare framställda kartor. Migmatitiserade sandstenar och gråvackor observerades väster om Svartbäcken (fig. 15a). Veckad metagråvacka och metaarenit finns norr om Notträsk (fig. 15b).

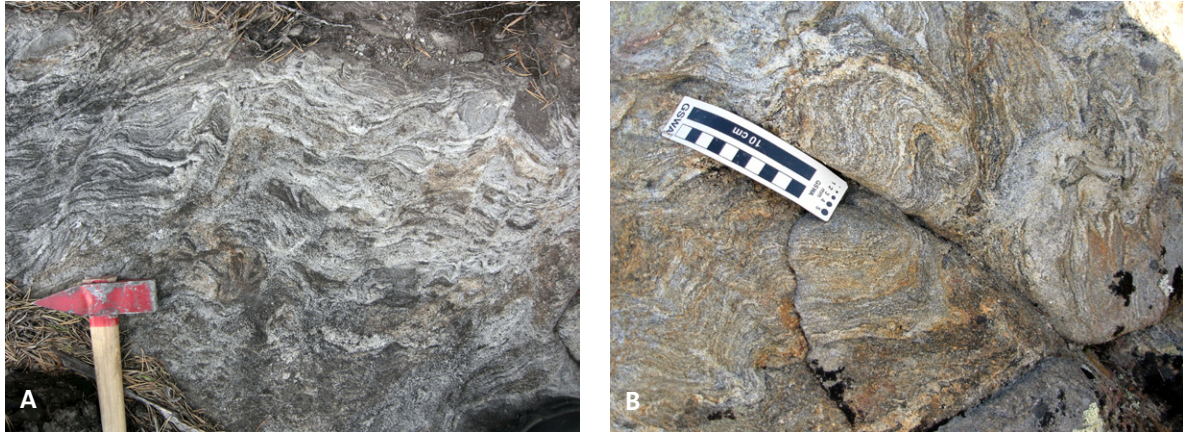


Fig. 15. Foton av metasedimentära bergarter från kartområdet 25L Boden NV och norra delen av 25L SV. **A.** Veckad migmatit med diatexitisk textur (7326123/806854). **B.** Isoklinalveckad, bandad migmatit och gråvacka (7323384/807345).

Intrusivbergarter

Berggrunden i det karterade området är huvudsakligen uppbyggd av paleoproterozoiska bergarter och underordnat av en förmodad förekomst av arkeiska granitoider. Arkeiska granitoider i kartområdets närmaste omgivning upptäcktes tidigare i Luleåområdet (t.ex. Lundqvist m.fl. 1996b, Wikström & Söderman 2000a,b, Mellqvist m.fl. 1999). En gnejsig porfyrisk granit vid Fällmyrberget samt en granitoid öster om Storhuvudet och norr om Klartjärnhuvudet tolkas på grund av sitt utseende som troligen arkeiska. En av dem har provtagits för datering. Tidigsvekokarelska, ca 1 910–1 860 miljoner år gamla intrusivbergarter är relativt vanliga i stora delar av det karterade området. De har traditionellt delats upp i ca 1 910–1 860 miljoner år gamla, grå, kalkalkalina metagranodioriter till metadioriter till kvartsdioriter (Haparandasviten) och ca 1 890–1 860 miljoner år gamla, röda, mer alkalirika graniter till syenitoider (pertitmonzonitsviten). Haparandasvitens bergarter är relativt rika på mörka mineral, kalifältspatfattiga, jämnkorniga, massformiga eller svagt stängliga till penetrativt folierade (fig. 16a). Rundade, utdragna mafiska enklaver är vanligt förekommande i dem (fig. 16b).

Intrusivbergarter i pertitmonzonitsviten uppträder som grå till rödgrå, lokalt gnejsiga ögonförande graniter. De är små- till grovporfyrisk eller relict grovkorniga. På en del ställen i kartområdet finns små partier med röda till grå, finkorniga metagraniter till metagranodioriter, vilka i många fall är associerade med de metagraniter och metasyenitoider som tillhör pertitmonzonitsviten (fig. 16c).

De basiska intrusivbergarterna i kartområdet sammanfaller vanligen med lokala, positiva tyngdkraftsanomalier och positiva anomalier i magnetfältet. De basiska bergarterna upptar en större yta än den som tidigare kartor visar, och en helt ”ny” basisk kropp har upptäckts i norra delen av kartområdet, söder om Djuptjärnen. Två större basiska intrusioner finns i kartområdet, en är den så kallade Notträskgabbron nordost om Boden. Den andra uppträder norr om Fällberget vid Gunnarsdjupträsk. Notträskgabbron utgörs av en lagrad mafisk intrusion med ursprungligen lopolitisk form (Filén 1987). Den är en synkinematisk intrusion i veckade ytbergarter av svekofennisk ålder (Filén 1987, Arvanitidis 1982). Den basiska intrusionen vid Gunnarsdjupträsk tolkas som en cirkulär struktur, även om

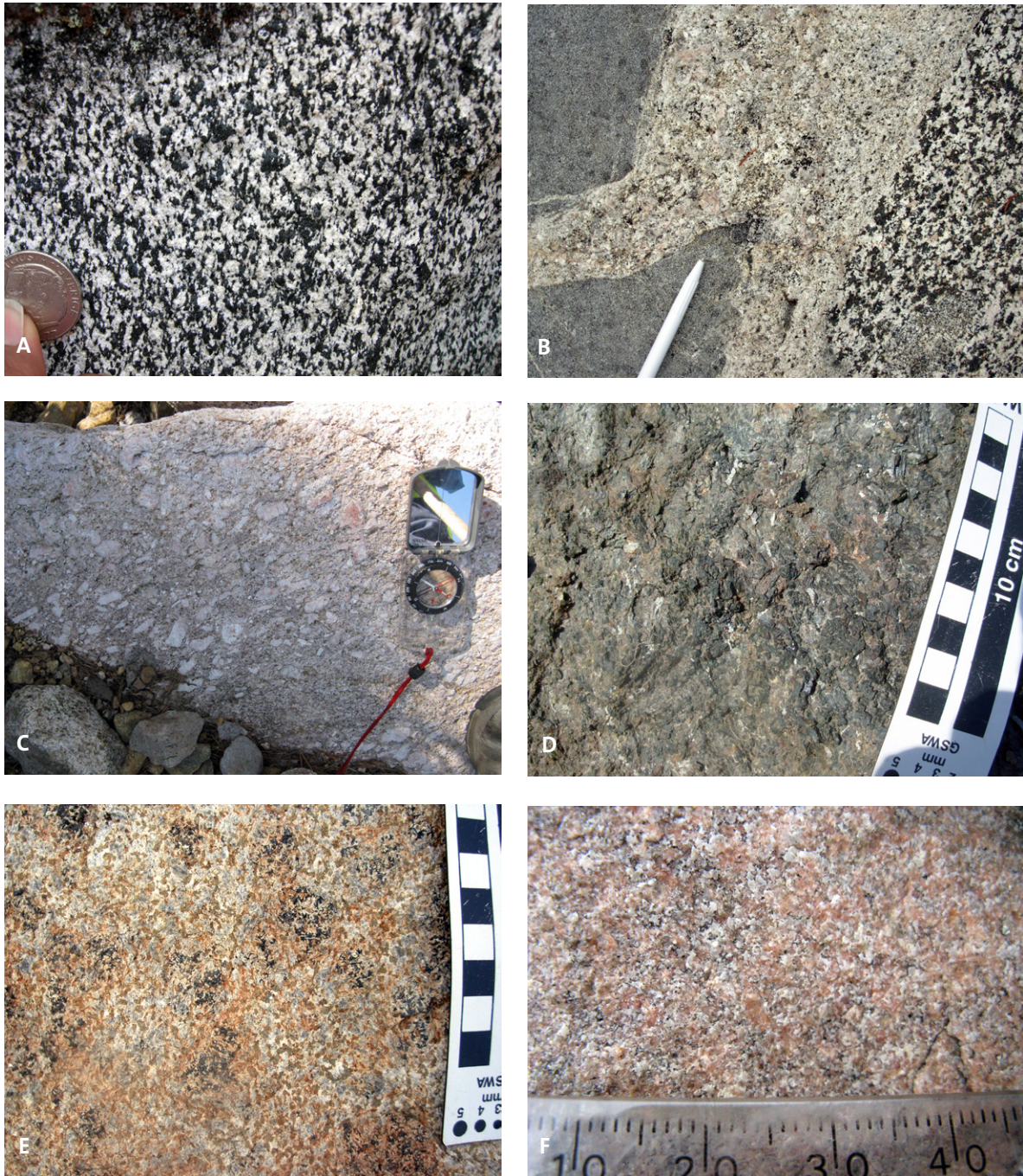


Fig. 16. Foton av intrusivbergarter från kartområdet 25L Boden NV och norra delen av 25L SV. **A.** Tonalit till kvartsmonzodiorit, svagt folierad, amfibolrik (7331862/788094). **B.** Kvartsdiorit till kvartsmonzodiorit med mafiska enklaver i kontakt med en inneslutning i meterstorlek av andesit. Sen- till postsvekokarelsk porfyrisk granit har intruderat båda bergarterna, troligen i form av "back-veining" (7315818/796733). **C.** Grovporfyrisk granit med rapakivitextur. Östra delen av Storhuvudet, norr om Klartjärnhuvudet (7328879/797280). **D.** Pegmatitoid pyroxenit till gabbroid (7320272/809046). **E.** Troctolit med mafiska mineral (leucogabbro). Notträskområdet (7321017/808842). **F.** Granit ur Linasviten. Norra delen av Lill-Svarthuvudet (7324364/797083).

blottningsgraden i området är ganska låg. Enligt tidigare observationer bildar den en platt skiva. De primära pyroxenerna har i stor utsträckning övergått i amfiboler (fig. 16d). Plagioklaserna är ställvis sericitiserade men uppvisar på många ställen typiska kumulattexturer (fig. 16e).

Sen- till postsvekokarelska, ca 1830–1750 miljoner år gamla intrusivbergarter uppträder också i kartområdet. Den så kallade Linasviten består av ljust röda till gråröda graniter och med dem associerade pegmatiter och täcker en del av kartområdet (fig. 16f). De är medel- till grovkorniga men uppvisar också mer finkorniga partier och ger då ett subvulkaniskt intryck.

Vulkaniska bergarter

De vulkaniska bergarterna varierar mycket. Ett område med basiska vulkaniter med kraftigt varierande utseende återfinns i de norra och västra delarna av det karterade området. En del av dem har uppfattats som lavar, eftersom möjliga kuddlavastrukturer har observerats på några ställen (fig. 17a). I andra delar av området kännetecknas de av fragment av olika slag och även delvis uppbrutna skikt av en plagioklasporfyrisk vulkanit (fig. 17b). De basiska vulkaniterna är ställvis fältspatporfyrisk med



Fig. 17. Foton av vulkaniska bergarter från kartområdet 25L Boden NV och norra delen av 25L SV. **A.** Breccierad porfyrisk andesit med klastisk textur. Ca 800 m nordnordväst om Slätt-Björnberget (7351214/797223). **B.** Lager av porfyrisk andesit med euhedral plagioklas (7317903/790083). **C.** Basisk metavulkanit med aggregat av amfibol (7331170/787760). **D.** Lagrad och folierad, porfyrisk subvulkanisk dacit till andesit. Långberget (7330530/788118). **E.** Epidotisering i dacit till andesit. Sydöstra delen av Långberget (7329987/788729). **F.** Ignimbritisk felsisk vulkanit med ströckorn av kvarts och fältspat. Statskölshuvudet (7337964/795484).

biotit i grundmassan. Vid ett mindre antal lokaler finns plagioklasporfyrisk vulkanit. På några ställen i området finns basiska vulkaniter med fragment och körtlar av amfibol (fig. 17c). En del av de basiska vulkaniterna är lagrade (fig. 17d), och mafiska mineral påvisar omvandling till klorit eller epidot (fig. 17e).

I den västra delen av kartområdet uppträder ryolitiska till dacitiska vulkaniter. De är ställvis ignimbritstrimmiga och innehåller relativt välbevarade strökorn av kvarts och fältspat (fig. 17f). I området mellan Statskölen och Petbergen är de sura vulkaniterna något mer homogena och har bedömts bestå väsentligen av ignimbriter. I dessa bergarter förekommer dock på något ställe rikligt fragmentförande skikt och även sådana som kan tolkas som tuffitiska led.

Tidigare geofysiska arbeten

Geofysiska flygmätningar över kartområdena 25L Boden NV och NO har utförts 1970 och över 25L Boden SV och SO 1971. De omfattar magnetfältets totalintensitet och markytans naturliga gammastrålning. Mätningarna utfördes i ost-västlig riktning på 30 meters höjd över markytan, längs linjer med ett inbördes avstånd av ca 200 meter. För att även få information om markens resistivitet utfördes nya flygmätningar 2009. Samtliga mätningar utfördes av SGU. Vid de senare användes samma flygriktning och linjeseparation som tidigare, men 60 meters höjd över markytan.

Tyngdkraftsmätningar över projektområdet har utförts främst på 1970- och 1980-talen. Vissa insatser gjordes 1994 av Luleå Tekniska Högskola (LuTH, numera Luleå tekniska universitet). Förutom SGU och LuTH så har Lantmäteriet gjort mindre arbeten inom kartområdet. Mätningarna är relativt jämt fördelade i de västra delarna, men inom den östra delen av 25L Boden finns relativt stora områden som är dåligt kartlagda. Det genomsnittliga punktavståndet är 1,9–2,0 km. Kompletterande tyngdkraftsmätningar kommer att utföras 2010. I relativt stor utsträckning kommer de att vara objektorienterade.

Förutom ovanstående geofysiska undersökningar har markmätningar utförts i begränsad utsträckning över vissa mineraliseringar, i samband med SGUs och NSGs (Nämnden för statens gruvegömdomar) prospekteringsverksamhet på 1970- och 1980-talen. Delar av materialet föreligger i digital form, men stora delar kan fortfarande endast återfinnas i form av kartor vid SGUs arkiv i Malå.

I samband med prospekteringsverksamheten, då berggrunden inom stora delar av projektområdet kartlades, analyserades totalt 545 bergartsprover från kartområdet 25L Boden med avseende på densitet, susceptibilitet och Königsbergerförhållande (q-värde). Av dem är relativt många orienterade prover, vilket gör att viss information om den remanenta magnetiseringens riktning föreligger. Huvuddelen av de orienterade proverna har tagits av basiska intrusivbergarter.

I samband med prospekteringsverksamhet på 1980-talet har vissa geofysiska mätningar utförts inom begränsade områden, bland annat på Notträskgabbbron (Filén m.fl. 1989, Widenfalk m.fl. 1985) och Gunnarsträskgabbbron (Arkko 1986, Lundmark 1992).

Magnetfält, tyngdkraftsfält och gammastrålning

De mest framträdande tyngdkrafts- respektive magnetfältsanomalierna (fig. 18) är båda orsakade av Notträskgabbbron, cirka 7 km nordost om Boden. Andra framträdande avvikelser förekommer i det nordostligaste hörnet och i den sydvästligaste delen av det i år undersökta området. Den förstnämnda är föranledd av Gunnarsträskgabbbron och den senare av en sur intrusion. Den magnetiska signaturen, i stort sett koncentriska ringar, för Gunnarsträskgabbbron är typisk för lagrade intrusioner. Området i den sydvästra delen, med negativa tyngdkraftsavvikelser och låg homogen magnetisering, indikerar relativt viskösa intrusioner. Liknande geofysiska avvikelser, med stora cirkelrunda mönster, förekommer bland annat längre västerut (Kathol m.fl. 2007). Andra framträdande drag i den magnetiska anomalibilden är de långsträckta anomalierna i den centrala södra delen av det undersökta området. Den bandade

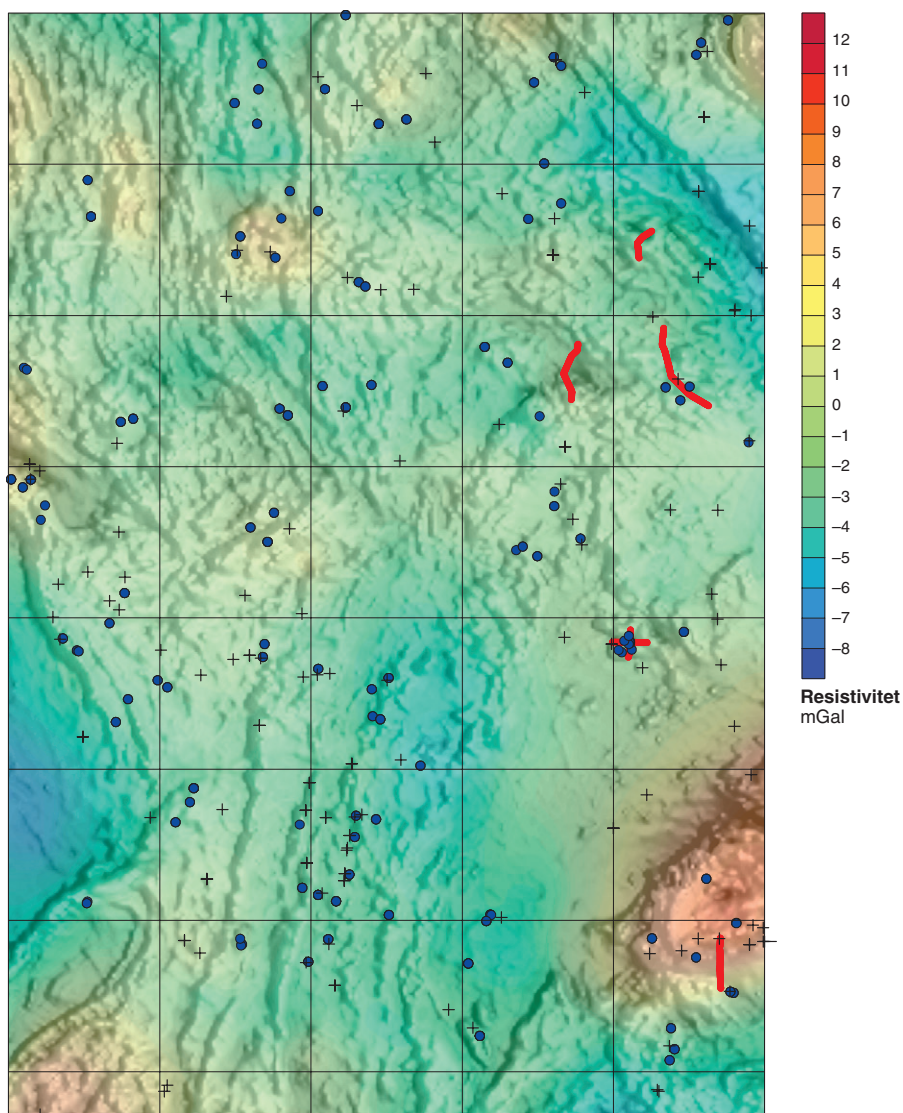


Fig. 18. Kombination av magnetiska data (gråskala) och tyngdkraftsdata (färg) över kartområdet 25L Boden NV och norra delen av 25L SV. Geofysiska observationer och profiler från fältsäsongen 2009. Blå punkter markerar lokaler för gammaspektrometer- och susceptibilitetsmätningar. Röda linjer visar lägen för profilmätningar med magnetometer. Lägen för äldre petrofysiska data är markerade med plustecken. Maskvidden i rutnätet är 5 km.

karaktären antyder en tektonisk påverkan eller ett visst inslag av svekofenniska ytbergarter. De största och mest utpräglade tektoniska zonerna har enligt den magnetiska anomalikartan en nordvästlig riktning. Små markerade zoner med nordnordostlig riktning förekommer också.

Gammastrålningen (fig. 19) är i huvudsak låg. Det är främst sura, relativt finkorniga graniter och apliter, sannolikt tillhörande Linasviten, som ger upphov till något högre nivåer. Enligt spektrometermätningarna på berghällar (fig. 19) har Haparandaseriens bergarter genomgående låga halter av uran och torium. Då kaliumhalten också är låg i dessa bergarter blir aktivitetsindexet omkring och under 1. Linasvitens bergarter har värden upp mot gränsvärdet 2. De högsta värdena för uran och torium som mätts motsvarar 24 respektive 55 ppm. Det första mättes på en pegmatit med inslag av aplit vid Södra Gyljen (ca 24 km norr om Boden), det senare på en aplit vid Överstbyn (ca 33 km norr om Boden).

Profilmätningarna omfattar sex profiler (fig. 18) och har enbart utförts med hjälp av magnetometer på grund av att flygburen VLF-mätning inte var tillgänglig i samband med fältarbetet. Flygmätningen av magnetfältet är utförd i ost-västlig riktning. Därför har markmätningarna, som genomgående gjorts

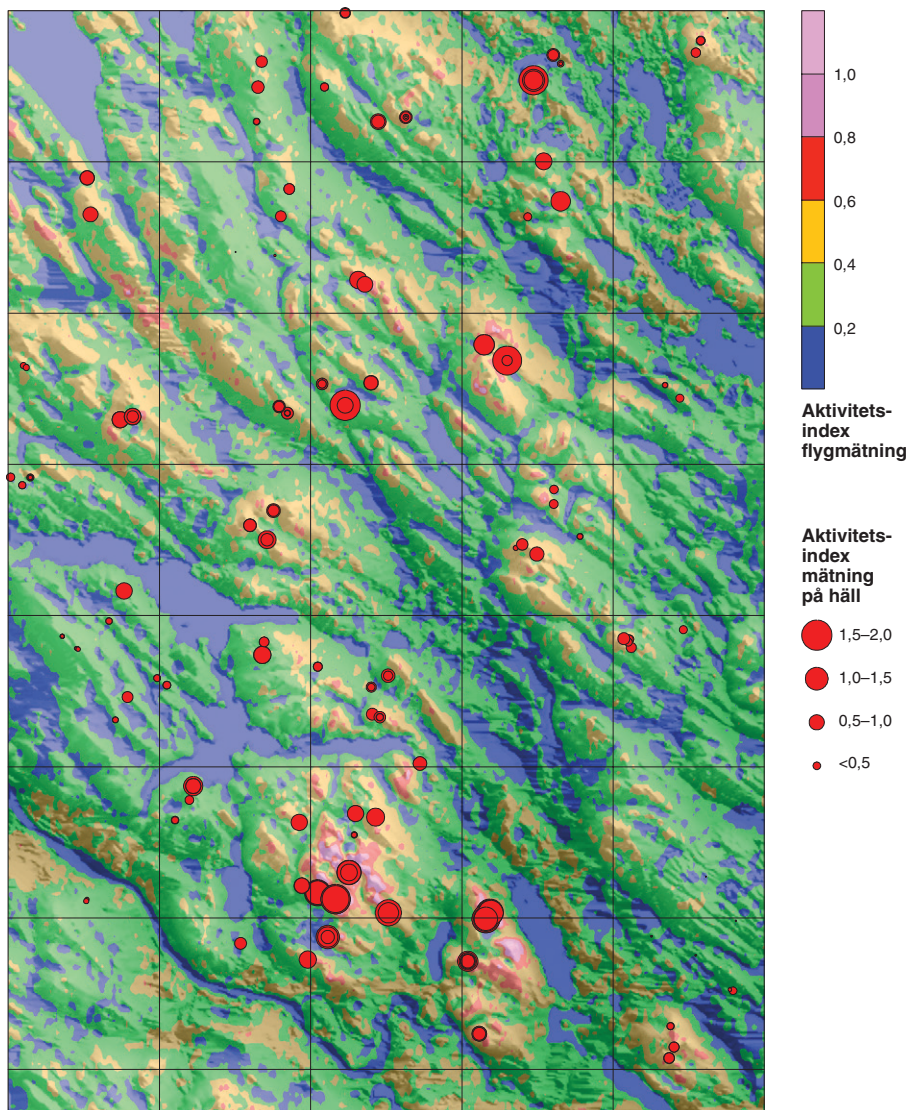


Fig. 19. Kompositkarta med aktivitetsindex och topografisk relief över kartområdet 25L Boden NV och norra delen av 25L SV. Aktivitetsindex har beräknats från flygmätta spektrometerdata. Den topografiska reliefen baseras på Lantmäteriets 50 × 50 m höjddata. Runda symboler visar aktivitetsindex från spektrometermätningar på berghällar. Maskvidden i rutnätet är 5 km.

med cirka 10 meters punktavstånd, i huvudsak utförts i nord–sydlig riktning. Detta gjordes för att väsentligt öka upplösningen över vissa specifika magnetiska anomalier. Upplösningen i flygmätningarna är teoretiskt 200 meter tvärs flygriktningen.

Två av de sex markprofilerna berör ett ”magnetiskt hål”, 14,5 km norr Boden. Magnetfältet där varierar våldsamt, upp till 6000 nT på 10 meter, vilket medförde att gradienttoleransen för magnetometern överskreds vid många tillfällen. Detta skedde trots att susceptibiliteten på de relativt rikligt förekommande berghällarna inte uppvisar någon markant variation, $6\text{--}36 \times 10^{-5}$ SI-enheter. Cirka 1 km söder om det ”magnetiska hålet” finns några små, gamla koppargruvor med en ansevärd variation i magnetfältet, trots att den magnetiska susceptibiliteten inte där heller uppvisar speciellt höga värden. Sannolikt förorsakas magnetfältvariationerna av en ansevärd remanent magnetisering, som ställvis förekommer i mineraliseringar av magnetkis. Några enstaka petrofysikprover, som förhoppningsvis skall uppvisa hög remanent magnetisering, har tagits från området.

REFERENSER

- Albrecht, L., 2000: Early structural and metamorphic evolution of the Scandinavian Caledonides: a study of the eclogite-bearing Seve Nappe Complex at the Arctic Circle, Sweden. *Lunds universitet, ISBN 91-86746-33-2*, 121 s.
- Arvanitidis, N., 1982: The geochemistry and petrogenesis of the Notträsk mafic intrusion, northern Sweden. Doktorsavhandling. *Meddelanden från Stockholms universitets geologiska institution 253*, 1–179.
- Arkko, V., 1986: The Nordkalott project - geophysical aspects of large mafic intrusions in northern Sweden. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 86401*, 79 s.
- Einarsson, Ö., Forsberg, L-O., Lindholm, T. & Nylund, B., 1989: Rappenfältet: redovisning av utförda prospekteringsarbeten t.o.m. 1988. *Sveriges geologiska AB PRAP 89018*, 46 s.
- Einarsson, Ö., Rankvist, T. & Westerberg, S., 1990: Mineralförekomster inom Arjeplogs kommun. *Sveriges geologiska undersökning PRAP 90008*, 58 s.
- Filén, B., 1987: PGE-prospektering 1986, Etapp II. *Sveriges geologiska AB PRAP 87003*, 28 s.
- Filén, B., Ekström, M. & Lundmark, L.-G., 1989: Notträsk 1989 – Diamantborrning. *Sveriges geologiska AB. PRAP 89025*, 9 s.
- Geological surveys of Finland, Norway and Sweden, 1987: Geological map, Northern Fennoscandia, 1:1 million. *ISBN 91-7158-370-X*.
- Grip, E. & Frietsch, R., 1973: *Malm i Sverige 2, Norra Sverige*. Almqvist & Wiksell, Stockholm, 295 s.
- Gustafsson B., 1981: Uranium exploration in the N. Västerbotten – S. Norrbotten province, Northern Sweden. *Uranium exploration case histories: proceedings of an advisory group meeting on case histories of uranium exploration: jointly organized by the International atomic energy agency and the OECD Nuclear energy agency and held in Vienna, 26–29 November 1970*, 333–352.
- Hanmer, S. & Passchier, C., 1991: Shear-sense indicators: A review. *Geological Survey of Canada, paper 90-17*, 1–72.
- Hill, T., 1981: Allebuouda molybden: Malmberäkning av stora malmen. *LKAB Prospektering AB PRO8115*, 69 s.
- Kathol, B. & Persson, P.-O., 1997: U-Pb zircon dating of the Antak granite, northeastern Västerbotten County, northern Sweden. I T. Lundqvist (red.): Radiometric dating results 3, *Sveriges geologiska undersökning C 830*, 6–13.
- Kathol, B. & Weihed, P. (red.), 2005: Description of regional geological and geophysical maps of the Skellefte District and surrounding areas. *Sveriges geologiska undersökning Ba 57*, 1–197.
- Kathol, B., Aaro, S., Hartvig, F., Jönberger, J. & Lundmark, C., 2007: Moskosel–Harads, baskartering berg. I Hans Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning. Sammanfattning av pågående verksamhet 2006. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 126*, 10–27.
- Kautsky, F., 1940: Das Fenster von Gautojaure im Kirchspiele Arjeplog. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 62*, 121–147.
- Koistinen, T., Stephens, M.B., Bogatchev, V., Nordgulen, Ø., Wennerström, M. & Korhonen, J., 2001: Geological map of the Fennoscandian Shield, scale 1:2 000 000. *Geological Surveys of Finland, Norway and Sweden and the North-West Department of Natural Resources of Russia*.
- Kulling, O. 1977: Berggrundskarta över Norrbottensfjällens södra del. *Sveriges geologiska undersökning Ba 26*.
- Kulling, O., 1982: Översikt över södra Norrbottensfjällens kaledonberggrund. *Sveriges geologiska undersökning Ba 26*, 1–295.
- Lilljequist, R., 1973: Caledonian geology of the Laisvall area, southern Norrbotten, Swedish Lapland. *Sveriges geologiska undersökning C 691*, 1–43.
- Lilljeqvist, R., 1991: Prospekteringsarbeten i Rappenområdet: Andra halvåret 1991. *Sveriges geologiska undersökning NSG91112 del 1*, 18 s.
- Lindström, M., Lundqvist, J. & Lundqvist, T., 2000: Sveriges geologi från urtid till nutid. *Studentlitteratur, Lund*, 491 s.

- Ljungner, E., 1950: Urbergstans form vid fjällranden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 72, 269–300.
- Lundmark, L.-G., 1992: Den naturliga remanensens riktningar i jämförelse mellan lagrade och inte lagrade mafiska intrusioner. *Sveriges geologiska AB. PRAP 92007*, 11 s.
- Lundqvist, T., Bøe, R., Kousa, J., Lukkarinen, H., Lutro, O., Roberts, D., Solli, A., Stephens, M. & Weighed, P., 1996a: Bedrock map of Central Fennoscandia. Scale 1:1 000 000. *Geological Surveys of Finland (Espoo), Norway (Trondheim) and Sweden (Uppsala)*.
- Lundqvist, T., Vaasjoki, M. & Skiöld, T., 1996b: Preliminary note on the occurrence of Archaean rocks the Vallen–Alhamn area, northern Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C 828*, 32–33.
- Mellqvist, C., Öhlander, B., Skiöld, T. & Wikström, A., 1999: The Archaean–Proterozoic Palaeoboundary in the Luleå area, northern Sweden: field and isotope geochemical evidence for a sharp terrane boundary. *Precambrian Research* 96, 225–243.
- Silvennoinen, A., Gustavson, M., Perttunen, V., Siedlecka, A., Sjöstrand, T., Stephens, M.B. & Zachrisson, E., 1987: Geological map, Pre-Quaternary rocks, Northern Fennoscandia. Scale 1:1 000 000. *Geological Surveys of Finland, Norway and Sweden*.
- Thelander, T. 1977: Hällkarta 26H2-3 e-f. Correlation of Caledonian Stratabound Sulphides. *IGCP/CCS – project*.
- Thelander, T., 2009: Berggrundskartan Kaledoniderna i norra Sverige, skala 1:250 000. Södra delen. *Sveriges geologiska undersökning K 222:2*.
- Thelander, T., Bakker, E. & Nicholson, R., 1980: Basement-cover relations in the Nasafjället Window, central Swedish Caledonides. *Geologiska föreningens i Stockholms Förhandlingar* 102, 569–580.
- Widenfalk, L., Elming, S.-Å. & Enmark, T., 1985: A multidisciplinary investigation of the Notträsk Gabbro, northern Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 107, 109–126.
- Wikström, A. & Söderman, J., 2000a: Berggrundskartan 24L Luleå NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 153*.
- Wikström, A. & Söderman, J., 2000b: Berggrundskartan 24L Luleå SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 155*.
- Willdén, M.Y., 1980: Paleoenvironment of the autochthonous sedimentary rock sequence at Laisvall, Swedish Caledonides. *Stockholm Contributions in Geology* 23, 1–100.
- Ödman, O.H., 1957: Beskrivning till berggrundskarta över urberget i Norrbottens län. *Sveriges geologiska undersökning Ca 41*, 151 s.

SYDVÄSTRA NORRBOTTEN

Ildikó Antal Lundin, Dick Claeson, Fredrik Hellström och Leif Kero

Projektet ingår i SGUs systematiska geologiska kartering av malmpotentiella områden. Dess geografiska utbredning omfattar kartområdena (enligt RT90) 26I Luvos NV, NO och SV, 26J Jokkmokk NV och NO, 27I Tjåmotis SV och SO, 27J Porjus SV och 26K Murjek SV. Lägesbestämningar görs i koordinatsystemet SWEREF99 TM. De indexrutor som berörs är 73G, 73H, 74G och 74H. Syftet är att skapa lokala berggrundsgeologiska och geofysiska databaser, som kan utgöra underlag för planering och resurshushållning för prospekteringsföretag, kommuner, länsstyrelse m.fl. i Norrbottens län.

Databaserna kommer att omfatta kartdatabas, databaser över hällobeservationer, litogeokemi, åldersbestämningar, mineralfyndigheter, petrofysik och geofysiska markmätningar. Kompletterande tyngdkraftsmätningar liksom geofysiska flygmätningar kommer att utföras inom ramen för projekten tyngdkraftsmätningar respektive flyggeofysik. Arbetet startade våren 2009 och planeras vara avslutat vid utgången av år 2014.

Sommaren 2009 inleddes fältarbeten inom 27J Porjus SV samt 26I Luvos SV och NV (fig. 1).

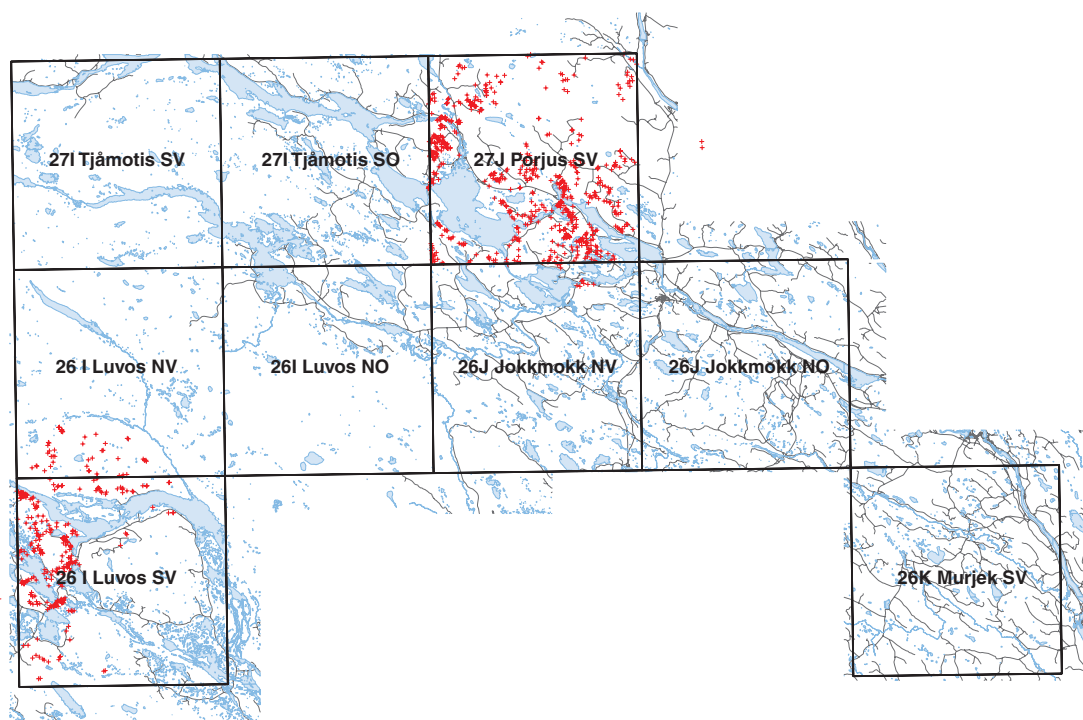


Fig. 1. Projektområdet med årets hällobeservationer i rött.

Berggrundsgeologisk översikt

Sydvästra Norrbotten uppvisar en stor spännvidd för både bergartstyper och bildningsåldrar. De äldsta bergarterna tillhör den arkeiska delen av den fennoskandiska skölden, dvs. de är äldre än 2,5 miljarder år. Inom projektområdet är det för närvarande osäkert i vilken utsträckning arkeisk berggrund är exponerad. Isotopgeokemiska och geofysiska data visar dock att arkeiskt material finns på djupet, under de yngre bergarterna. I projektområdets närhet förekommer enstaka större och mindre områden med omkring 2,7 miljarder år gamla bergarter som ligger likt isolerade, uppstickande öar i den yngre berggrunden. De representerar det allra äldsta skedet av Sveriges geologiska utveckling och består både av metamorfa (omvandlade under höga tryck och temperaturer) ytbergarter och djupbergarter.

Merparten av den arkeiska berggrunden i den norra delen av den fennoskandiska skölden har påverkats av åtminstone två regionalmetamorfa händelser.

I östra Norrbotten finns rester av något yngre ytbergarter, tillhörande de omkring 2,4 till 1,96 miljarder år gamla karelska bildningarna, vilka pålagrar den arkeiska berggrunden. Det är inte känt om det förekommer några karelska bildningar inom projektområdet. Bergarter av denna typ har, liksom de arkeiska, en större utbredning i Finland. Den yngre, svekofenniska delen av berggrunden, pålagrar de karelska bergarterna, och båda grupperna är omvandlade genom de höga tryck och temperaturer som rådde under den svekokarelska bergskedjebildningen för ca 1,9–1,8 miljarder år sedan. De svekofenniska bergarterna är omkring 1,96–1,85 miljarder år gamla och består av ursprungligen sedimentära och vulkaniska avsättningar. De genomslås i sin tur av något yngre intrusiva bergarter, bland annat av de så kallade Haparanda- och pertitmonzonitviterna. De senare är endast delvis metamorfa och deformationerade, vilket visar att de bildades under bergskedjebildningens slutskede. Det finns även sedimentära och vulkaniska avsättningar som är välbevarade och bildade under bergskedjebildningens slutskede.

I området förekommer också större områden med yngre, omkring 1,8 miljarder år gamla graniter, i många fall associerade med granitpegmatiter. Dessa sammanfattas vanligen under beteckningen Linagraniter, eller granit-pegmatitassociationen (GP). Utöver Linagraniter finns enheter med ungefär likåldriga graniter, syenitoider och gabbroider. Många av granitoiderna och syenitoiderna är porfyriska med kristaller av kalifältspat som strökorn. De ca 1,8 miljarder år gamla bergarterna är i allmänhet relativt opåverkade av metamorfos och deformation.

Geofysisk översikt

Geofysiska flygmätningar över projektområdet utfördes av NSG under åren 1966–1967, varvid endast det magnetiska fältet mättes. Flygriktningen var ost–västlig, linjeavståndet 200 meter och flyghöjden ca 30 meter. Mätnoggrannheten var 10 nT, lägesbestämningen gjordes visuellt. Kartområdet 26I Luvos mättes 1968, och vid den tidpunkten samlades information in om magnetfältet och gammastrålningen. Den södra halvan av kartområdet 27I Tjåmotis flygmättes även 1980 av NSG i samband med uranprospekteringen. Då mättes förutom magnetfältet även gammastrålningen (halterna av kalium, uran och torium) och VLF-fältet (en sändare). Mätnoggrannheten var då 1 nT och natriumjodid kristallen var 6 liter stor (idag 16,7 liter).

LKAB utförde flygmätningar 1984 och 1985 över södra delarna av kartområdet 26I Luvos SV, över 27J Porjus SV samt över de norra delarna av 26J Jokkmokk NV. Utöver mätningen av det magnetiska totalfältet mättes även det elektromagnetiska fältet (slingram och VLF med två oberoende sändare) samt gammastrålningen. Flyglinjeavståndet var 200 meter, flyghöjden ca 30 meter och flygriktningen ost–västlig. Den magnetiska mätningens noggrannhet var 2 nT.

Under 2009 genomfördes geofysiska flygmätningar av SGU över delar av kartområdena 26I Luvos och 26J Jokkmokk. Magnetiska totalfältsdata, elektromagnetiska data (VLF) samt gammastrålningsdata samlades in. VLF-fältet är uppmätt med två sändare, vilket innebär att en resistivitetskarta och en så kallad peaker-karta kan framställas. Mätningarna är utförda med 200 meters linjeavstånd, 16 meters punktavstånd och från ca 60 meters höjd. Flygriktningen var ost–västlig, och lägesbestämningen i höjd och sidled gjordes med differentiell GPS. Den magnetiska mätningens noggrannhet är idag 0,1 nT.

Kompletterande tyngdkraftsmätningar samt mätningar på objekt utfördes under vårvintern och sommaren 2009 inom kartområdena 26I Luvos (södra delen), 27J Porjus SV och 27I Tjåmotis SO. Punktavståndet varierar inom projektområdet, 1 till 5 km i västra delarna av projektområdet och 200 till 1000 meter i Jokkmokksområdet (fig. 2).

Förutom det flygmätta geofysiska underlaget och tyngdkraftsunderlaget finns det markgeofysiska mätningar av magnetfältet, det elektromagnetiska fältet (slingram och VLF-metoden) samt inducerad polarisation från olika prospekteringskampanjer under 1970- och 80-talen. Det finns även mer än tusen petrofysiska prover i SGUs databas. Provernas lägen visas på den magnetiska anomalikartan (fig. 3).

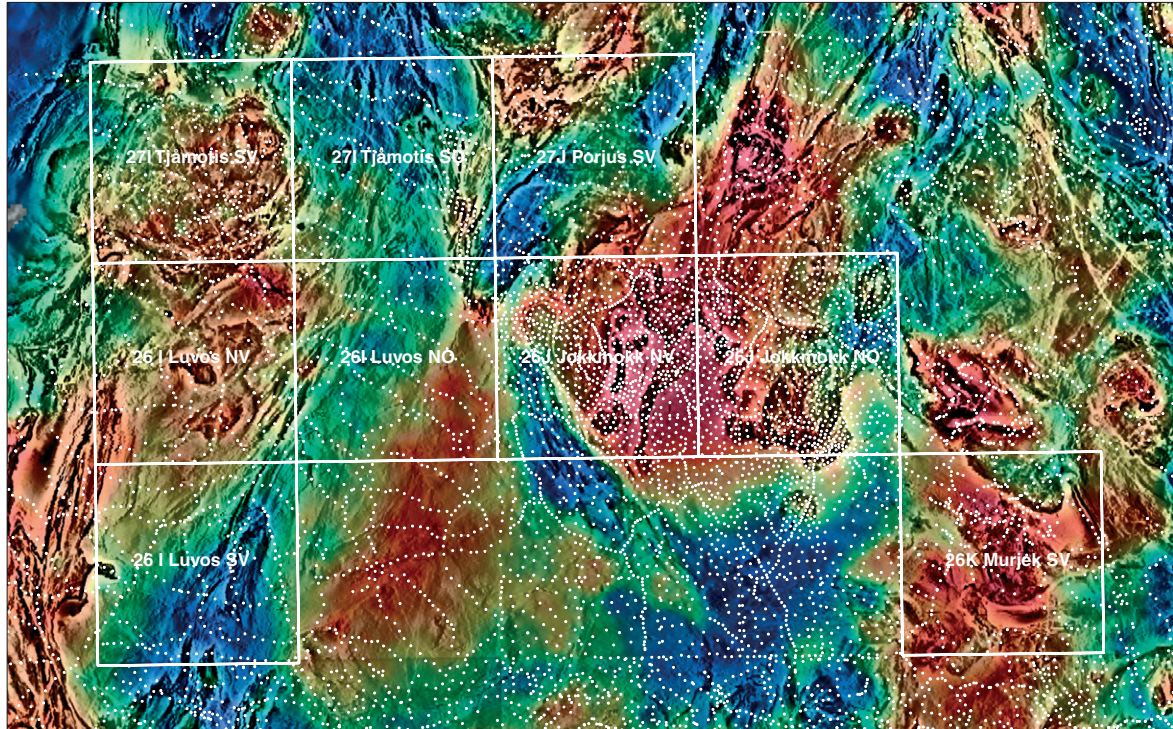


Fig. 2. Kombination av filtrerat magnetfält i gråskala och tyngdkraftsfältets residual i färg. Mätpunkternas läge med vitt, projektområdet med vit kontur.

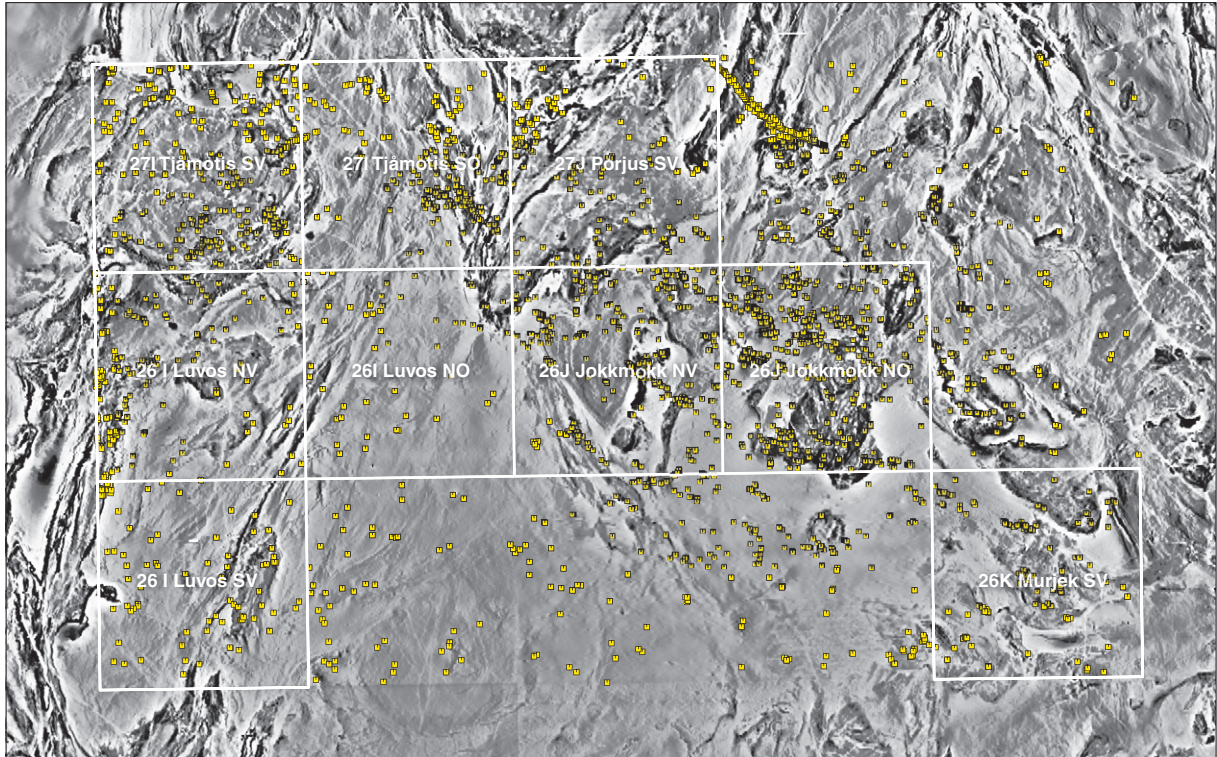


Fig. 3. Magnetisk anomalikarta i gråskala över projektområdet. Symbolerna visar läget för petrofysikprover.

KARTOMRÅDET 27J PORJUS SV

Dick Claeson och Ildikó Antal Lundin

Under fältsäsongen 2009 karterades delar av berggrunden i kartområdet 27J Porjus SV av Dick Claeson, Eva Danielsson och Ingrid Norling. Geofysiska fältundersökningar utfördes av Ildikó Antal Lundin. Tidigare har området endast karterats i skala 1:400 000 (Ödman 1957) och delar av området i skala 1:250 000 inom Jokkmokksprojektet (1981). En omfattande petrofysisk analys av Norrbottens berggrund genomfördes inom ramen för ”Nordkalottprojektet” (Granar m.fl. 1986).

Geofysiskt tolkningsarbete över kartområdet 27J Porjus genomfördes av Nisca (1980), och arbetet är redovisat i form av tolkningskartor i skala 1:100 000 och 1:250 000 samt i en rapport. Ett antal prover har tagits för tillverkning av tunnslip, bulkgeokemisk undersökning och datering.

Berggrunden består till största delen av paleoproterozoiska bergarter. Blottningsgraden är generellt låg till mycket låg, och stora områden med myrmark och sjöar dominerar landskapet. I en del områden är det framför allt i höjdområden som berggrunden är blottad, men även höjdområdena är i många fall täckta med morän.

Geofysik

Geofysisk anomaliuppföljning har bedrivits under sommaren 2009. Arbetet har bestått av markprofilmätningar av det magnetiska totalfältet och det elektromagnetiska fältet, provtagning för mätning av bergarternas petrofysiska egenskaper (susceptibilitet, densitet och remanent magnetisering) samt gammastrålningsmätningar och susceptibilitetsmätningar på berghällar. Sammanlagt har 80 nya petrofysikprover tagits och 173 spektromettermätningar har gjorts på 62 hållar. Medelvärden för susceptibilitet per bergart redovisas i tabell 1.

Bergart	Antal susceptibilitetsmätningar	Medelvärde för susceptibilitet ($\times 10^{-5}$ SI)	Antal spektromettermätningar	Medelvärde för kalium (%)	Medelvärde för uran (ppm)	Medelvärde för torium (ppm)
Granit	3053	1065	66	4,0	6,4	24,8
Pegmatitgranit	104	418	25	4,2	19,5	31,6
Kvartsmonzonit	63	3636	5	3,9	4,8	18,9
Gabbroid	155	1911				
Ryolitoid	407	1418	19	3,5	7,7	25,6
Dacitoid	786	2479	11	2,8	3,6	11,5
Andesitoid	208	4215	9	1,5	1,3	3,2
Basaltoid och basaltisk andesit	160	6790				
Basisk bergart	706	1534				

Bergarterna inom undersökningsområdet uppvisar varierande nivåer av magnetisering och magnetfältet avspeglar komplicerade mönster som härrör från variationer i bergarternas litologi och deformationsmönster (fig. 4). Granitoiderna ger upphov till ett ganska homogent anomalimönster på grund av en jämnare magnetiseringsnivå. Ytbergarterna ger däremot, genom sina höga och generellt starkt varierande susceptibilitetsvärden, upphov till ett bandat anomalimönster som ställvis indikerar flacka, veckade strukturer. Längst ner i det sydöstra hörnet av kartområdet framträder ett lågmagnetiskt område, förorsakat av en granitoid med områdets lägsta susceptibilitetsvärden. Granitoiden sammanfaller i sin tur med ett tyngdkraftsöverskott som antyder förekomsten av tyngre bergarter på djupet (fig. 5).

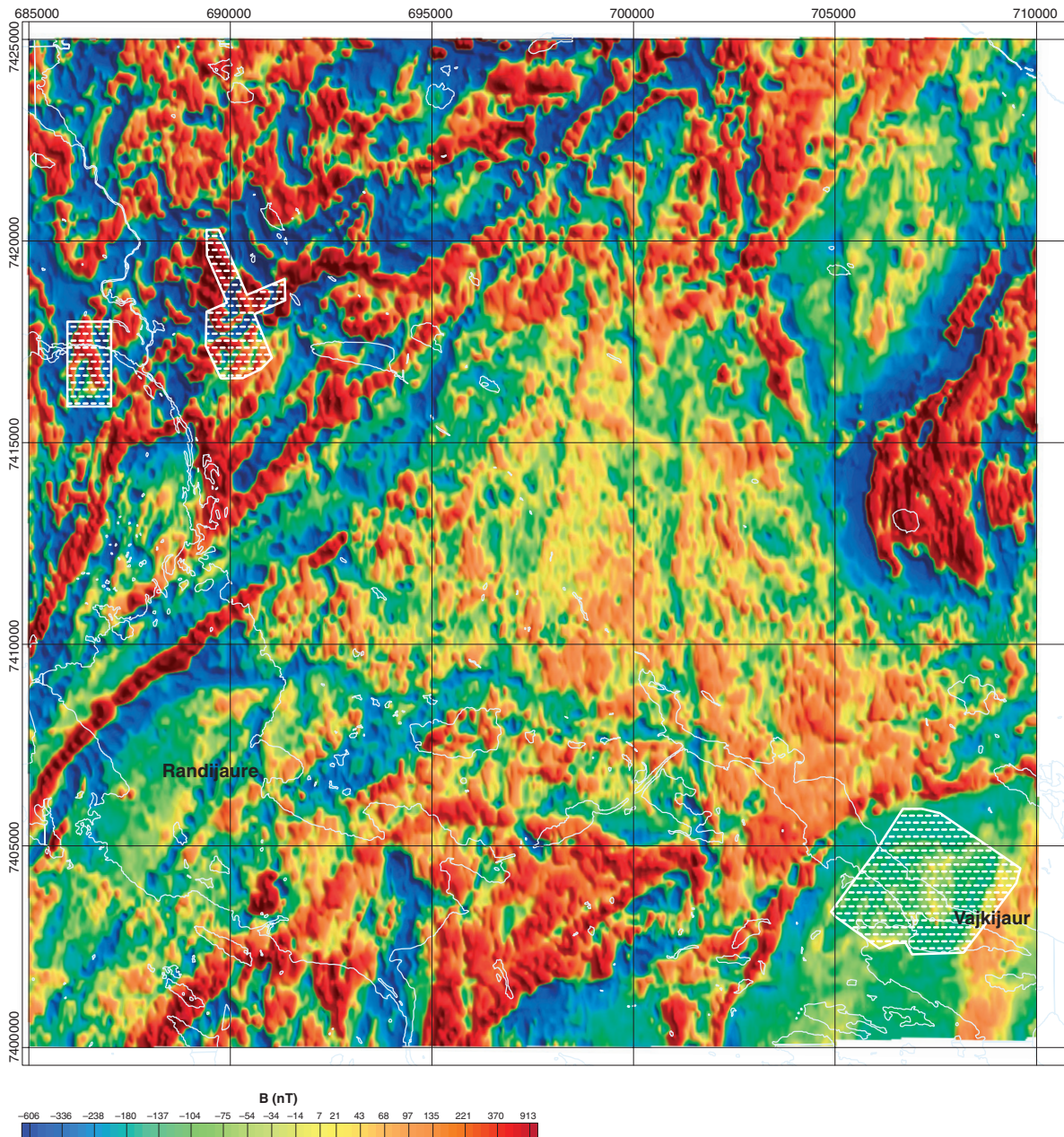


Fig. 4. Magnetisk anomalikarta över kartområdet 27J Porjus SV. Områden med markgeofysiska mätningar med vit kontur.

Tyngdkraftsöverskottet är regionalt och fältets styrka ökar mot sydost och även mot nordväst. Intermediära och basiska vulkaniter som bidrar till massöverskottet förekommer inom kartområdet, men anomaliernas regionala karaktär antyder även djupare orsaker till överskottet. I de centrala delarna av kartområdet framträder ett tyngdkraftsunderskott i sydvästlig utbredning som till stora delar sammanfaller med förekomsten av granitoider. Tyngdkraftsunderskottets utsträckning löper parallellt med en deformationszon, den så kallade Karesuando–Arjeplogzonen (Bergman m.fl. 2001).

Radiometeriska flygmätningar visar på förhöjda uranhalter söder om Pakkoselet (Tåresåive), Pakteväre, Låutakotväre och söder om Randijaure och Nautasätno (fig. 6). Markuppföljningar visar på relativt höga halter av uran, huvudsakligen i pegmatitgraniter. Även en granitisk bergart söder om Pakkoselet håller höga uranhalter, liksom en ryolit söder om Randijaure. Medelvärden för kalium, uran och torium per bergart framgår av tabell 1.

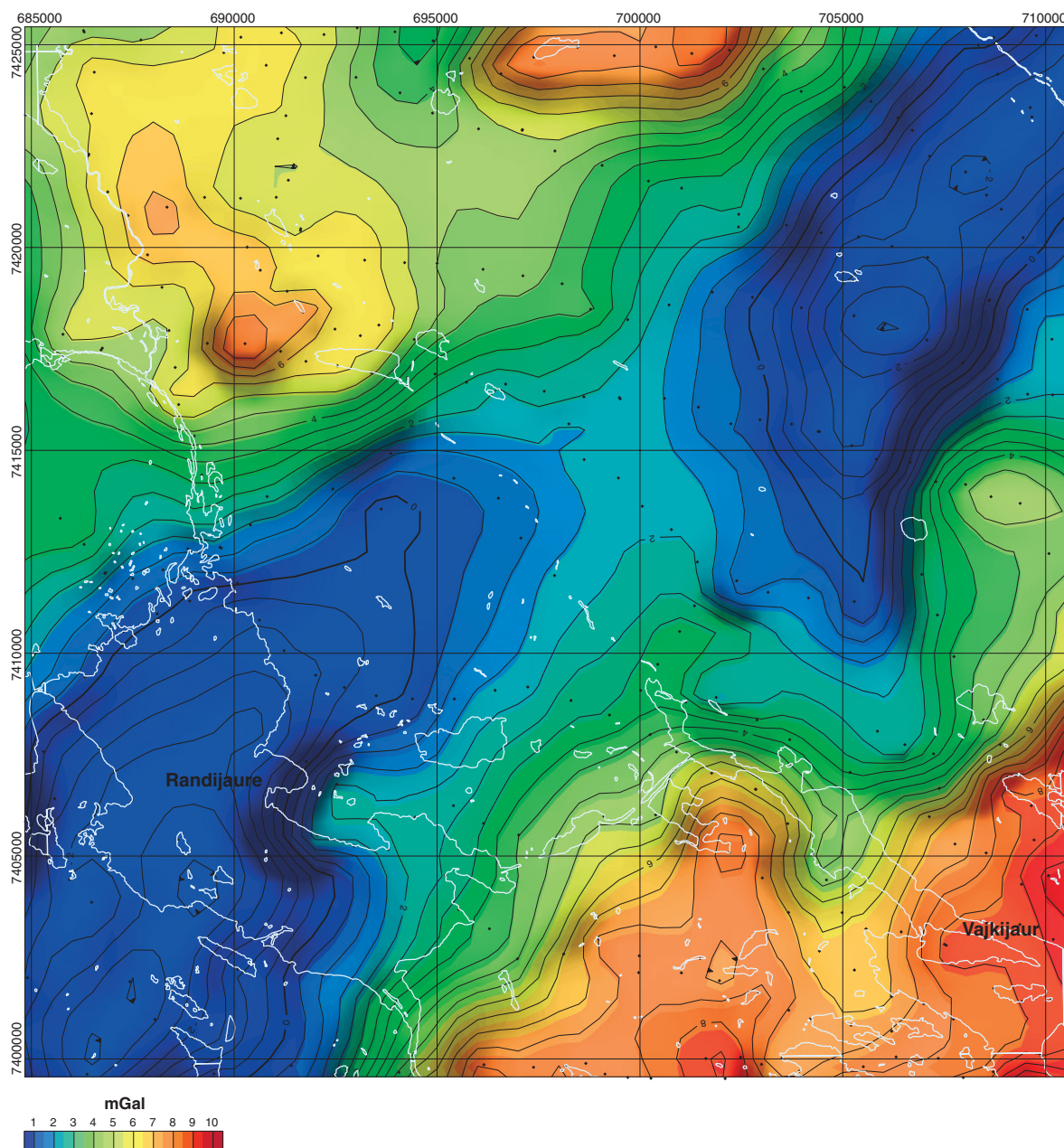


Fig. 5. Tyngdkraftsfältets residual över kartområdet 27J Porjus SV. Svarta punkter visar läget för mätpunkterna.

Söder om Paktevare förekommer några små cirkulära, negativa magnetiska anomalier med ca 200–300 meter i diameter. Markprofiler över två av dessa visar en lägre magnetiseringsnivå i storleksordningen 400 till 600 nT. En av profilerna visas i figur 7.

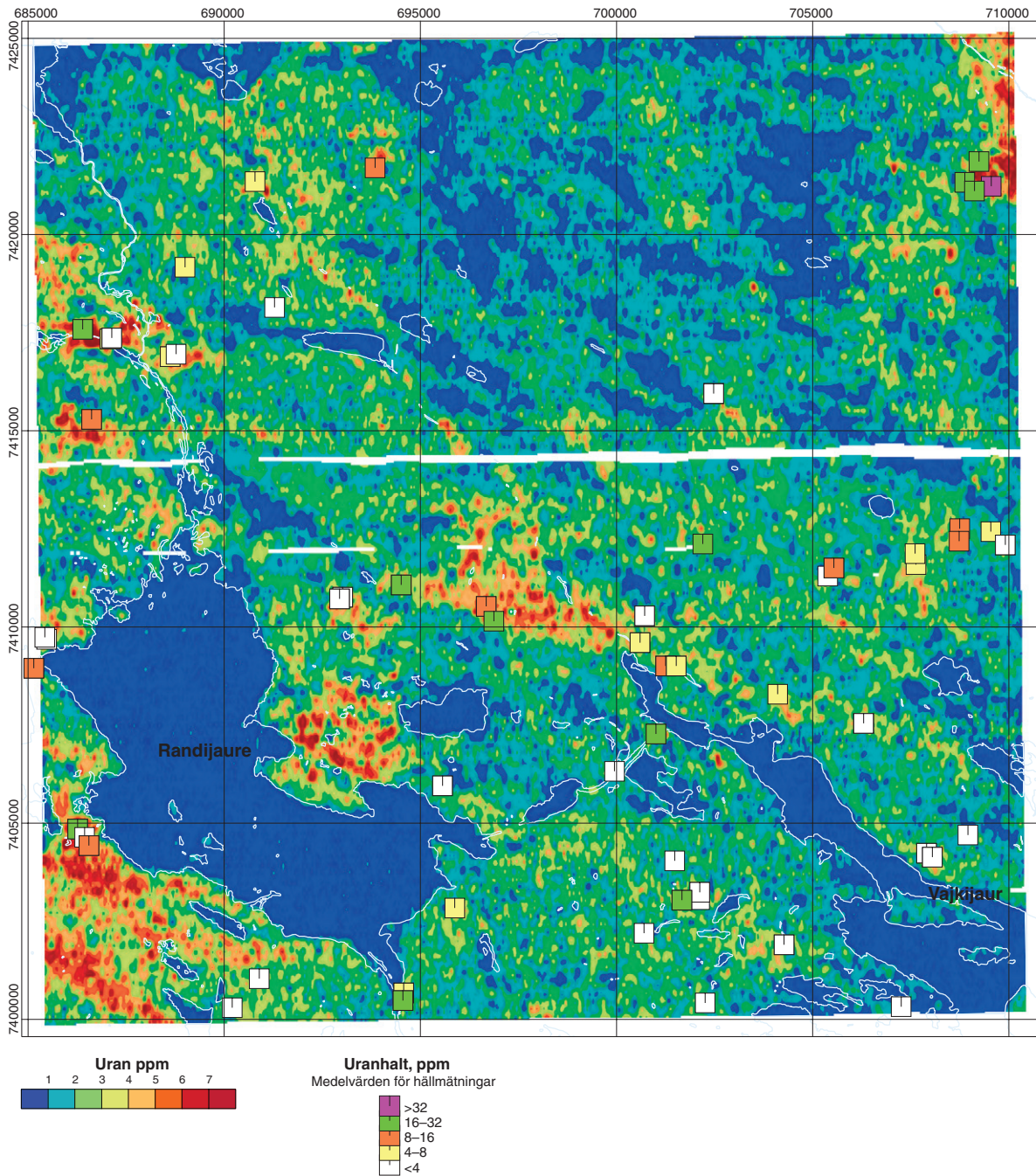


Fig. 6. Gammastrålningskarta för uran över kartområdet 27J Porjus SV. Symbolerna visar medelvärde för uranhalt mätta på hållar.

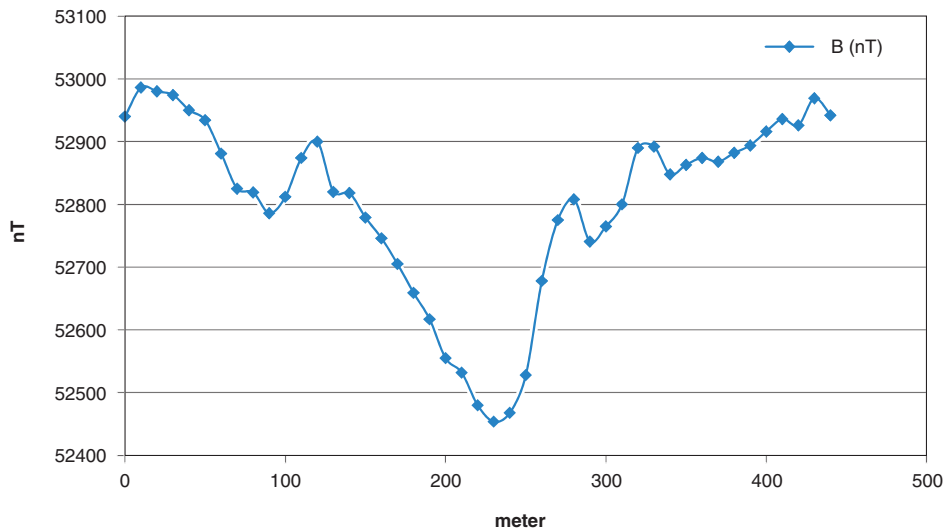


Fig. 7. Markprofil över cirkulär, negativ magnetisk anomali söder om Pakteväre.

Berggrund

Vulkaniska bergarter

De vulkaniska bergarterna inom kartområdet varierar starkt i sammansättning och grad av metamorf överprägling. Ryolitisk vulkanit med strökorn av kvarts och fältspater förekommer, vilken i allmänhet är folierad och stänglig. Medelvärde för susceptibiliteten är $1\,350 \times 10^{-5}$ SI-enheter men värdena varierar lokalt. Sammanställningen av ryoliternas gammastrålningsegenskaper visas i tabell 1. Ryoliterna har varierande halter av uran, som lägst 2,3 ppm och som högst 23 ppm. De ryoliter som har de högsta uranhaltarna finns i västra delarna av kartområdet och är intimt associerade med granitoider. Toriumhalten varierar mellan 8,1 ppm och 68 ppm. De högsta toriumvärdena återfinns i de bergarter som har höga uranhalter.

Det förekommer även trakytt till ryolit som ställvis har strökorn av kalifältspat och kan vara såväl deformerad som odeformerad (fig. 8a,b). Den har ställvis rikligt med sulfidmineral i sprickor och hålrum men förekommer även som dissemination i bergarten (fig. 8b). Trakytten till ryoliten uppvisar höga susceptibiliteter som ligger mellan $3\,900$ och $17\,200 \times 10^{-5}$ SI-enheter (medelvärde $6\,800 \times 10^{-5}$ SI-enheter). Bergarten återfinns i ett ca 4,5 km brett, högmagnetiskt område i östra delen av kartområdet och har en utbredning mot sydväst (fig. 4).

Vid ett antal lokaler återfinns intermediär till andesitisk, plagioklasporfyrisk vulkanit med en ställvis trakytoid textur (fig. 8c). En del porfyriska andesitoider är omkristalliserade (fig. 8d) och vid flera ställen är de folierade, stängliga eller bådadera. I andra delar av kartområdet finns andesitoid och basisk vulkanit med fragment och körtlar av amfibol (fig. 8e). Flera av de basiska vulkaniterna är trakybasaltiska.

Susceptibiliteten för andesitoider och basiska vulkaniter har en bimodal karaktär. Den ligger mellan 19 och $22\,500 \times 10^{-5}$ SI enheter (medelvärde är $5\,300 \times 10^{-5}$ SI-enheter). De allra högsta susceptibilitetsvärdena är kopplade till de bergarter som ger upphov till de bandade och veckade anomalimönstren i magnetfältskartan (fig. 4). En del av de lågmagnetiska andesitoiderna ligger i ett område där bergarterna är kraftigt hydrotermalt omvandlade, sydväst om Klubbudden. Andesitoiderna uppvisar låga halter av kalium, uran och torium som framgår av tabell 1.

Vid Namai finns ett troligen vulkaniskt, polymikt konglomerat. Klasterna (fragment, bollar) utgörs av bland annat granit, basisk vulkanit samt mafisk bergart av okänt ursprung. Grundmassan ser ut att

vara ryolitisk med möjliga strökorn av kvarts och fältspat (fig. 8f). Detta konglomerat (eller agglomerat) är som mest 1 meter mäktigt, ovanpå följer sedan sura och intermediära vulkaniter där frekvensen av fragment snabbt avtar. Efter någon meter uppåt syns inga fler fragment i den hällen.

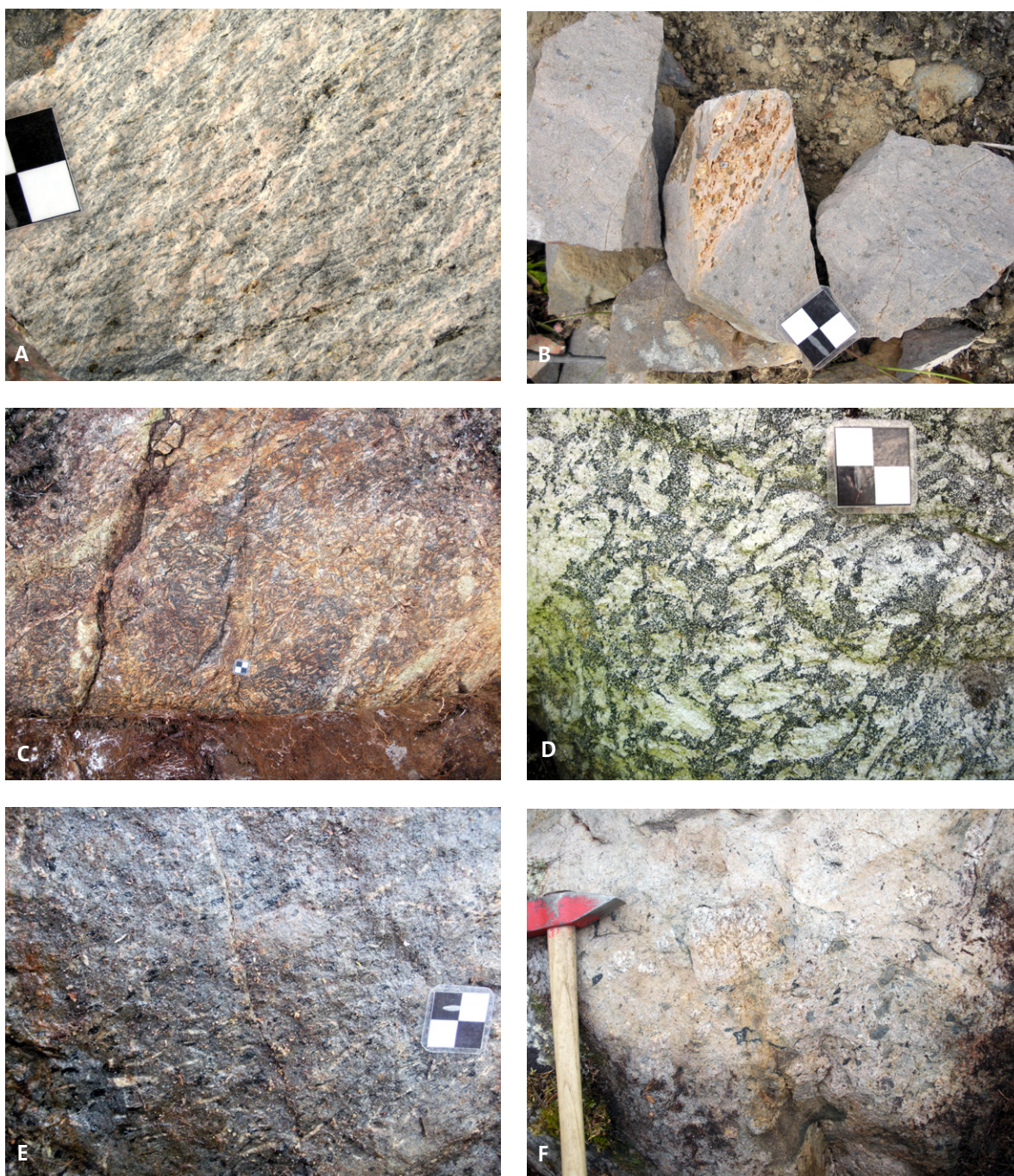


Fig. 8 Foton av bergarter från kartområdet 27J Porjus SV. **A** och **B**. Deformerad respektive odeformerad trakyt till ryolit med strökorn av kalifältspat (7413434/708191 resp. 7413440/708143). **C**. Plagioklasporfyrisk trakybasaltisk vulkanit med traktyoid textur (7416917/688806). **D**. Omkristalliserad porfyrisk andesitoid (7414777/686349). **E**. Andesitoid vulkanit med fragment och körtlar av amfibol (7416262/687107). **F**. Polymikt vulkaniskt konglomerat. Klaster (fragment, bollar) av bland annat granit, basisk vulkanit och mafisk bergart av okänt ursprung i ryolitisk grundmassa med strökorn av kvarts och fältspat (7410746/693008).

Intrusivbergarter

Granit med omkristalliserad, ”sockrig” kvarts som ställvis har en reliktextur finns i stora delar av kartområdet. Bergarten har vanligen få inneslutningar, men ställvis förekommer det områden med en riklig halt av inneslutningar med basiska till intermediära sammansättningar (fig. 9a). De är stängliga, folierade eller båda delarna. Graniten är vanligen röd eller gråröd, ställvis även rödgrå. På några lokaler har bankningsplan utvecklats (fig. 9b). Kornstorleken är vanligen fint medelkornig till medelkornig, finkornig i mindre områden. Graniterna uppvisar en ganska måttlig susceptibilitet (medelvärde 1200×10^{-5} SI-enheter). Graniternas kaliumhalter varierar mellan 3,8 och 5,3 %. Vid Namai och sydväst om Klubbudden förekommer hydrotermalt omvandlade graniter som har mycket låg kaliumhalt, mellan 0,9 och 1,8 %. I nordöstra delen av kartområdet uppträder en granit som har förhöjda halter av uran och torium. De uppmätta uranhalterna där varierar mellan 15,6 och 31,4 ppm, medan toriumhalterna ligger mellan 39,4 och 92,4 ppm.

En ljst grå till gråvit granitoid finns i kartområdets sydostligaste delar och framträder på magnetiska anomalikartan som en lågmagnetisk anomali (fig. 4). Den är vanligen jämnkornig med enstaka cm-stora strökorn av kalifältspat. Granitoiden är ställvis omkristalliserad, folierad och stänglig, på några platser massformig. Vid enstaka lokaler ses en blå färgton i kvartsen (fig. 9c). Det förekommer rikligt med gångar och sprickfyllnader av kvarts i denna intrusion. Susceptibiliteten är låg (medelvärde 60×10^{-5} SI-enheter). Strålningsmässigt skiljer sig denna granitoid från de övriga genom sina låga kaliumhalter, 2,1 till 2,7 %. Den har även anmärkningsvärt låga uran- och toriumhalter, 0,4 till 1,5 ppm respektive 0,9 till 2,7 ppm.

Kvartsmonzonit, monzonit och granit till kvartsmonzodiorit förekommer i ett mindre område norr om Njuorramjauratj. De är mestadels fältspatporfyriska, med upp till 25 mm stora fältspatströkorn och en maximal frekvens om 20 %. Bergarten är rödgrå till gråröd, fint medelkornig till grovkornig, massformig till mycket kraftigt deformerad och då folierad och stänglig (fig. 9d). Små mängder av kvartsrik pegmatit som troligen är likåldrig med denna bergart har dm-stora amfibolkristaller. Kvartsmonzonit, monzonit och granit till kvartsmonzodiorit har hög susceptibilitet, mellan $3\ 000$ och $5\ 000 \times 10^{-5}$ SI-enheter, och deras förekomst sammanfaller med ett högmagnetiskt område i nordvästra delen av kartområdet (fig. 4). Bergarterna i den här gruppen har medelvärden för kalium på 3,1 %, uran 4,8 ppm och torium 19 ppm.

En vanlig bergart i kartområdet är yngre granit till pegmatit som i allmänhet är medel- till grovkornig och uppvisar partier med skriftgranitisk textur. Delvis är den finkornig till fint medelkornig och ger då mer ett subvulkaniskt intryck. Den är generellt massformig men visar på några ställen en svag foliation. Underordnat förekommer aplitiska partier och gångar. Magnetit förekommer vanligen som aggregat, allanit och ilmenit sporadiskt i den yngre pegmatiten. Pegmatitgraniterna har i regel låg susceptibilitet, medelvärde 420×10^{-5} SI-enheter. De högsta uran- och toriumhalterna uppmättes huvudsakligen på granitpegmatiter. Nästan alla mätpunkter överstiger det övre gränsvärdet för byggnadsmaterial (16,4 ppm uran), vilket motsvarar ett radiumindex på 1,0 eller 200 Bq/kg radium-226.

Gabbroida bergarter i kartområdet är vanligen deformerade, men vid Käivo förekommer en massformig, relativt välbevarad gabbroid med pyroxen och amfibol (fig. 9e). Käivogabbbron har låg susceptibilitet med ett medelvärde på 260×10^{-5} SI-enheter. Några enstaka högre värden (ca $2\ 300 \times 10^{-5}$ SI-enheter) har dock uppmätts. Förtätade tyngdkraftsmätningar utfördes under sommaren över området för att få information om Käivogabbbrons utbredning. Troligen finns det flera generationer av gabbroida bergarter inom kartområdet och deras åldrar är okända.

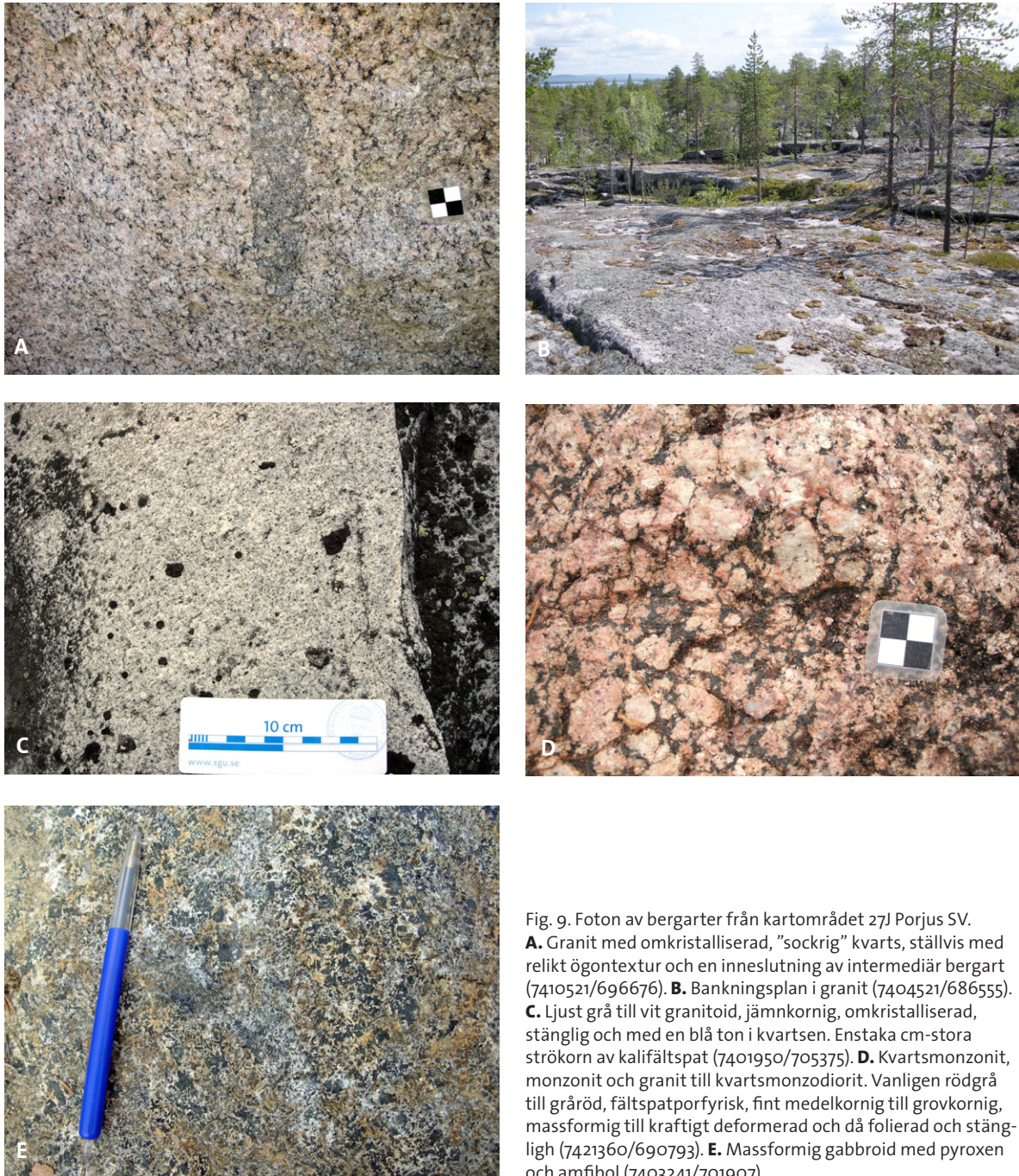


Fig. 9. Foton av bergarter från kartområdet 27J Porjus SV. **A.** Granit med omkristalliserad, "sockrig" kvarts, ställvis med relikt ögontextur och en inneslutning av intermediär bergart (7410521/696676). **B.** Bankningsplan i granit (7404521/686555). **C.** Ljust grå till vit granitoid, jämnkornig, omkristalliserad, stänglig och med en blå ton i kvartsen. Enstaka cm-stora strökorn av kalifältspat (7401950/705375). **D.** Kvartsmonzonit, monzonit och granit till kvartsmonzodiorit. Vanligen rödgrå till gråröd, fältspatporfyrisk, fint medelkornig till grovkornig, massformig till kraftigt deformerad och då folierad och stänglig (7421360/690793). **E.** Massformig gabbroid med pyroxen och amfibol (7403241/701907).

Strukturer och metamorfos

Kartområdet genomkorsas av en deformationszon i nordostlig riktning, den så kallade Karesuando–Arjeplogzonen (KADZ), vilken syns tydligt på den magnetiska anomalikartan (fig. 4). Där förekommer också lågmagnetiska, linjära anomalier med nordostlig, nordnordostlig, nordnordvästlig och nord–sydlig riktning som antyder förekomsten av spröda deformationszoner. De sammanfaller med elektriska ledare på VLF-kartan ("peaker"-, fig. 10). Flertalet av de äldre, plastiska deformationszonerna har aktiverats vid senare tillfällen och uppvisar därför även "kallare", spröd deformation. I de södra och västra delarna av kartområdet avbildar de magnetiska anomalierna tydliga Z-veckstrukturer (fig.

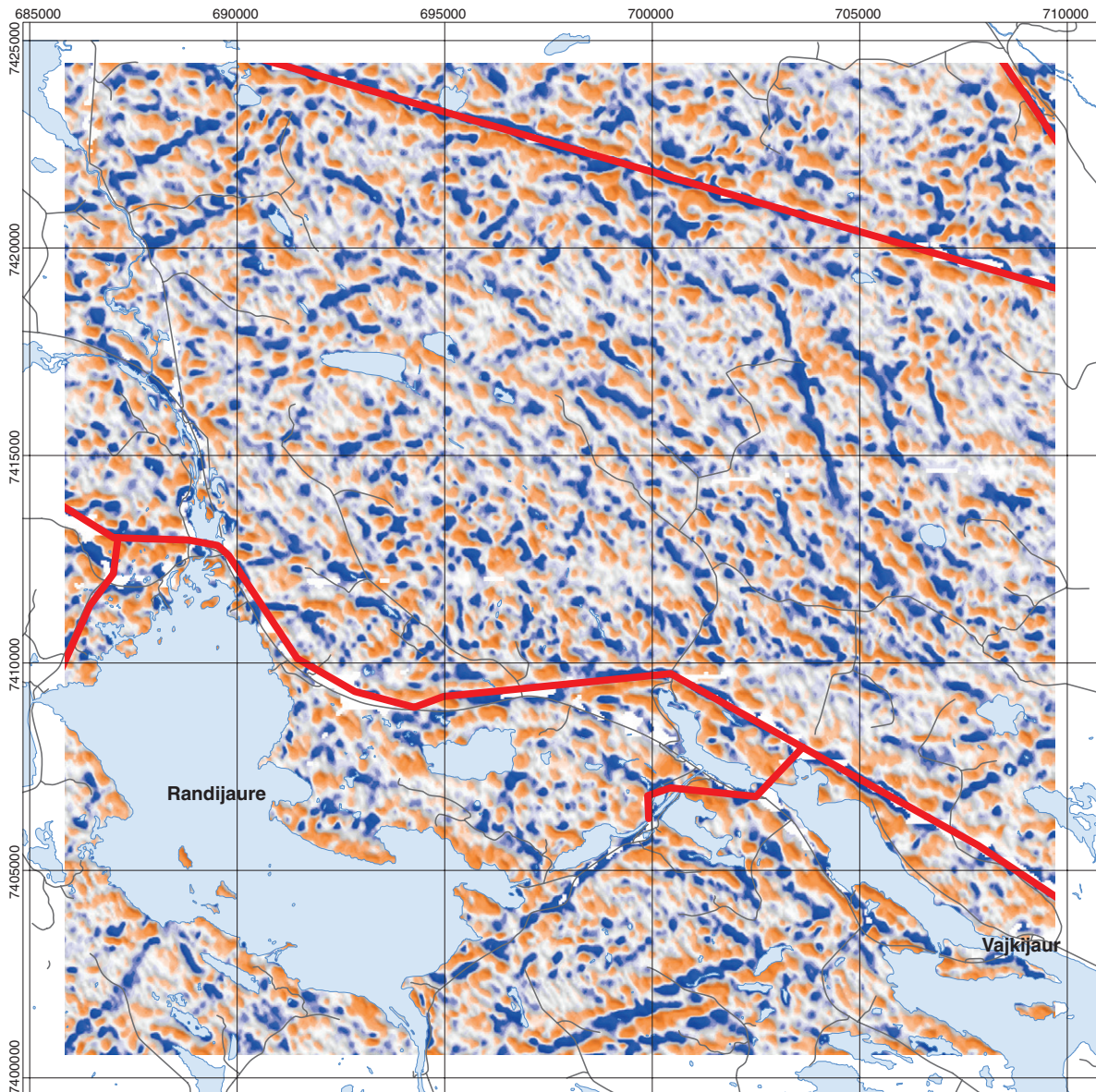


Fig. 10. Elektromagnetisk ("VLF-peaker", realdelen) karta över kartområdet 27J Porjus SV.

4). En genomgående, mestadels sydligt stupande och relativt flack ($10\text{--}25^\circ$) minerallinjering återfinns i stora delar av kartområdets bergarter.

De geofysiskt indikerade Z-strukturerna i de västra och södra delarna av kartområdets vulkaniter (fig. 4) motsvaras av observerade Z-veck i håll (veckaxlar i $205^\circ/40^\circ$, fig. 11a). De kvartsrika pegmatitiska körtlar, ådror och gångar som troligen är en äldre generation än GP-associationen är medveckade. Här och där syns Z-veckan bäst i pegmatiten (fig. 11b). Öppet veckade vulkaniter med veckaxlar i $230^\circ/65^\circ$ skärs av meterbreda, yngre pegmatitgångar (fig. 11c).

Deformation som resulterat i mylonitiska bergarter och breccior har observerats ställvis (fig. 11d), varav en del ger intryck av att vara pseudotakylitiska (fig. 11e).

De observerade bergarter som tolkats som äldre antyder en metamorfose under amfibolitfaciesförhållanden. I en del gnejsiga varianter finns migmatitiska åderbildningar (fig. 11f), men i många fall går det inte att helt utesluta att ådermaterialet istället kommer från den yngsta granit-pegmatitassociationens bergarter, då dessa mestadels finns i närheten.

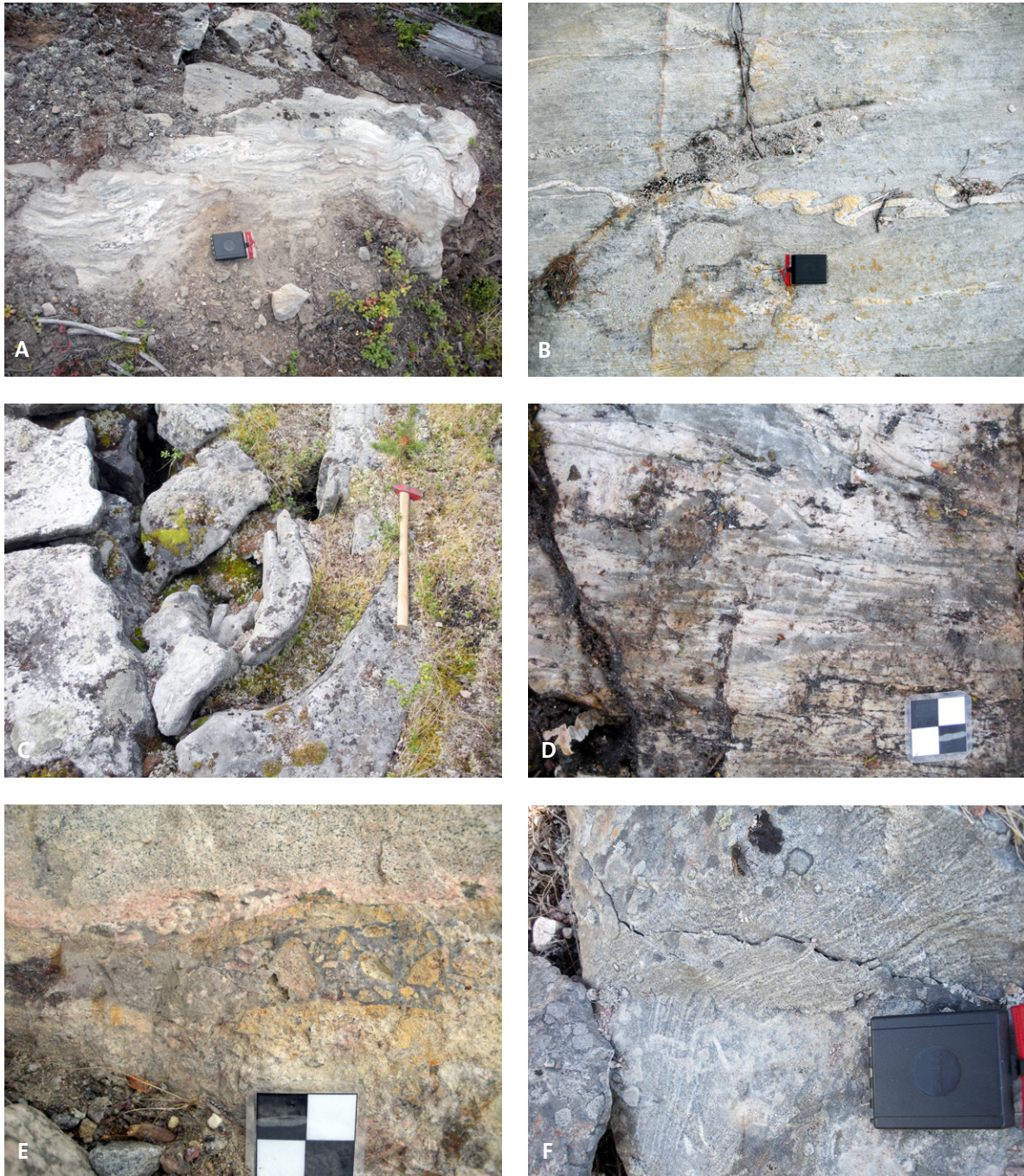


Fig. 11. Foton av bergarter från kartområdet 27J Porjus SV. **A.** Z-veck i basisk till intermediär vulkanit med veckaxlar i 205/40 (7404034/701423). **B.** Pegmatit med Z-veck i en intermediär vulkanit (7412807/685720). **C.** Öppet veckad, basisk till intermediär vulkanit med veckaxlar i 230°/65° (7420145/692143). **D.** Deformationszon med mylonit (7400499/692477). **E.** Pseudotakylit med fragment av omgivande bergart (7412834/686220). **F.** Gnejsig dacitoid till andesitoid med leukokratiska åderbildningar (7413157/686122).

I många av de studerade vulkaniska avsättningarna är en kraftig hydrotermal omvandling påtaglig. Vid Namai har de omvandlade felsiska vulkaniterna en kaliumhalt på 0,9 %, medan den opåverkade vulkanitens kaliumhalt är 5,5 %. Vid Käivo ligger kaliumhalten på 2,3 % i de hydrotermalt omvandlade felsiska vulkaniterna. I vissa fall är den vulkaniska bergarten näst intill helt vit och har då utarmats på bland annat kalium (fig. 12a). Vid andra lokaler har omvandlingen resulterat i kraftig rödfärgning av den vulkaniska bergarten (fig. 12b).

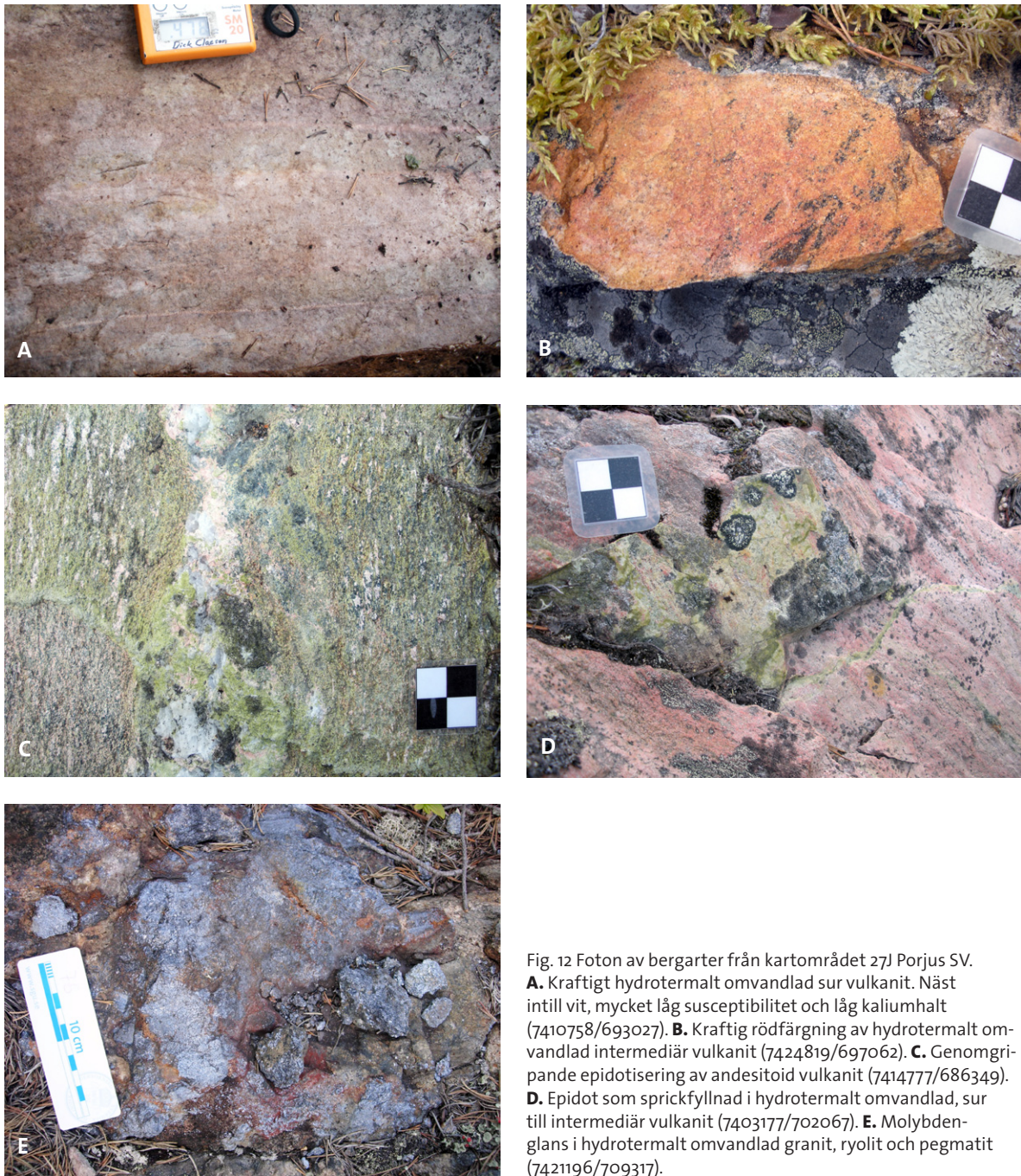


Fig. 12 Foton av bergarter från kartområdet 27J Porjus SV. **A.** Kraftigt hydrotermalt omvandlad sur vulkanit. Näst intill vit, mycket låg susceptibilitet och låg kaliumhalt (7410758/693027). **B.** Kraftig rödfärgning av hydrotermalt omvandlad intermediär vulkanit (7424819/697062). **C.** Genomgripande epidotisering av andesitoid vulkanit (7414777/686349). **D.** Epidot som sprickfyllnad i hydrotermalt omvandlad, sur till intermediär vulkanit (7403177/702067). **E.** Molybdenglans i hydrotermalt omvandlad granit, ryolit och pegmatit (742196/709317).

Epidot förekommer allmänt som omvandlingsmineral i vulkaniterna och omvandlingen är delvis genomgripande (fig. 12c). Den vanligaste förekomsten av epidot är dock som sprickfyllnad (fig. 12d).

Mineraliseringar

Mineraliseringar på guld och basmetaller i kartområdet har varit intressanta för prospektering, och borrhningar och schaktningar har utförts tidigare vid t.ex. Vaikijaur, Klubbudden (Druggegruvan) och Tallberget. Vidare har t.ex. mineraljaksfynd av molybdenglans gjorts vid Tåresåive (fig. 12e), där även en uranhalt på 780 ppm uppmätts. Fyndet är dokumenterat i ”uranarkivet” vid SGUs Malåkontor tillsammans med några andra uppslag från kartområdet.



Fig. 14. Landskapsbild från västra kanten av 26I Luvos mot 26H Jäkkvik vid Piteälven.

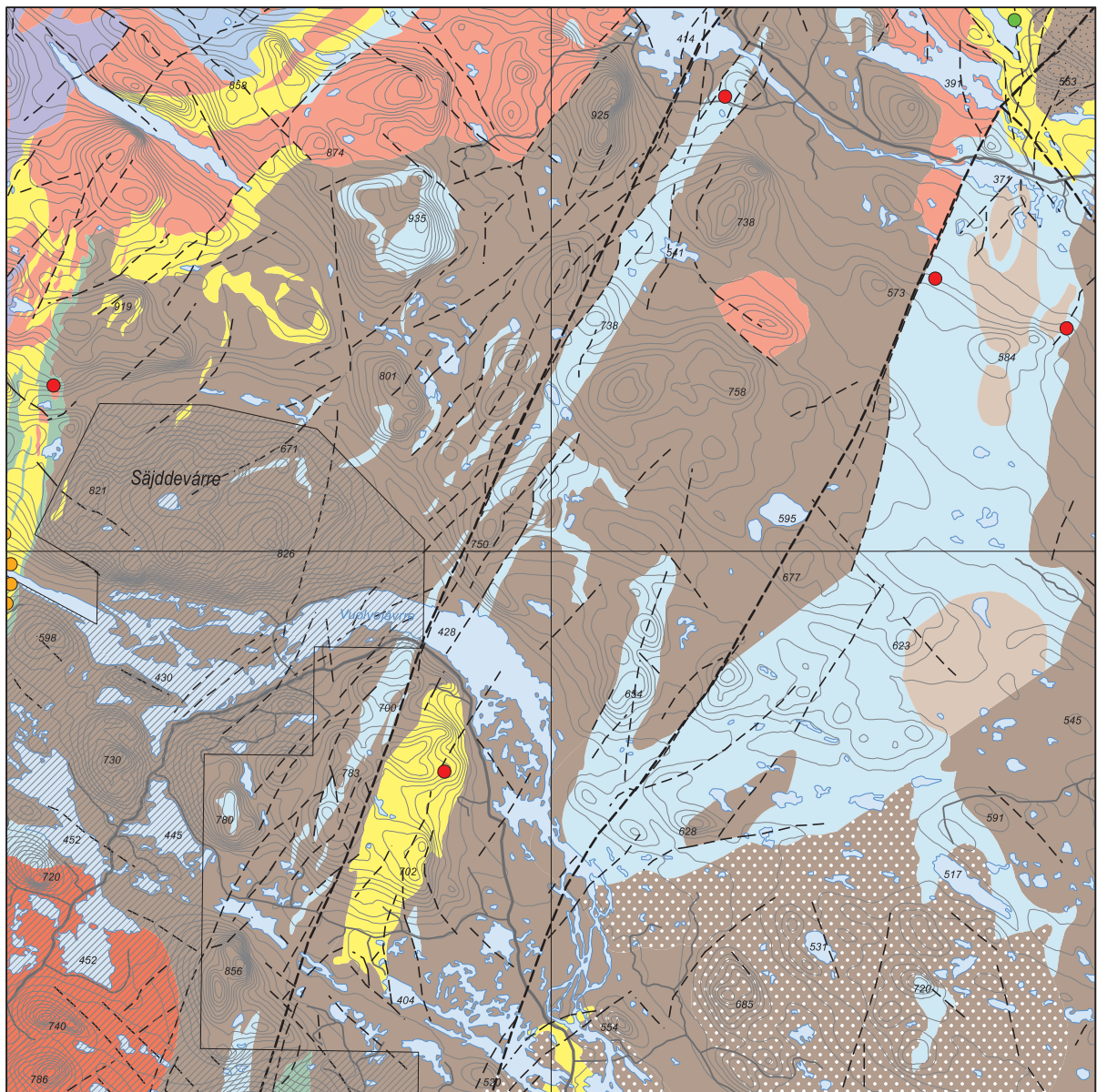
lika sel som Saddajaure och Vuolvojaure. Särskilt den sydvästra delen är rik på sjöar. I den nordöstra delen finns vidsträckta myrar med uppstickande lågfjäll. Det högsta fjället är Arvespakte (965 m ö.h.) som finns i den nordvästra delen av kartområdet. Berggrunden är blottad framför allt i höjdområden, även om stora delar av höjderna också är täckta med morän. I lägre delar återfinns stora hållområden i urspolningsområden, bland annat i anslutning till Piteälven.

Äldre material

Sedan tidigare finns berggrundsgeologiska sammanställningskartor i skala 1:50 000 med beskrivningar över delar av kartområdet 26I Luvos (Berndtsson 1983, Berndtsson m.fl. 1984). De baseras på olika äldre prospekteringsarbeten i området. Översiktliga geologiska kartor har gjorts av Ödman (1957), Jokkmokksprojektet (1981) och Silvennoinen m.fl. (1987). Dessutom finns en opublicerad digital sammanställning av berggrunden i Norrbotten ("NB-dig") gjord av Thomas Sjöstrand och Herbert Henkel. Det finns drygt 100 prospekteringsrapporter som berör området. Mycket av materialet från äldre arbeten finns arkiverat på SGUs mineralkontor i Malå. Särskilt användbara är de nu inskannade dagböcker och hållkartor från karteringar som utförts under 1960- och 70-talen av Örjan Einarsson, Ulla Einarsson, Roland Lindberg, Mats Lagmansson, Mats Wahlström, Göte Persson, Jukka Laurikko m.fl. I Malå finns också 146 tunnslip från 26I Luvos. Ytterligare 27 slippöver samt 17 kemiprover togs i samband med fältundersökningarna 2009 (fig. 13).

Berggrunden

Nedan ges en översiktlig beskrivning av berggrunden inom 26I Luvos baserad på de tidigare nämnda arbetena samt iakttagelser och data från årets fältarbete. I figur 15 syns ett utsnitt över 26I Luvos, modifierat från den regionala berggrundskartan "NB-dig", vilken är den senaste sammanställningen av områdets berggrundsgeologi.



- Järnoxidmineralisering
- Uranmineralisering
- Sulfidmineralisering
- ▨ Karterad yta 2009
- - - Förkastning, lokal
- Stratigrafisk gräns
- - - Regional deformationszon (från berggrundsgeologiska kartan över Fennoskandiska skölden)
- Aplit–granit–pegmatit, Linagranit, migmatitgranit (granit–pegmatitserien, migmatitgranitserien)
- Granit, Hällnäsgranit (granit–pegmatitserien, migmatitgranitserien)
- Folierad granit, Porjusgranit (svioniska granitserien)
- Folierad, grovporfyrisk granit, Vuolvojauregranit (svioniska granitserien)
- Folierad granit, Vuolvojauregranit (svioniska granitserien)
- Granodiorit–diorit, Haparandaserien (diorit–granodioritserien, Haparandaserien)
- Sur metavulkanit, leptitgruppen (svioniska vulkanitserien, Kiruna-Arvidsjaurkomplexet undre delen, leptit–porfyritgruppen)
- Basisk metavulkanit, amfibolit, leptitgruppen (svioniska vulkanitserien, Kiruna-Arvidsjaurkomplexet undre delen, leptit–porfyritgruppen)
- Basisk metavulkanit, andesit, Arvidsjaurgruppen (bottniska vulkanitserien, Kiruna-Arvidsjaurkomplexet övre delen, porfyritgruppen)
- Biotitgnejs, migmatit, Luttongruppen (kaleviska gråvackeserien)
- Grå kvartsit, kvartsitgnejs, Snavvakvartsit (bottniska kvartsit-konglomeratserien)
- Kvartsitisk gnejs, migmatit, Skierfagruppen (bottniska kvartsit-konglomeratserien)

Fig. 15. Översiktlig berggrundsgeologisk karta över 261 Luvos. Modifierad efter Sjöstrand & Henkel (opubl), Koistinen m.fl. (2001) samt SGUs fyndighetsdatabas.

Djupbergarter

Berggrunden i området domineras av en rödaktig, i varierande grad folierad eller stänglig, omkristalliserad granit (Vuolvojourgranit, fig. 16). I norra delen finns en yngre massformig granit (Arvasgranit, fig. 17b) som troligen tillhör granit-pegmatitassociationen (Linagranit). Hällnäsgraniten i det sydvästra hörnet av kartområdet har också skiljts ut som yngre (fig. 15 och 16a). Sommarens kartläggning visar dock ingen uppenbar skillnad i textur, struktur och sammansättning hos Hällnäsgraniten jämfört med omgivande, ögonförande metagranit (fig. 16b, c, d). Orsaken till att graniten skiljts ut som yngre är troligen en tidigare Rb-Sr-datering som gett en ålder på 1735 ± 25 miljoner år (Welin m.fl. 1977). En senare U-Pb-datering av zirkon från Hällnäsgraniten gav en ålder på 1880 ± 7 miljoner år, tolkad som kristallisationsåldern (Mellqvist & Aaro 2006). Graniten är således samtida med den 1880–1860 miljoner år gamla perititmonzonitsviten (Bergman m.fl. 2001 och referenser däri).

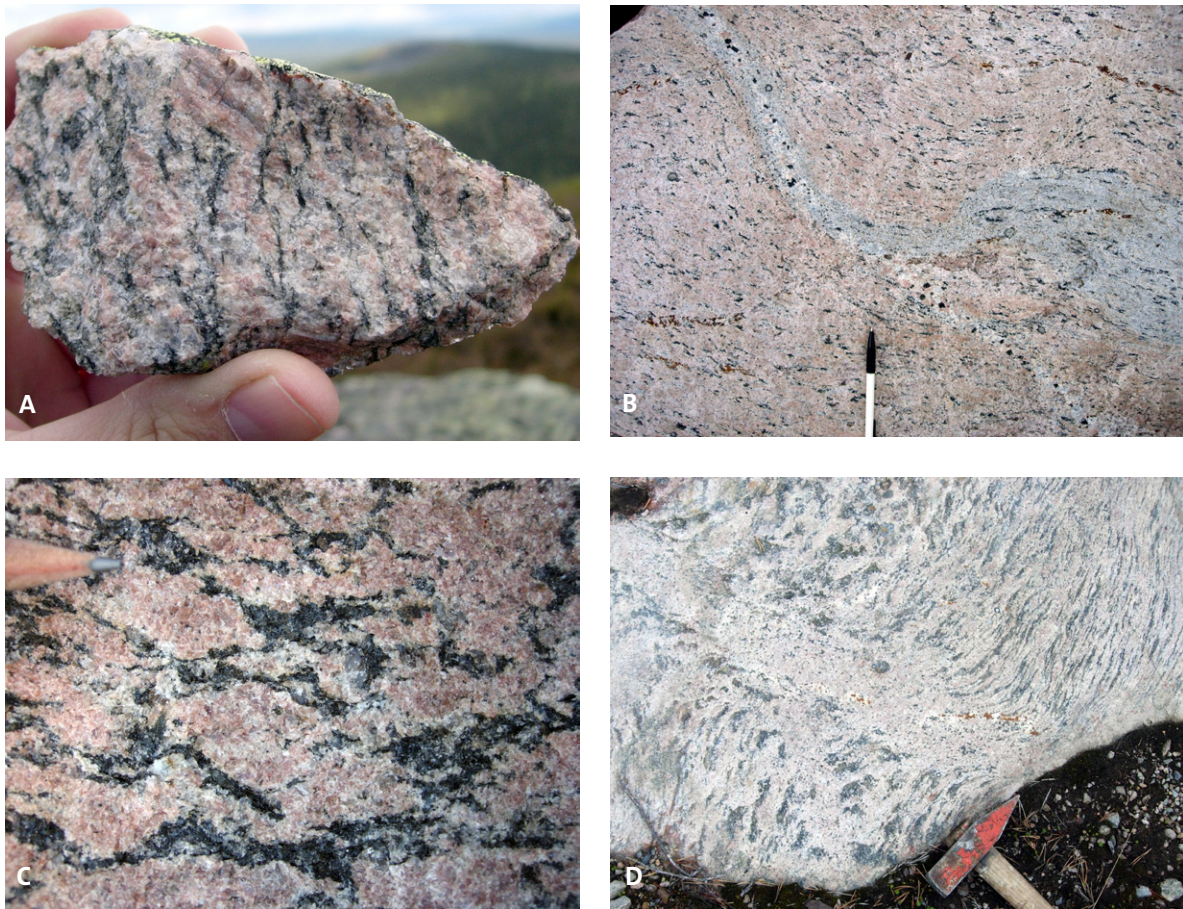


Fig. 16. Foton av graniter från kartområdet 261 Luvos. **A.** Kalifältspatporfyrisk metagranit (Hällnästyp, 7350193/638425). **B.** Gnejsig granit (Vuolvojourtyp) med grå granodioritisk slira (7366179/648256). **C.** Kraftigt omkristalliserad, ögonförande metagranit (Vuolvojourtyp, 7366475/641416). **D.** Anatektiskt mobiliserat av leukogranit i gnejsig granit (7367011/641290).

Vuolvojourgraniten har generellt en ursprungligt kalifältspatporfyrisk till ojämnt grovkornig textur, men är nu i regel kraftigt omkristalliserad till finare kornstorlek. Biotit och amfibol är ansamlade i spridda, utdragna och parallellorienterade aggregat mellan omkristalliserade kvarts-fältspatdomäner, vilket ger ett ögonförande utseende (fig. 16c). I den gnejsiga graniten förekommer oregelbundna, diffust avgränsade körtlar med en jämnkornig, massformig leukogranit (anatektiskt mobiliserat?, fig. 16d). I vissa områden med lägre metamorf omvandlingsgrad syns bevarade strökorn av kalifältspat (fig. 16a). Underordnat finns mer jämnkorniga varianter (fig. 17a), och även kvartsfattigare, kvartssyenitiska till syenitiska partier kan karteras ut.

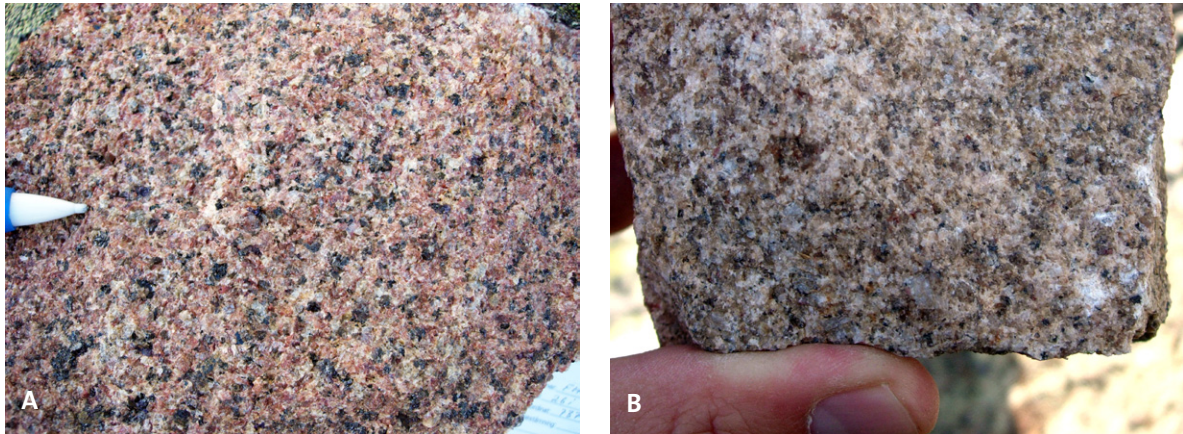


Fig. 17. Foton av graniter från kartområdet 261 Luvos. **A.** Jämnkornig metagranit (7373309/641181). **B.** Jämnkornig, massformig leukogranit (7372667/635836).

Vuolvojaurgraniten kan kemiskt klassas som en järnanrikad (ferroan), alkali-kalcisk, metaaluminös till svagt peraluminös granit till alkalifältspatgranit. Ett prov visar en alkalin, syenitisk sammansättning med en kraftig anrikning på K_2O (9,1 viktsprocent), Zr (775 ppm) och lätta jordartsmetaller. Flusspat förekommer accessoriskt i graniten.

Uran- och toriumstrålningen i Vuolvojaurgraniten är hög (fig. 18) med en god korrelation mellan de markmätta och flygmätta spektrometrivärdena. Det finns ett antal höga mätvärden som är större än 100 ppm (max. 131,4 ppm), vilket ger ett högt medelvärde på ca 15 ppm uran (fig. 18). Även medianvärdet på 8,4 ppm är högt för de mätta punkterna (1 ppm uran motsvarar en radiumaktivitet på 12,35 Bq/kg). Tillsammans med de höga toriumhalterna med ett medelvärde på 36 ppm samt medianvärdet på 28,3 (max 200,4) ger denna bergart de högsta strålningsvärdena inom kartområdet. Det finns endast ett fåtal mätningar på övriga bergarter, sporadiskt med höga värden på uran- och toriumhalter i pegmatitgranit, pegmatit, sedimentära och vulkaniska bergarter (se avsnittet om mineraliseringar nedan). Uranhalter över 20 ppm har uppmätts på några lokaler med pegmatit.

Det finns drygt 3 000 hållmätningar av den magnetiska susceptibiliteten (fig. 19). Det är 8 mätningar per lokal och bergart. Huvuddelen av mätningarna (2 865) är utförda på granit av Vuolvojaure-typ. Medelvärdet är en medelhög magnetisering på ca 0,004 SI-enheter, men en relativt stor variation förekommer på många lokaler.

En kombinerad bild av höjdsugga i gråskala och skenbar resistivitet i färg (fig. 20) visar hög resistivitet för höglänta, granitdominerade delar. De många myrområdena dominerar de lågresistiva områdena, men indikationer på goda ledare finns även i höglänta delar av kartområdet.

Det finns en positiv korrelation mellan magnetisk susceptibilitet och uran- och toriumhalterna från hållmätningar. Högre susceptibilitet sammanfaller med en högre halt av både uran och torium i både Vuolvojaurgraniten och de metasedimentära bergarterna i årets mätningar.

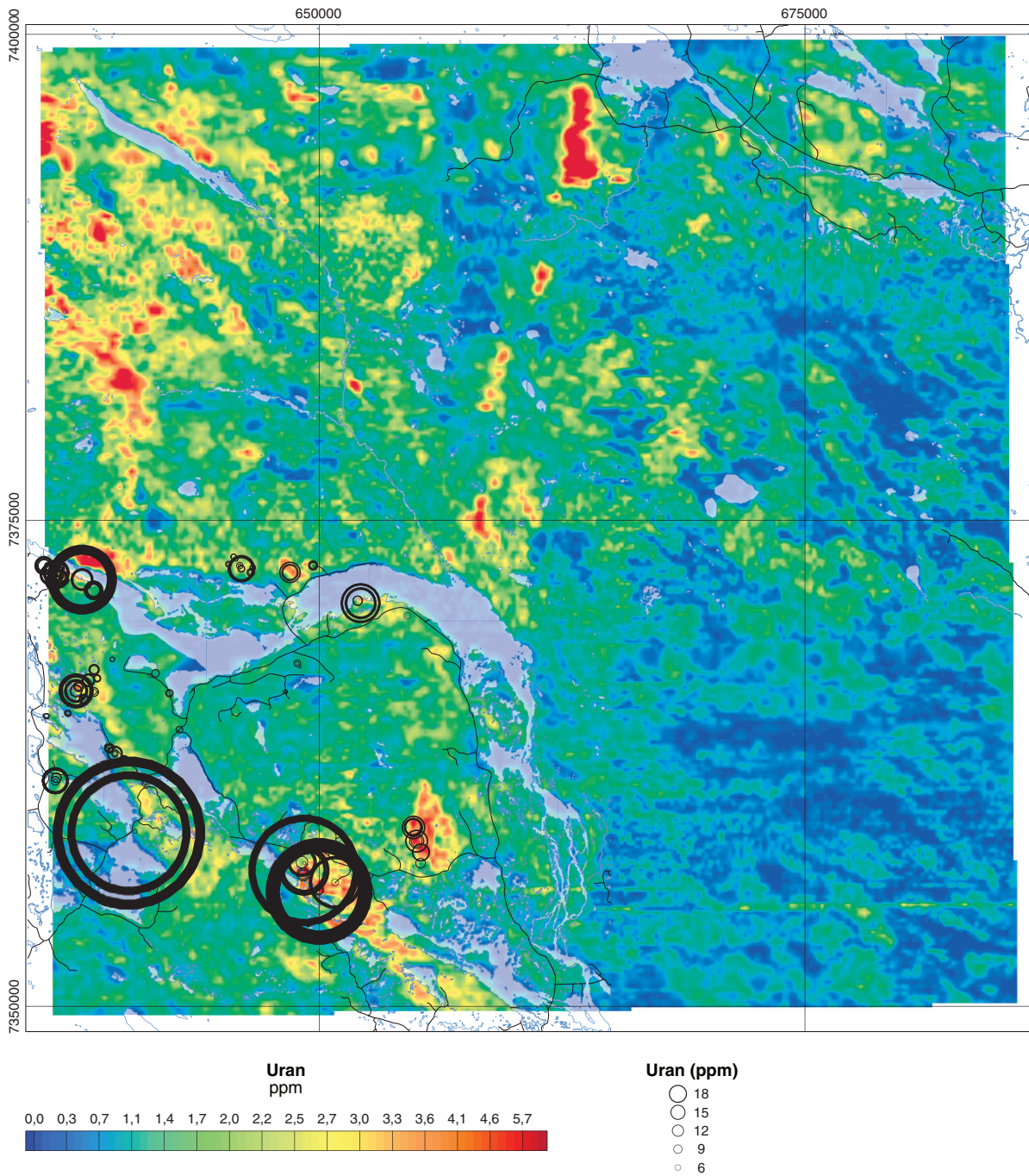


Fig. 18. Uranstrålning från flygmätning. Hällmätningens uranhalter som svarta cirklar. Vägar som svart linje, vattendrag och sjöar med ljus blå kontur.

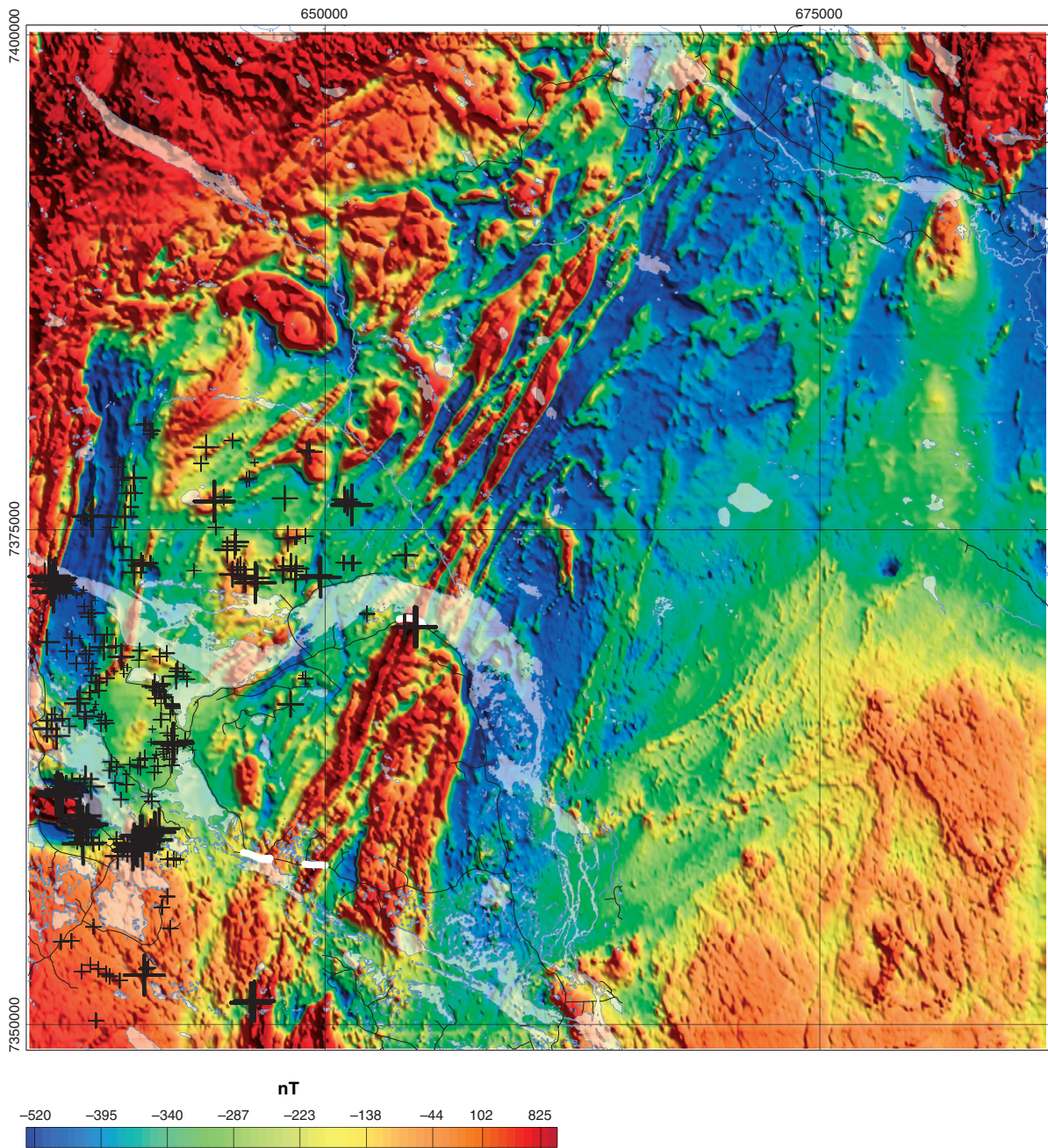


Fig. 19. Magnetiskt totalfält med maximala värdet för magnetisk susceptibilitet som kryss i logaritmisk proportionerlig skala. Vägar som svart linje, vattendrag med sjöar med ljus blå kontur. Vita linjer visar markprofilernas läge.

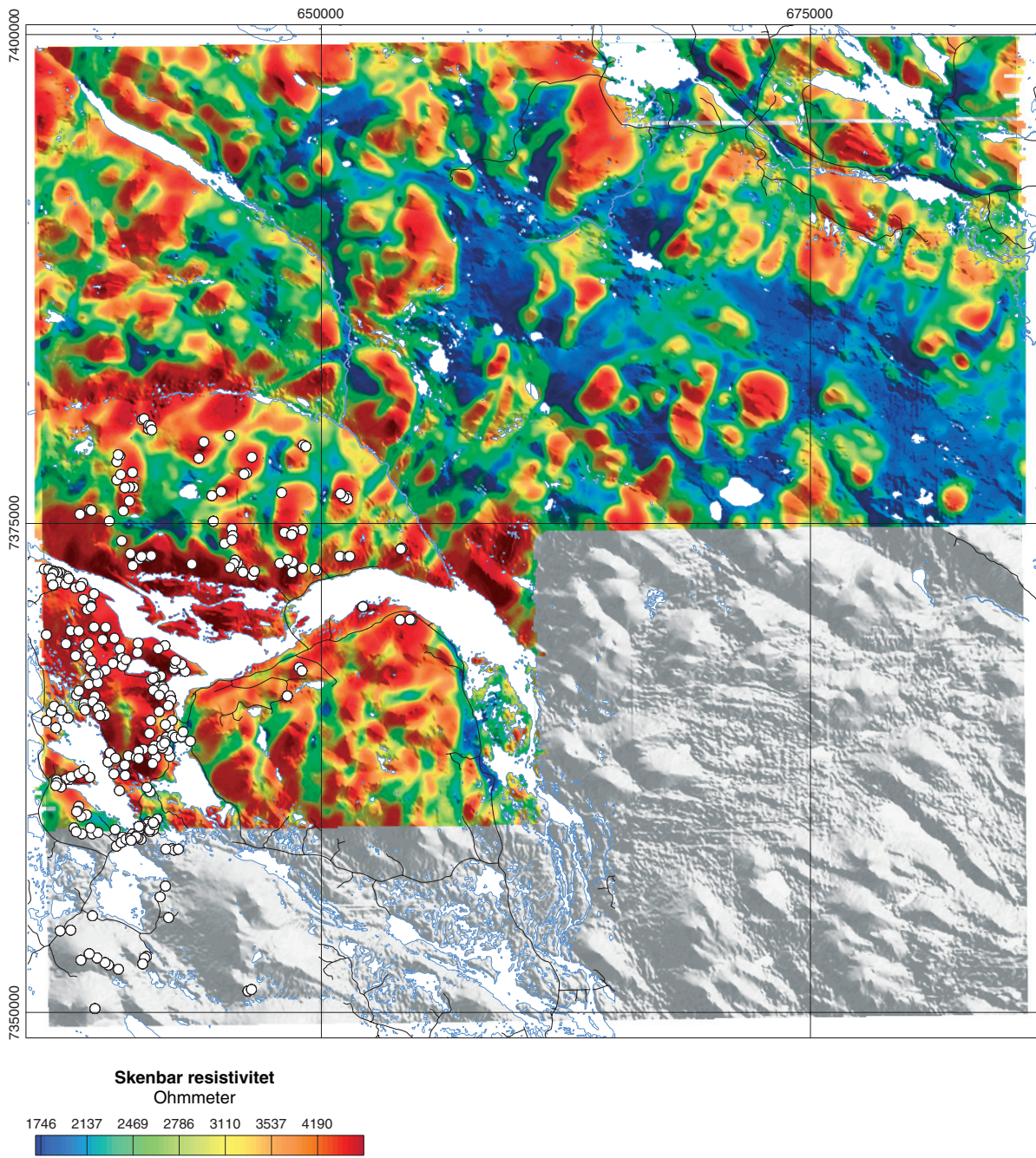


Fig. 20. Kombinationsbild av skenbar resistivitet i färgskala och lantmäteriets höjdsugga i gråskala. Läget för observationspunkterna som vita symboler med svart kant. Vägar som svart linje, Vattendrag och sjöar med ljus blå kontur.

Ytbergarter

Inom Vuolvoaurgranitens utbredningsområde finns nordnordostligt orienterade stråk med meta-sedimentära bergarter som består av grå, bandade cordierit-, sillimanit- och granatförande fältspatkvartsiter och biotitgnejser (Luttongruppen, Persson 1975, Berndtsson 1983, fig. 15 och 21a). I nordvästra delen av kartområdet finns kvartsitiska och semipelitiska gnejser som hänförs till Skierfa- och Snavva–Sjöfallssedimenten (fig. 15). Det långsträckta stråk av metasedimentära bergarter (Luttongruppen) som finns centralt i kartområdet framträder på den magnetiska anomalikartan (fig. 19). Ett antal profilmätningar av det magnetiska totalfältet och VLF-fältet är utförda över de bergarter som är klassade som biotitgnejser inom KADZ. Profilernas lägen är markerade i figur 19. En av de magnetiska profilerna visar i detalj en tydlig och jämn förhöjning som inte är vanlig för metasedimentära bergarter. VLF-mätningen visar att orsaken till den magnetiska anomalin inte är en god ledare. En viss kompletterande provtagning är utförd, och mätning av bergarternas petrofysiska egenskaper pågår.

Även de grå, finkorniga, högmagnetiska gnejser som finns i ett mindre parti alldeles norr om Hällnäsgraniten (biotitgnejser i figur 15) syns tydligt på den magnetiska anomalikartan (fig. 19). Tunnslip, kemiska och petrofysiska data visar dock på en andesitisk till basaltisk sammansättning, även om fältobservationerna indikerar att också surare sammansättningar förekommer. Gångar av granit och pegmatit genomsetter de vulkaniska bergarterna (fig. 21b). Kompletterande tyngdkraftspunkter har mätts i sommar, längs en väg över den högmagnetiska anomalin i den västra delen av kartområdet. Modellberäkning av den nya flygmätta anomalin visar att anomalorsaken är minst ca 400 m djup.

Vulkaniska bergarter finns i nordväst, nordost och centralt i den södra delen. De kan delas in två grupper, dels basiska metavulkaniter (fig. 21c) med inlagringar av biotitrika metasedimentära bergarter, dels sura metavulkaniter med amfiboliter och fältspatkvartsitiska sedimentgnejser (Berndtsson 1983). De mafiska metavulkaniterna uppträder som amfiboliter, lokalt med ursprungliga strökorn av klinopyroxen och plagioklas. I andra typer finns amfibolporfyroblastar.

De sura vulkaniterna visar lokalt primära texturer och strukturer och utgörs av ignimbritiska, strökornsförande tuffer. Konformt med tufferna förekommer något grövre, jämnkorniga fältspatkvartsiter, vilka tolkats som vulkanogena sediment (Berndtsson 1983). Linser eller horisonter av skarn förekommer i amfibolitiska inlagringar och består av grova korn och aggregat av granat, klinopyroxen och skapolit, underordnat hornblände omslutet av grov kvarts med eller utan kalifältspat.

De bergarter som visar på en kraftigare inducerad magnetisering och genererar anomalier på den magnetiska anomalikartan är paragnejser och metavulkaniska bergarter. Det inbegriper även det ovan nämnda mindre partiet alldeles norr om Hällnäsgraniten (fig. 15). Andra bergartsgrupper med en mindre population av förhöjd magnetisering är apliter och pegmatitgraniter. Extremt höga susceptibiliteter (>0,2 SI-enheter) är uppmätta i pegmatiter vid några lokaler.

De få mätningar som gjorts under sommaren av uran och toriumhalter i ytbergarterna visar på distinkt lägre halter än i djupbergarterna. Medelvärden är 6,1 ppm uran (max. 23,2), 11,5 ppm torium (max 38,4) samt 3,2 % kalium (max. 4,8 %). Tidigare arbeten visar dock att de kraftigaste urananomalierna finns i sura metavulkaniska bergarter, bland annat orsakade av flera uranoxidmineraliseringar i den västra delen (Laurikko 1980, 1983a, fig. 15).



Fig. 21. Foton av bergarter från kartområdet 261 Luvos. **A.** Bandad/lagrad metaarenit (7372543/636375). **B.** Boudinerad pegmatitgång i metaandesit (7372437/636282). **C.** Grå, bandad gnejs, tolkad som en andesitisk-dacitisk vulkanit (7359512/640675). **D.** Krosszon (cm-bred) i metagranit med en fragmentförande kataklastisk bergart. Strandhäll vid Piteälven (7368752/642002).

Strukturer och metamorfos

Den centrala delen av kartområdet korsas i nordnordostlig riktning av en regional deformationszon, den så kallade Karesuando–Arjeplogzonen (KADZ, se Bergman m.fl. 2001, 2002, fig. 15). KADZ sammanfaller med ett brett tyngdkraftsunderskott (fig. 22) och syns tydligt på magnetiska anomalikartan (fig. 19).

Orienteringen av berggrundens strukturer i kartområdet framgår av den magnetiska anomalikartan (fig. 19) och har generellt en riktning som är parallell med KADZ (fig. 23). Lokalt finns mer ost–västligt orienterade strukturer, t.ex. i den västra kanten av kartområdet där en västnordvästligt orienterad ”tarm” av högmagnetiska, gnejsiga metaandesiter förekommer. Foliationen är vanligen utbildad som en vindlande, brantstående gnejsighet där stupningsriktningen varierar mellan västlig och östlig. De ögonförande graniterna uppvisar en flack till medelbrant, mot sydsydväst orienterad stänglighet (medelvärde $202^{\circ}/30^{\circ}$, fig. 23).

I hållar längs Piteälven (7364090/643845) finns vertikala, cm-breda kataklastiska krosszoner, orienterade i västnordvästlig riktning, parallellt med älven (fig. 21d). Vid Skuppevare, söder om Bergnäs-viken (7364090/643845) finns en rostig väghäll med metagranit som är genomsett av cm-breda kataklastiska sprickzoner och drusiga kvartsådror med friväxande bergkristall. Spår av sulfider och sekundära kopparmineral har observerats där.

Metamorfosgraden i området når amfibolitfacies med förekomst av porfyroblaster av sillimanit, cordierit och granat i paragnejser. Både ytbergarter och äldre djupbergarter är lokalt partiellt smälta och har granitiska ådror eller körtlar.

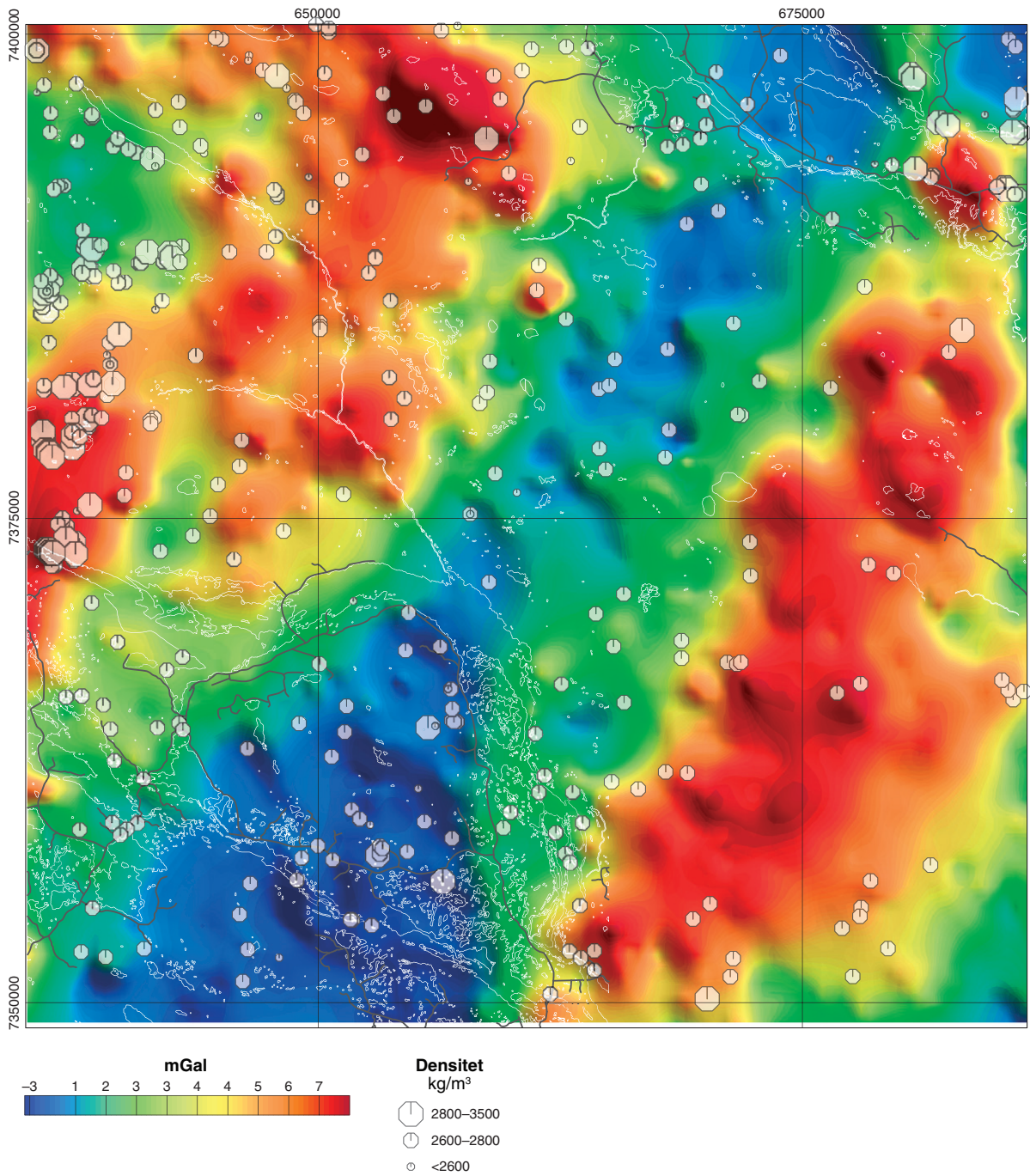


Fig. 22. Karta av tyngdkraftsresidual. Ytnära tyngdkraftsanomalier med symboler för densitetsmätningar i proportionerlig skala. Vågar som svart linje, vattendrag och sjöar med ljus blå kontur.

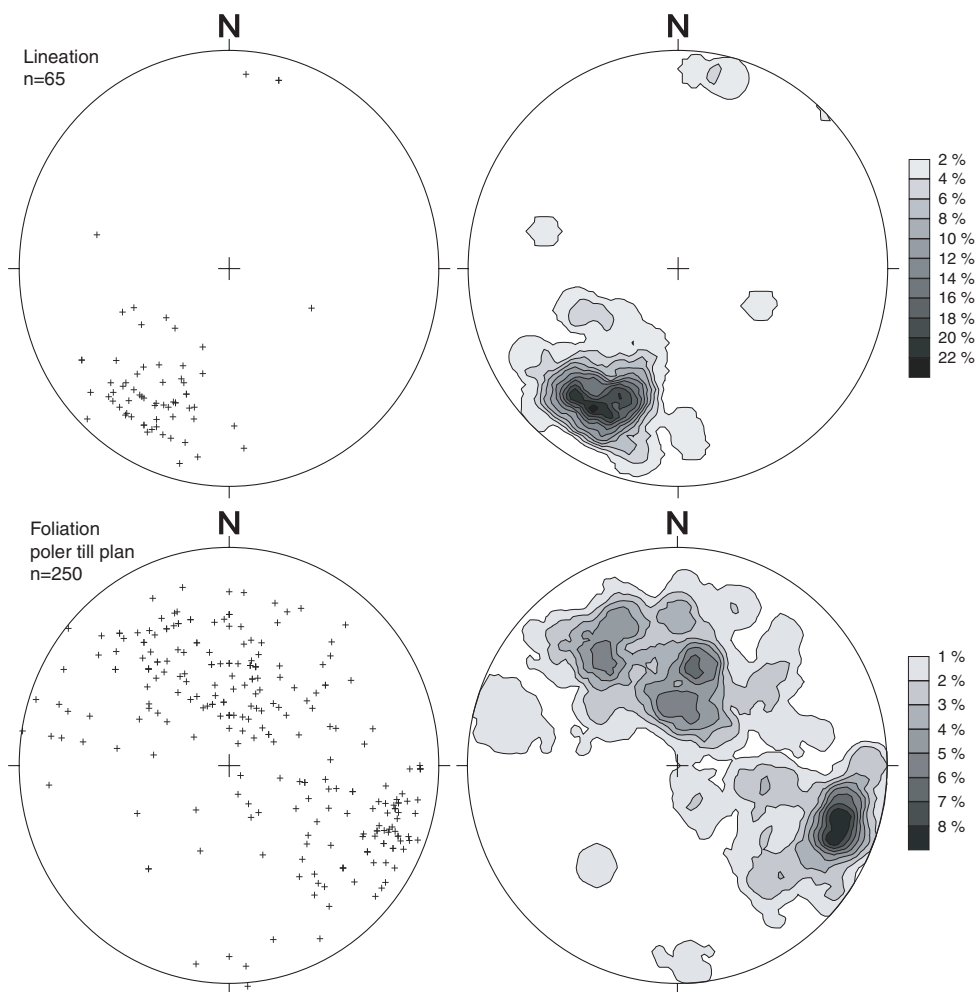


Fig. 23. Strukturmätningar från sydvästra delen av 26I Luvos gjorda under fältarbetet 2009. Strukturerna är plottade i Schmidt-nät, undre hemisfären.

Mineraliseringar

I kartområdet finns flera mineraliseringar som är associerade med ytbergarterna (fig. 15). Sulfidmineraliseringen Luspevartj ligger i norra delen av det långsträckta stråk med metasedimentära bergarter som finns centralt i området 26I Luvos och som sammanfaller även med Karesuando–Arjeplogzonen (KADZ). Söderut längs med KADZ i kartområdet 25I Stensund finns flera koppar-guldmineraliseringar i andesitiska till basaltiska metavulkaniter relaterade till KADZ, t.ex. Lulepotten (Padget 1971, Sandahl 1973, Mellqvist & Aaro 2006). Luspevartjmineraliseringen består av linsformade zoner som är parallella med gnejsigheten. De innehåller en impregnation av koppar-, zink-, bly- och arsenikförande sulfider i kvartsrika, starkt deformerade och metamorfoserade, finkorniga gnejser (Persson 1975).

I den nordöstra delen av kartområdet finns ett par zink-bly-silvermineraliseringar i paragnejser (Såkeväre) som påvisats genom borrhningar under år 2004–2007 (fig. 15). Söder om Vuolvojaure (Lutonområdet) finns en svag impregnation av molybdenglans i en omvandlad sur vulkanit vid berget Gåntjokk (MINK 1978).

Vid Piteälven i västra kanten av kartområdet finns flera uranmineraliseringar i en sekvens av omkristalliserade och albitiserade sura metavulkaniska bergarter (Smellie 1982, Laurikko 1983a, b, Hålenius m.fl. 1984). Den radioaktiva fasen (huvudsakligen uraninit) förekommer dels i sprickor, dels som en impregnation i den sura vulkaniten. Borrhningar vid mineraliseringen ”Skuppesavon syd” har påvisat en

400 m lång mineralisering med en tvärsnittsytta på i genomsnitt 150 × 7 m. Mineraliseringen innehåller 688 ton uran med en medelhalt på 704 ppm (Laurikko 1983a, b).

Referenser

- 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.
- Bergman, S., Persson, P.-O. & Kübler, L., 2002: U-Pb titanite and zircon ages of the Lina granite at the type locality NW of Gällivare, northern Sweden. I S. Bergman (red.): Radiometric dating results 5. *Sveriges geologiska undersökning C 834*, 12–17.
- Berndtsson, A., 1983: Beskrivning till berggrundskartorna 26H Jäkkvik NO, 26I Luvos NV/NO och 26I Luvos SV/SO. *Sveriges Geologiska AB Prap 83059*, 15 s.
- Berndtsson, A., Einarsson, Ö., Lundholm, I. & Quezada, R., 1984: Geologiska uppföljningsarbete 1983. Jäkkvik/Luvos. *Sveriges geologiska AB Prap 84119*, 15 s.
- Jokkmokksprojektet, 1981: Basprospektering inom Jokkmokks kommun, slutrapport perioden 1979-06-05–1981-06-30. *Sveriges geologiska undersökning Prospekteringsrapport. Brap 81054*, 102 s.
- Granar, L., Henkel, H. & Lind, J., 1986: The Nordkalott Project, Report of petrophysical rock samples. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 86408*.
- Hålenius, U., Smellie, J.A.T. & Wilson, M.R., 1984: Uranium genesis within the Arjeplog–Arvidsjaur-Sorsele uranium province, northern Sweden. *Sveriges geologiska AB IRAP 84056*, 45 s.
- Koistinen, T., Stephens, M.B., Bogatchev, V., Nordgulen, Ø., Wennerström, M. & Korhonen, J., 2001: Geological map of the Fennoscandian Shield, scale 1:2 000 000. *Geological Surveys of Finland, Norway and Sweden and the North-West Department of Natural Resources of Russia*.
- Laurikko, J., 1980: Resultat från prospekteringsarbeten 1979 på 26H Jäkkvik och 26I Luvos. *Sveriges geologiska AB BRAP 80025*, 15 s.
- Laurikko, J., 1983a: Uranprospektering i Skuppesavonområdet 1979-82. *Sveriges geologiska AB IRAP 83011*, 19 s.
- Laurikko, J., 1983b: Preliminär malMBERÄKNING i Skuppesavon syd. *Sveriges geologiska AB IRAP 83013*.
- Mellqvist, C. & Aaro, S., 2006: Berggrundskartan 25I Stensund NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 51*.
- MINK 1978: Detaljplanering gällande prospekteringsarbetena inom projekt Södra Norrbotten övriga metaller. *Sveriges geologiska undersökning MINK 325*, 198 s.
- Nisca, D., 1980: Preliminär flygmagnetisk tolkning 27J Porjus. *Sveriges geologiska undersökning Geofysikrapport BRAP 80404*.
- Padget, P., 1971: Lulepottenmalmen. Rapport över SGU:s undersökningar 1960-1971. *Sveriges geologiska undersökning, Malmbyrån. MINK 96259*, 6 s.
- Persson, G., 1975: Luspevaratj sulfidmineralisering. Rapport rörande SGU:s undersökningar under åren 1971-1974. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 629*, 18 s.
- Sandahl, K.-A., 1973: Lulepotten kopparmalmsfyndighet. Rapport rörande resultaten av SGU:s undersökning under åren 1960-1971. *Sveriges geologiska undersökning, Malmbyrån. BRAP 00585*, 5 s.
- Silvennoinen, A., Gustavson, M., Perttunen, V., Siedlecka, A., Sjöstrand, T., Stephens, M.B. & Zachrisson, E., 1987: Geological map, Pre-Quaternary rocks, Northern Fennoscandia. Scale 1:1 000 000. *Geological surveys of Finland, Norway and Sweden*.
- Smellie, J.A.T., 1982: Preliminary mineralogical investigation of the Skuppesavon syd mineralisation N Norrland. *Sveriges geologiska AB BRAP 82006*, 12 s.
- Welin, E., Einarsson, Ö., Gustafsson, B., Lindberg, R., Christiansson, K., Johansson, G. & Nilsson, Ö., 1977: Radiometric ages of intrusive rocks in northern Sweden II. *Sveriges geologiska undersökning C 731*, 1–21.
- Ödman, O.H., 1957: Beskrivning till berggrundskarta över urberget i Norrbottens län. *Sveriges geologiska undersökning Ca 41*, 151 s.

Falkenberg, berg

Jenny Andersson, Leif Kero, Inger Lundqvist och Charlotte Möller

Under 2009 påbörjades berggrundskartering inom Falkenbergs kommun samt delar av de intilliggande kommunerna Varberg, Svenljunga och Hylte (fig. 1). Området som skall kartläggas omfattar ca 1350 km². Projektet genomförs som ett led i SGUs långsiktiga plan för att ta fram översiktlig berggrundsgeologisk information i befolkningstäta områden och beräknas löpa fram till år 2014. Fältinsamling bedrivs i huvudsak under åren 2010–2013. Kartläggningen genomförs med en noggrannhet motsvarande två observationspunkter per km² och skall anpassas för en presentation i skala 1:50 000.

Under 2009 genomfördes kartläggning av projektområdets sydvästra delar samt ett mindre område i öster (se skuggat område i fig. 1). Kartläggningen utfördes huvudsakligen av Inger Lundqvist. Charlotte Möller genomförde kartläggning och provtagning (61 prover för petrografisk, geokemisk och petrofysisk analys) längs en profil som löper tvärs områdets regionala struktur (läge för profil anges i fig. 1). Leif Kero bearbetade på SGU befintlig geofysisk och topografisk information över kartläggningsområdet och framställde geofysiska underlag.

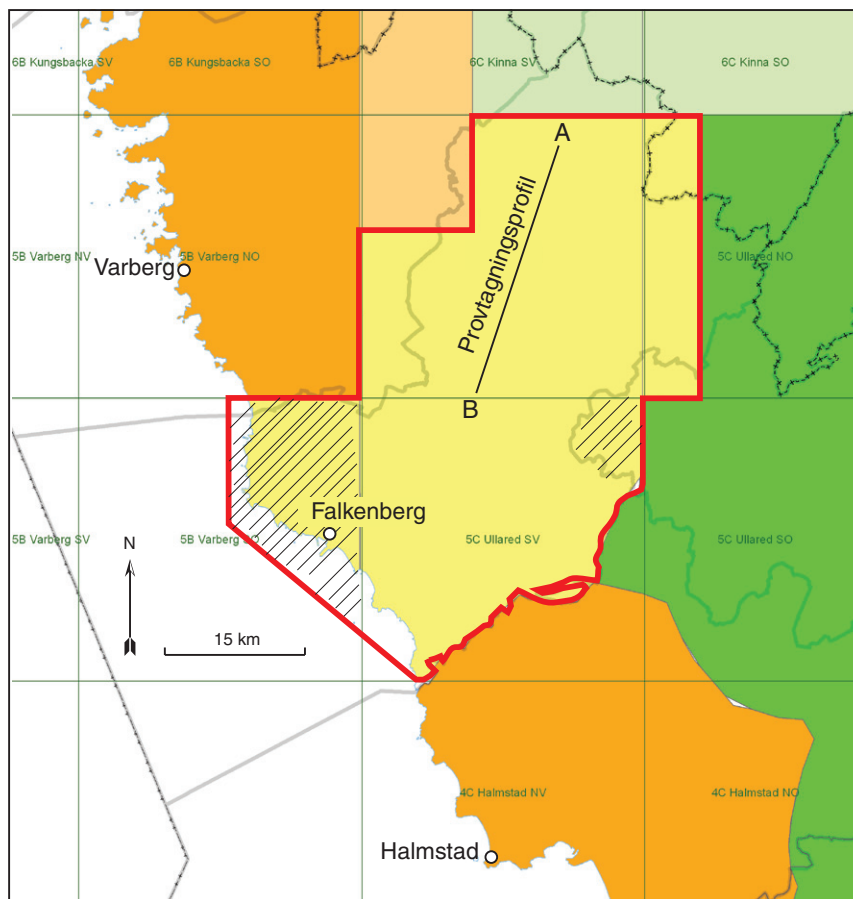


Fig. 1. Schematisk karta över inventeringsområdet för projektet samt status för berggrundsinformation i omgivande områden. Det aktuella karteringsområdet visas med röd linje.

- Karteringsområde projekt Falkenberg skala 1:50 000. Planerad leverans till databas 2013.
- Område karterat 2009
- Befintlig databas skala 1:50 000
- Pågående kartläggning i skala 1:50 000. Planerad leverans år 2010 (Västra Götalandsprojektet).
- Befintlig databas skala 1:250 000
- Pågående kartläggning i skala 1:250 000. Planerad leverans 2010 (Västra Götalandsprojektet).

Kungälv–Kungsbacka, bergkvalitet

Lena Persson och Mattias Göransson

Projektet ”Kungälv–Kungsbacka, bergkvalitet” startade i januari 2009 och beräknas vara avslutat i december 2010. Projektets syfte är att ta fram bergkvalitetsinformation som ett underlag för planering och resurshushållning för bl.a. länsstyrelser, kommuner och företag. Projektet består av två delområden, Kungälv i norr samt Onsala i söder. Delområdet Kungälv omfattar hela Kungälvs kommun, och delområdet Onsala omfattar Onsalahalvön och den östra delen av kartområdet 6B Kungsbacka NV (del av Kungsbacka och Mölndals kommuner).

Under sommaren 2009 har fältarbete utförts inom hela projektområdet. Undersökningarna bestod av provtagning för bergkvalitetsanalyser samt mätning av gammastrålning och magnetisk susceptibilitet på berghällar.

GEOLOGISK ÖVERSIKT

Karteringsområdena utgör en del av den sydvästsvenska gnejsregionen. Berggrunden har utsatts för åtminstone två bergskedjebildningar (orogener), varvid bergarterna har omvandlats under tryck och temperaturer som motsvarar amfibolitfaciesförhållanden. För knappt 1 600 miljoner år sedan inträffade den äldsta av dessa, den så kallade gotiska orogesen då bergarterna ådrades, veckades och migmatitiserades. För omkring 1000 miljoner år sedan genomgick berggrunden återigen en orogenes, den svekonorvegiska. Bara de yngre diabasgångarna har undgått denna omvandling (Lundqvist 2007).

Totalt har 16 prover för teknisk analys tagits inom Onsalaområdet och 21 prover från Kungälvsområdet (fig. 1 och 2). Analyserna omfattar densitet, kulkvarnsvärde, mikroDevalvärde och Los Angelesvärde. Från varje prov har dessutom polerade tunnslip framställts, vilka sedan kommer att undersökas med avseende på petrografi, ASR (alkalisilikareaktivitet) och mineralfördelning. Resultaten från de tekniska analyserna kommer att sammanställas under våren 2010.

Kungälv

Delområdet Kungälv innefattas av berggrundskartorna 7A Marstrand NO/7B Göteborg NV (Samuelsson & Åhäll 1985), 7B Göteborg NO (Samuelsson 1985), 7B Göteborg SV (Lundqvist & Kero 2007) samt 7B Göteborg SO (Samuelsson 1978).

De äldsta bergarterna inom kartområdet utgörs av ytbergartsgnejser (metagråvackor) som tillhör Stora Le–Marstrandgruppen (fig. 1). Gnejserna är vanligen ådrade och mer migmatitiserade ju längre österut man kommer. De utgör en del av ett större nord–sydligt stråk som sträcker sig från Göteborgs södra skärgård, norrut in i sydöstra Norge. I Kungälvs kommun utgör de ungefär hälften av områdets berggrundsytta. Ytbergartsgnejs anses vanligen vara problematisk för aggregatindustrin, då den i många fall är glimmerrik och på vissa ställen vittringsanlöpt. I östra delen av området dominerar gråröd till grå, granitisk till tonalitisk ådergnejs av magmatiskt ursprung, med inslag av mörkt grå till svarta, mafiska bergarter. En mer leukokratisk (ljusare), finkornig granit förekommer i de centrala delarna av området. I de centrala och nordöstra delarna av området förekommer en gråröd, porfyrisk granit, så kallad Askimsgranit. I Kungälvs tätort och norr därom, längs med Göta älvs dalgång, finns ett stråk med röd till rödgrå, gnejsig granit, så kallad RA-granit. De yngsta bergarterna är pegmatit- och diabasgångar, varav den sistnämnda bergarten bildar en bredare gång norr om stora Överön i den sydvästra delen av området.

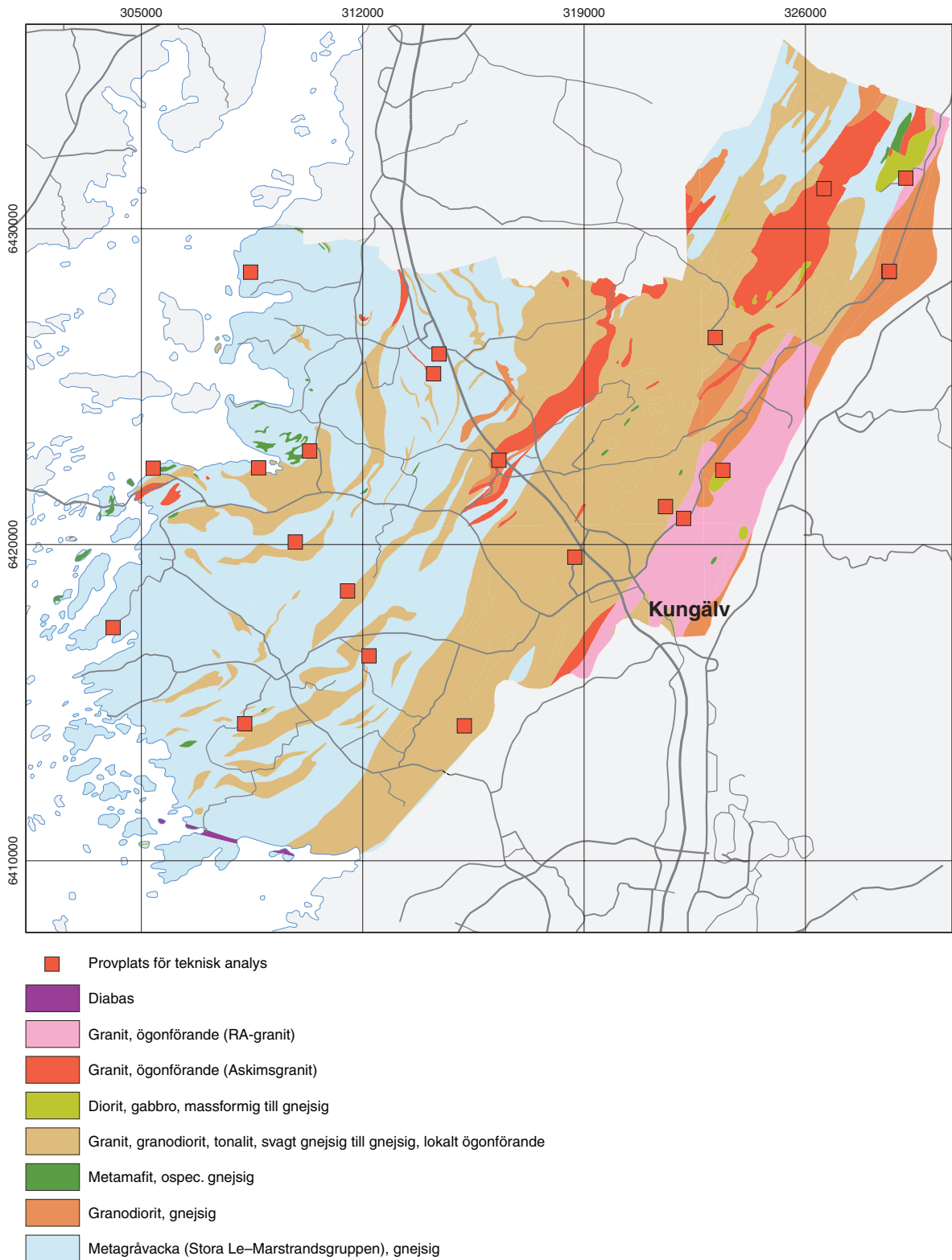


Fig. 1. Förenklad berggrundskarta över Kungälvområdet.

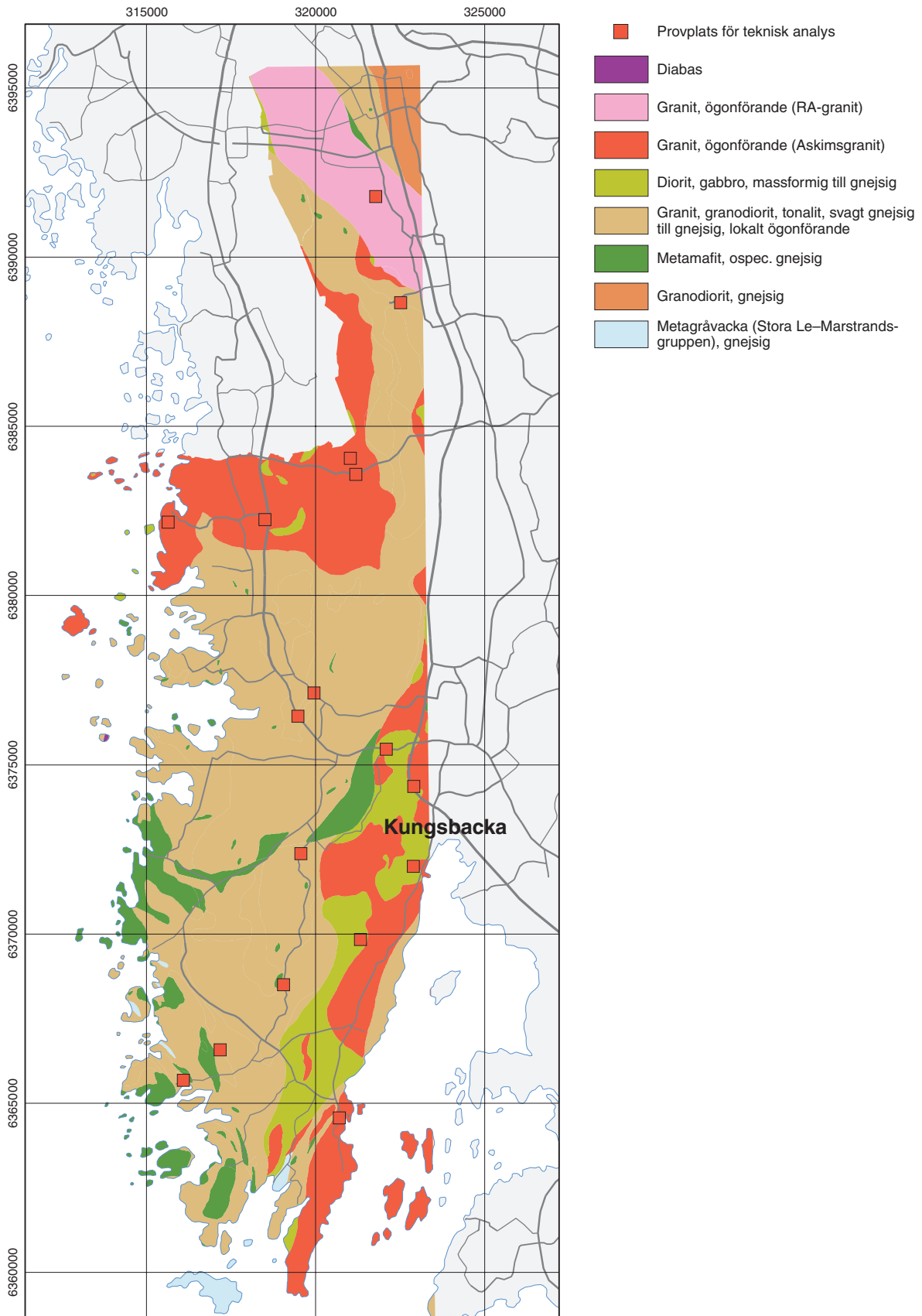


Fig. 2. Förenklad berggrundskarta över Onsalaområdet.

Onsala

Berggrundskartan 6B Kungsbacka NV/SV (SGUs databaser) i skala 1:50 000 täcker hela undersökningsområdet (fig. 2). Kartområdet begränsas i öster av Kungsbackafjorden och i väster av Kattegatt. Blottningsgraden är med få undantag god, särskilt i de västra delarna. Kungsbackafjorden utgör en förlängning mot söder av den så kallade Göta älvzonen, en storskalig, i stort sett nord-sydlig deformationszon (tektonisk rörelsezon).

Ett mindre inslag av ytbergartsgnejs (tillhörande Stora Le–Marstrandgruppen) förekommer i den sydvästra delen av området. I den nordöstra delen (Mölndal) finns en mindre förekomst med gråröd till grå, granodioritisk ådergnejs av magmatiskt ursprung (ca 1600 milj. år) med inslag av mörkt grå till svarta amfiboliter. Den dominerande bergarten i Onsalaområdet är gråröd till grå, massformig till gnejsig granit till tonalit (ca 1560 milj. år). I den nordvästra delen av området, och i ett stråk längs östra delen av Onsalahalvön och norrut, förekommer en röd till rödgrå, ställvis gnejsig, porfyrisk granit (Askimsgranit). Den har samma ålder som och blandas och bildar hybrider med en mörk bergart med dioritisk till gabbroisk sammansättning, vilken återfinns i samma områden som graniten. I den norra delen av kartområdet, parallellt med Askimsgranitens utbredning men belägen öster om denna, finns ett stråk av röd till gråröd, gnejsig granit med förhöjd gammastrålning, den så kallade RA-graniten. Ett antal brantstående, klippande diabasgångar stryker i västnordvästlig riktning. Gångarna varierar vanligen mellan 5 och 30 meter i bredd.

GEOFYSISKA UNDERSÖKNINGAR

Kungälv

Den dominerande magnetiska anomalin (fig. 3) i södra delen av området orsakas av den så kallade Tuvegången, en diabas med hög magnetisk susceptibilitet (ca $3\,000\text{--}4\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter). Modellering av magnetiska markmätningar har visat att gången är ca 160 m bred och stupar brant mot norr (Lundqvist & Kero 2007). Metagråvackorna (Stora Le–Marstrandgruppen), som täcker stora ytor i områdets västra del, har generellt låg magnetisk susceptibilitet (ca 20×10^{-5} SI-enheter). Den östra delen av området uppvisar högre magnetiseringsnivåer och ett bandat anomalimönster med nordostlig riktning, vilken sammanfaller med gnejsigheten i granit till tonalit.

Kartan över markens naturliga gammastrålning (fig. 4) visar aktivitetsindex, som har beräknats från flygmätningar över området. Gammastrålningen är relativt låg i Kungälvs kommun. I östra delen av kommunen ger den så kallade RA-graniten upphov till ett mindre område med förhöjda strålningsnivåer. De något förhöjda strålningsnivåerna i den västra delen av området orsakas troligtvis av pegmatit. Uppföljning med gammastrålningsmätningar på hällar har utförts vid 20 lokaler. Markmätning på RA-graniten visar en variation på 2–13 ppm uran och 4–32 ppm torium, vilket ger ett aktivitetsindex på 0,8–1,3. Inga mätningar inom kommunen har gett ett aktivitetsindex större än 2. Markmätningarna kommer att kompletteras under 2010.

Onsala

Kartan över markens naturliga gammastrålning i Onsala (fig. 5) visar två områden med förhöjda strålningsnivåer. Ett nordvästligt stråk i den norra delen (Mölndals kommun) som delvis sammanfaller med utbredningen av den så kallade RA-graniten samt ett mindre område i öster. Uppföljning med gammastrålningsmätningar på hällar, som har utförts inom detta projekt samt inom det nyligen avslutade karteringsprojektet 6B Kungsbacka NV/SV, visar att graniterna inom dessa områden (RA-graniten och Askimgraniten) har uranhalter som varierar mellan 4 och 18 ppm och toriumhalter som varierar mellan 30 och 70 ppm, vilket ger ett aktivitetsindex som ligger mellan ca 1,3 och 2,7. Aktivitetsindex

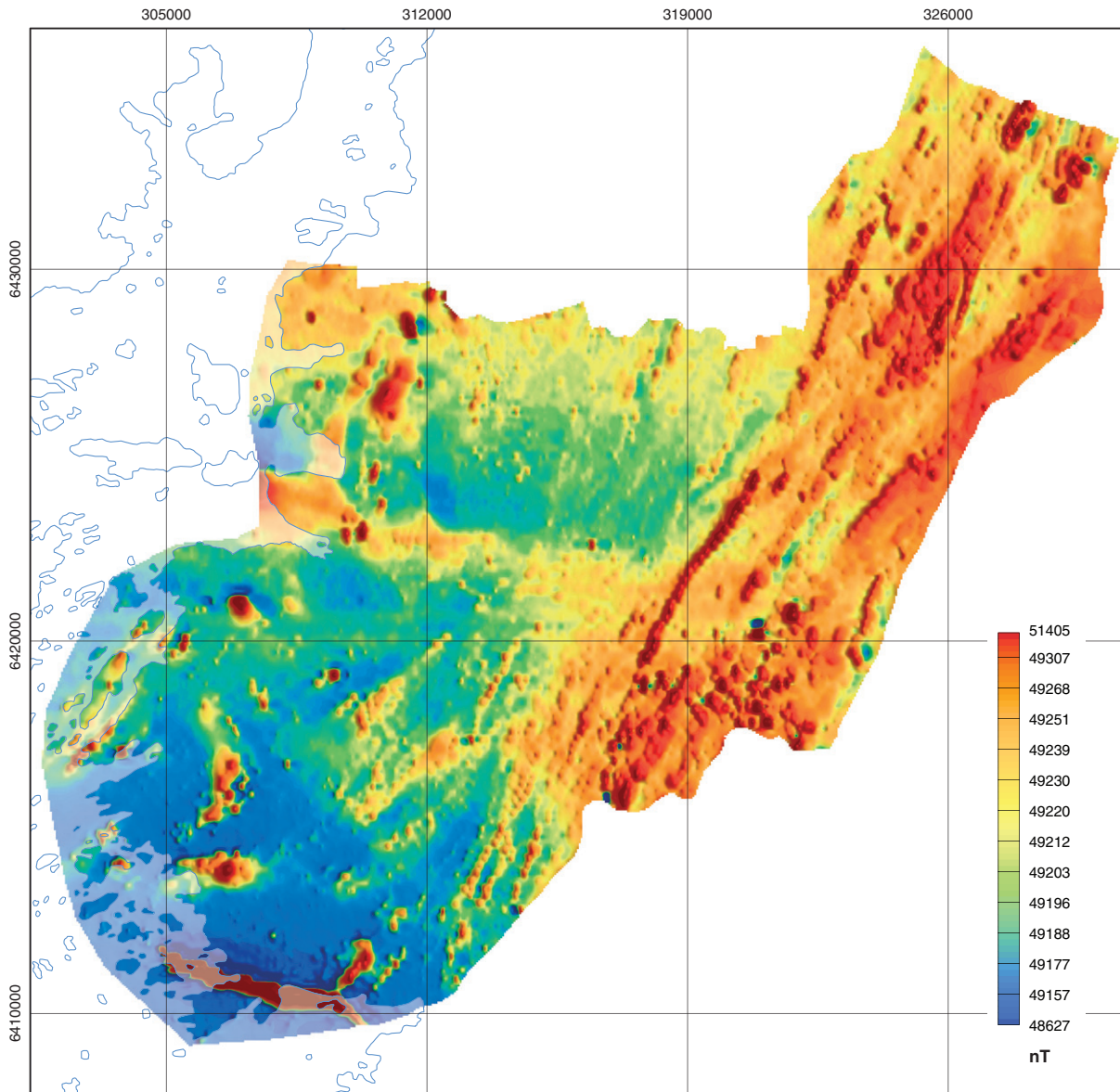


Fig. 3. Magnetisk totalfältskarta över Kungälvområdet.

större än 2 har uppmätts vid 5 lokaler. Den dominerande bergarten i Onsalaområdet, gnejsig granit till tonalit (ca 1560 milj. år), uppvisar låga strålningsnivåer.

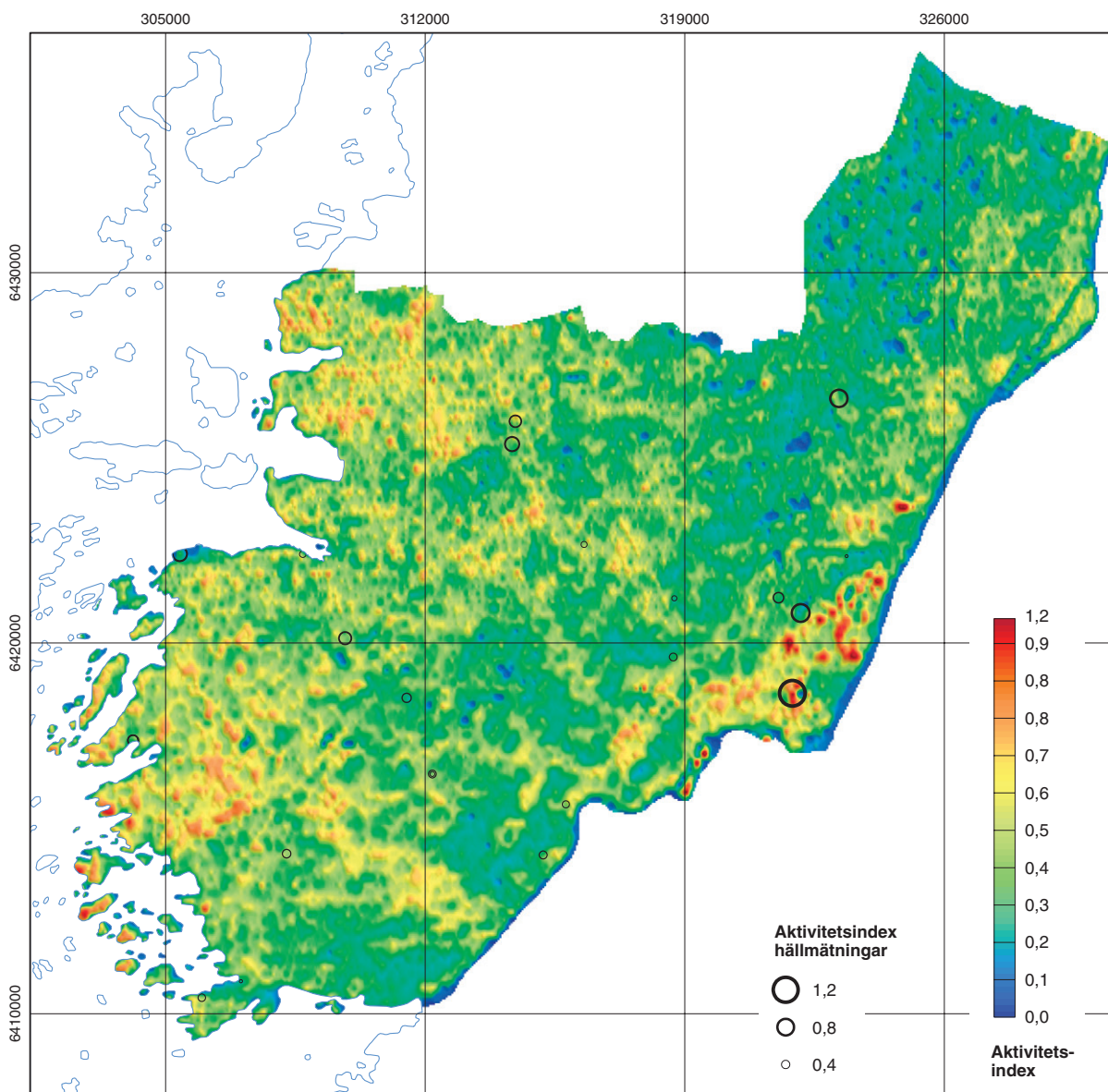


Fig. 4. Karta över markens gammastrålning (aktivitetsindex) i Kungälvområdet. Markmätningar på hållar visas som cirklar i proportionell storlek. Aktivitetsindex (Ai) beräknas enligt $A_i = CK/3000 + CRa/300 + CTh/200$ där CK, CRa och CTh är koncentrationen av kalium-40, radium-226 respektive torium-232, alla i enheten Bq/kg.

REFERENSER

- Lundqvist, I. & Kero, L., 2007: Beskrivning till berggrundskartan 7B Göteborg SV. *Sveriges geologiska undersökning K 60*, 78 s.
- Samuelsson, L., 1978: Beskrivning till berggrundskartan 7B Göteborg SO. *Sveriges geologiska undersökning Af117*, 85 s.
- Samuelsson, L., 1985: Beskrivning till berggrundskartan 7B Göteborg NO. *Sveriges geologiska undersökning Af136*, 101 s.
- Samuelsson, L., & Åhäll, K.-I., 1985: Berggrundskartan 7A Marsstrand NO/7B Göteborg NV. *Sveriges geologiska undersökning Af146*.

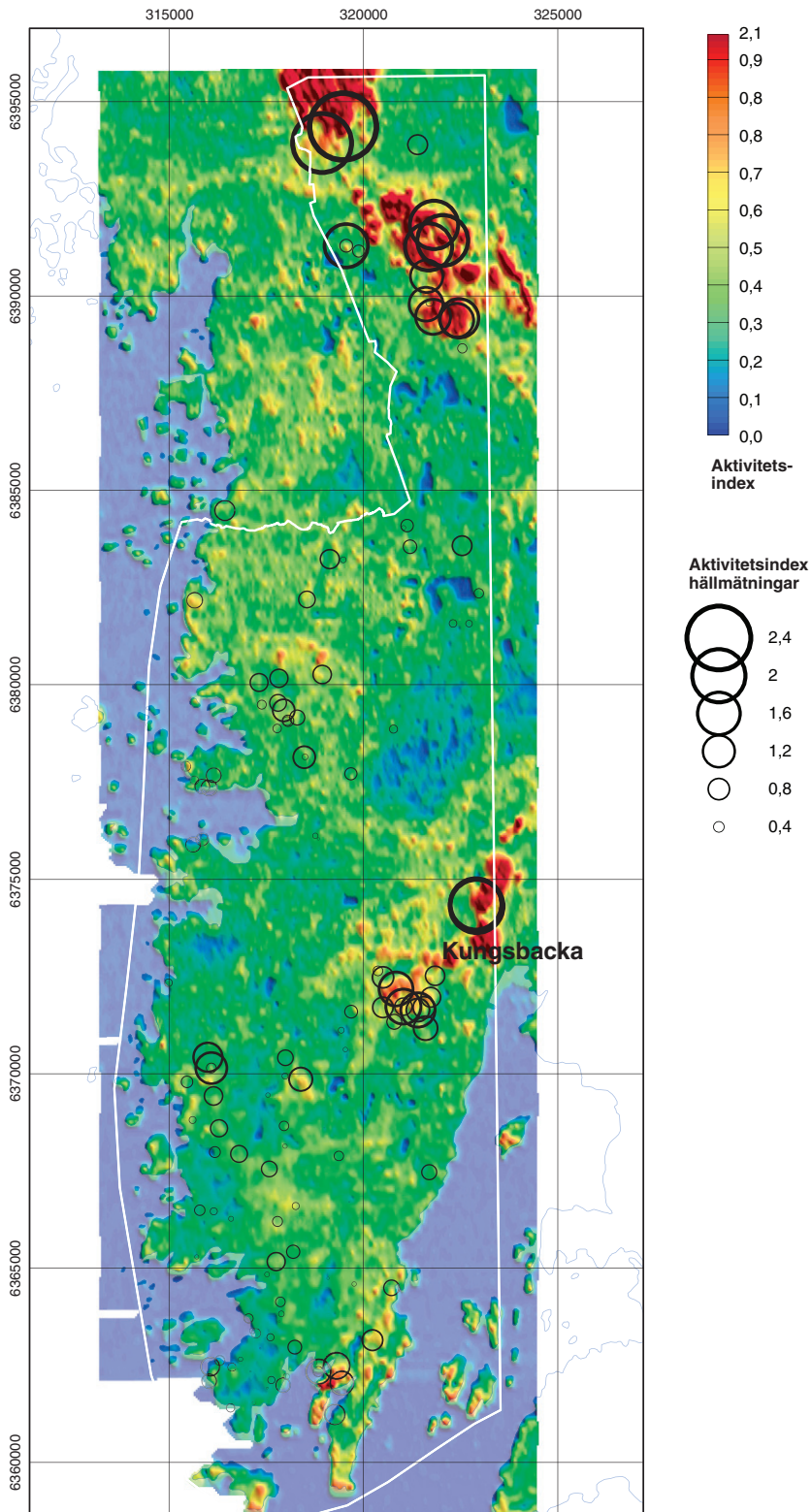


Fig. 5. Karta över markens gammastrålning (aktivitetsindex) i Onsalaområdet. Markmätningar på hållar visas som cirklar i proportionell storlek. Aktivitetsindex (A_i) beräknas enligt $A_i = CK/3000 + CRa/300 + CTh/200$ där CK, CRa och CTh är koncentrationen av kalium-40, radium-226 respektive torium-232, alla i enheten Bq/kg.

Projekt Karlstad, berg och bergkvalitet

Magnus Ripa, Martin Ahl, Torbjörn Bergman, Hans Delin, Cecilia Jelinek, Lutz Kübler och Michael Stephens

Projektet avser att, för de områden som motsvaras av de topografiska kartbladen 10C Åmål NO, 11D Munkfors SV, 10D Karlstad NV och 10D Karlstad NO (enligt koordinatsystem RT90, nedan kallade kartområden), producera information om berggrunden och dess tekniska egenskaper som ett underlag för planering och resurshushållning för bland annat länsstyrelsen, kommuner och företag. Även närliggande är i kartområdena 10D Karlstad SV och SO (i Vänern) ska undersökas. Projektområdet och de delar som även ska undersökas med avseende på bergarternas tekniska egenskaper (ca 940 km²) framgår av figur 1.

Karteringen bedrivs enligt SGUs modell GUBStA1, vilken innebär att ca 2–3 km² undersöks per geolog och dag samt att ca 15 km² mäts per geofysiker och dag. Den tekniska undersökningen ska bedrivs enligt SGUs modell GUBStA2, som innebär att bergartsprover från ca 50 lokaler per 625 km² analyseras samt att spektrometermätning och en detaljerad sprickinventering utförs vid provlokalerna. Koordinater mäts med GPS och anges enligt SWEREF99 TM.

Fältarbetet inleddes 2008 och kommer att avslutas säsongen 2012. Under fältsäsongen 2009 var Erik Björklund, Julio Gonzalez, Helena Lager, Christina Nysten och Stefan Persson extrageologer. Julio Gonzalez skötte hanteringen av de geologiska proverna medan Anders Gustafsson tog hand om petrofysikproverna. Erik Björklund punkträknade en del av de tunnslip från äldre undersökningar (SGU serie Aa) i projektområdet som finns i SGUs samlingar. Vem som varit ansvarig för respektive

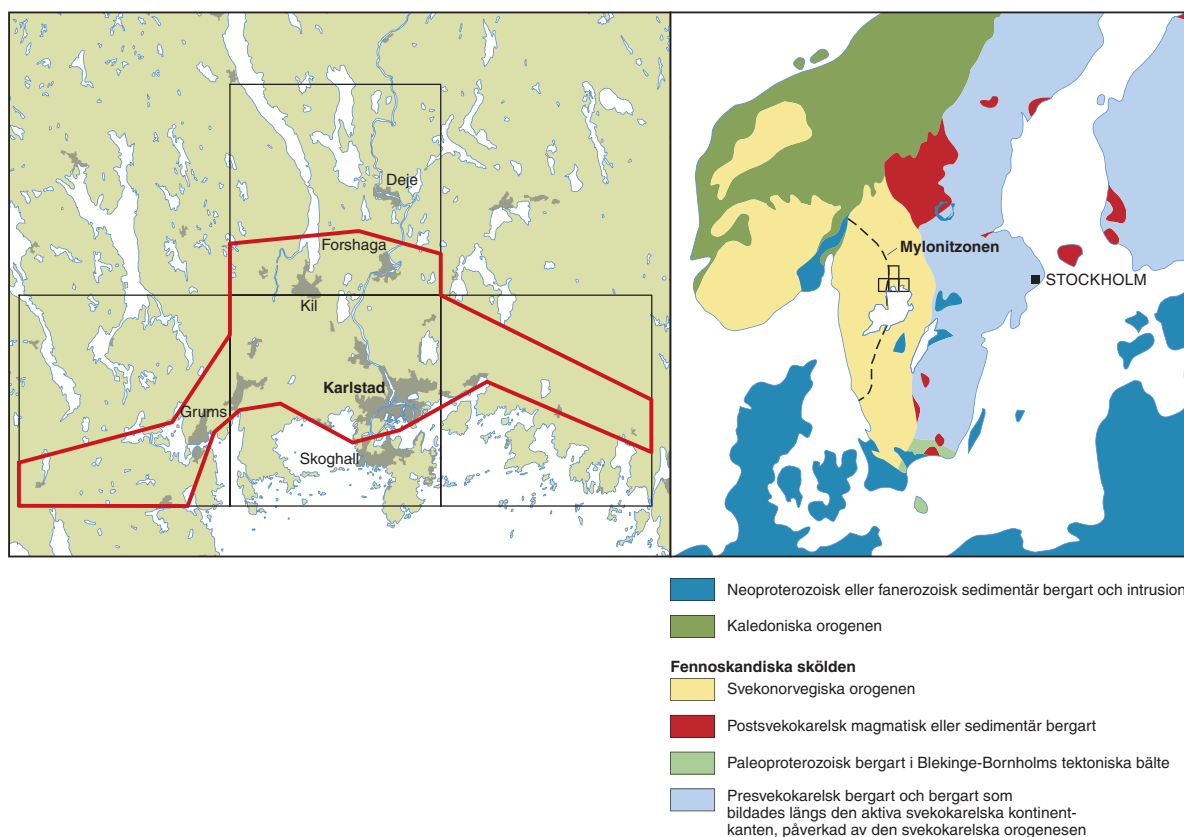


Fig. 1. Projektområdets geografiska och tektoniska läge (se insättskartan som är modifierad efter Koistinen m.fl. 2001). Området där även bergkvalitet ska undersökas är markerat med en röd ram.

kartområde framgår nedan vid de geologiska beskrivningarna. Sammanställningen av tidigare arbeten och resonemanget om tektoniska enheter har i huvudsak skrivits av Michael Stephens. Magnus Ripa är projektledare.

Tektoniska huvudenheter

Projektområdet ligger i den svekonorvegiska orogenen i den sydvästligaste delen av Fennoskandiska skölden (fig. 1). Orogenens interna struktur öster om "Oslo-riften" beskrevs ursprungligen av Berthelsen (1980), som delade in den i ett ostligt, ett mellersta och ett västligt segment. Det senare kallades även för "the Östfold slab". Det som omfattade de mellersta och västra segmenten slogs begreppsmässigt samman till en gemensam del av Åhäll & Gower (1997), vilket tidigare gjorts av Stephens m.fl. (1997). Denna sammanslagning bibehölls också i en nyligen presenterad tektonisk modell av den svekonorvegiska orogenen (Bingen m.fl. 2008).

För närvarande använder man (Bingen m.fl. 2008) termen "det Östra segmentet" om de bergarter i den sydvästligaste delen av den Fennoskandiska skölden som påverkades av svekonorvegisk deformation och som åt väster begränsas av Mylonitzonen (Magnusson 1937, Lindh 1974). I den del av projektområdet som omfattas av det Östra segmentet domineras berggrunden av intrusivbergarter tillhörande det Transskandinaviska magmatiska bältet (TMB, eller TIB på engelska, Lundegårdh 1995, Gorbatshev 2004) och yngre diabaser, kallade hyperiter i äldre litteratur. Alla dessa bergarter är mer eller mindre genomgående påverkade av amfibolitfaciesmetamorfos och plastisk deformation, och TMB-bergarterna beskrevs som gnejser av Lundegårdh (1995).

De mellersta och västra segmenten enligt Berthelsen (1980) är sammanslagna till den så kallade Idefjordenterrängen, vilken sträcker sig västerut från Mylonitzonen till Sveriges västkust (Åhäll & Gower 1997, Bingen m.fl. 2008). I projektområdet domineras berggrunden i Idefjordenterrängen av olika granitoider med mindre inslag av sura vulkaniter. De har alla påverkats av amfibolitfaciesmetamorfos och plastisk deformation. Dessutom finns talrika förekomster av migmatitiska ortognejser (Lindh 1998).

Gränsen mellan Idefjordenterrängen och det Östra segmentet är alltså den breda zon av deformerade bergarter som kallas Mylonitzonen (Magnusson 1937, Lindh 1974). Norr om Vänern består zonen dels av myloniter som bildats under olika metamorfa, plastiska förhållanden, dels av kataklastiska bergarter och tektoniska breccior som bildats under spröd-plastiska till spröda förhållanden (Lundegårdh m.fl. 1992, Stephens m.fl. 1996, Lindh 1998).

Norr om Vänern är Mylonitzonen upp till 20–30 km bred vid den nuvarande markytan och består till synes av dels bergarter från både det Östra segmentet och Idefjordenterrängen, dels sådana som har oklart ursprung (Lundegårdh m.fl. 1992, Stephens m.fl. 1996). På Värmlandsnäs, strax söder om projektområdet, bildar bergarter från Idefjordenterrängen en västlig hängvägg och bergarter från det Östra segmentet en östlig liggvägg till zonen (Lundegårdh m.fl. 1992, Stephens m.fl. 1996). Med tanke på den skala som det pågående projektet bedrivs i och på berggrundens komplexitet i Mylonitzonen, anses det motiverat att urskilja den senare som en separat tektonisk enhet (se också fig. 2, 6 och 8 i Stephens m.fl. 1996).

Sammanfattningsvis kan man alltså vid nuvarande ståndpunkt indela projektområdets berggrund i tre huvudsakliga tektoniska enheter, nämligen det Östra segmentet, Mylonitzonen och Idefjordenterrängen. En modell av deras utbredning vid den nuvarande marknivån, baserad på flygmätta magnetiska data, framgår av den magnetiska anomalikartan (fig. 2a, b) och den preliminära berggrundskartan (fig. 3). Berggrunden i kartområdet 10D Karlstad NO ligger helt och hållet i det Östra segmentet. Berggrunden i kartområdet 10C Åmål NO ligger nästan helt i Idefjordenterrängen, bara de allra östligaste delarna ligger i Mylonitzonen. Berggrunden i kartområdena 10D Karlstad NV och 11D Munkfors SV omfattar samtliga tre enheter.

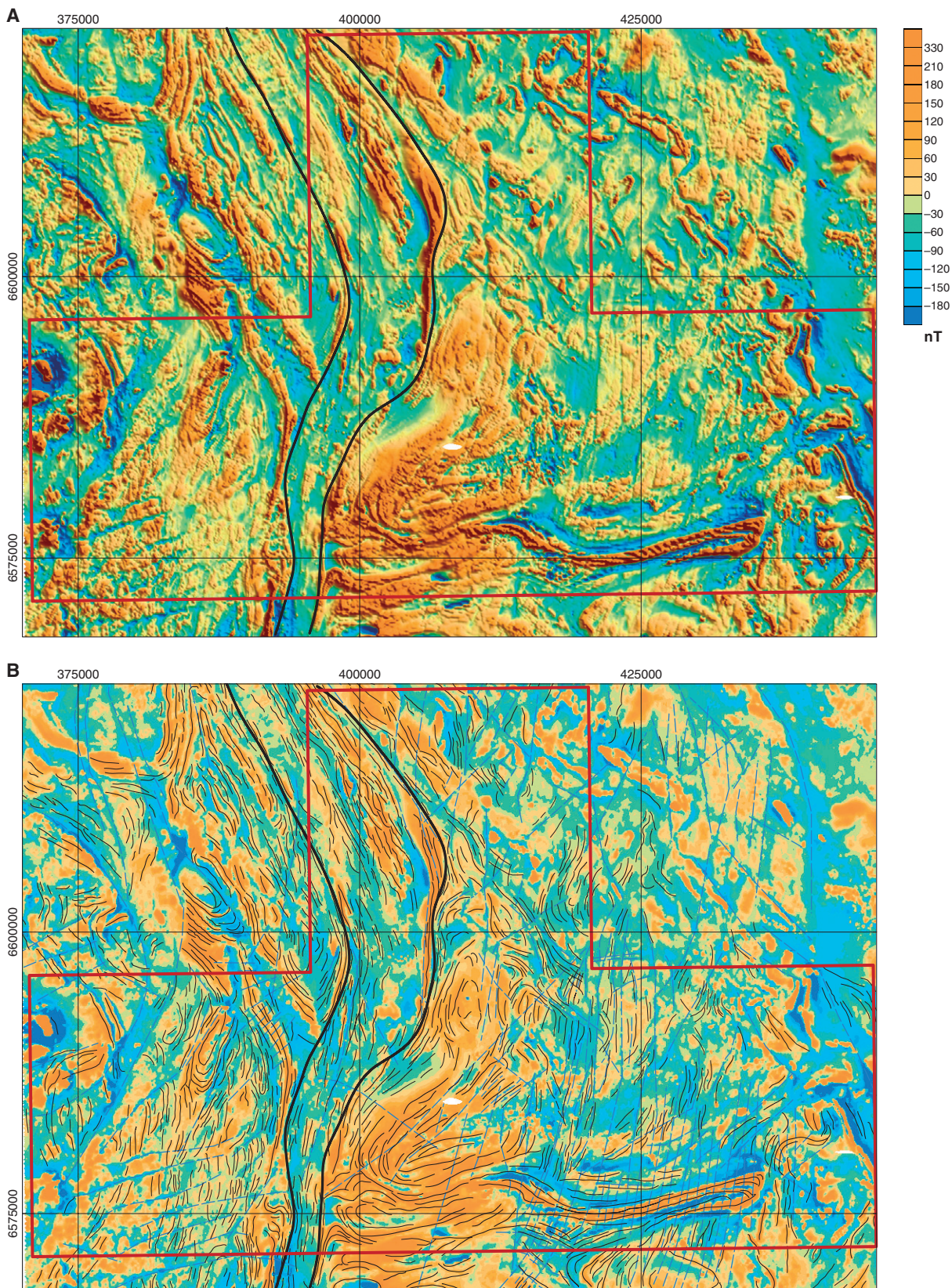


Fig. 2A. Jordmagnetfältets variation i projektområdet, flygmätta data. Residualfältet ner till 1000 m är reducerat till pol. Röda linjer anger projektområdet enligt RT 90. Svarta linjer visar tolkade gränser för utbredningen av det Östra segmentet (öster om linjer), Mylonitzonen (mellan linjer) och Idefjordenterrängen (väster om linjer).

B. Samma karta som ovan men utan skuggning. Heldragna, tunnare linjer är tolkade magnetiska konnexioner, streckade blå linjer är linjära element, tolkade som spröda zoner. Lineamenten är baserade på magnetfältetsdata.

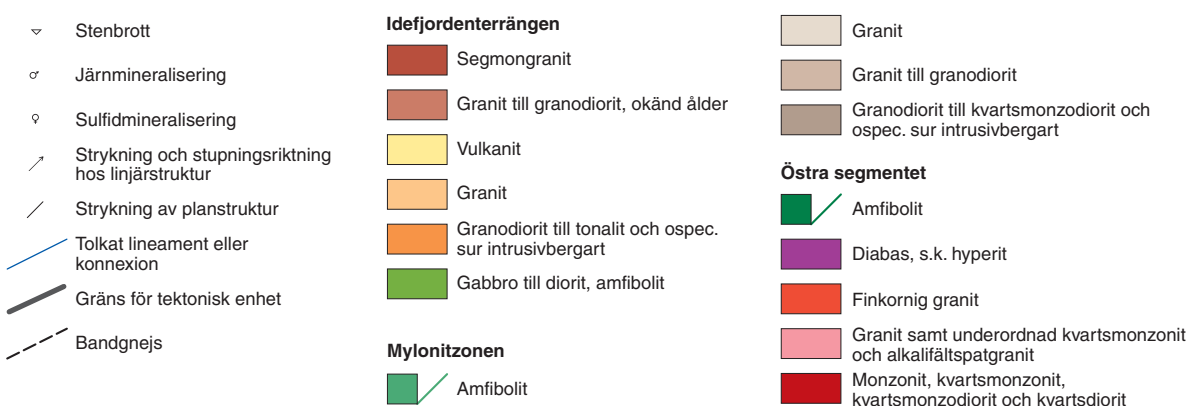
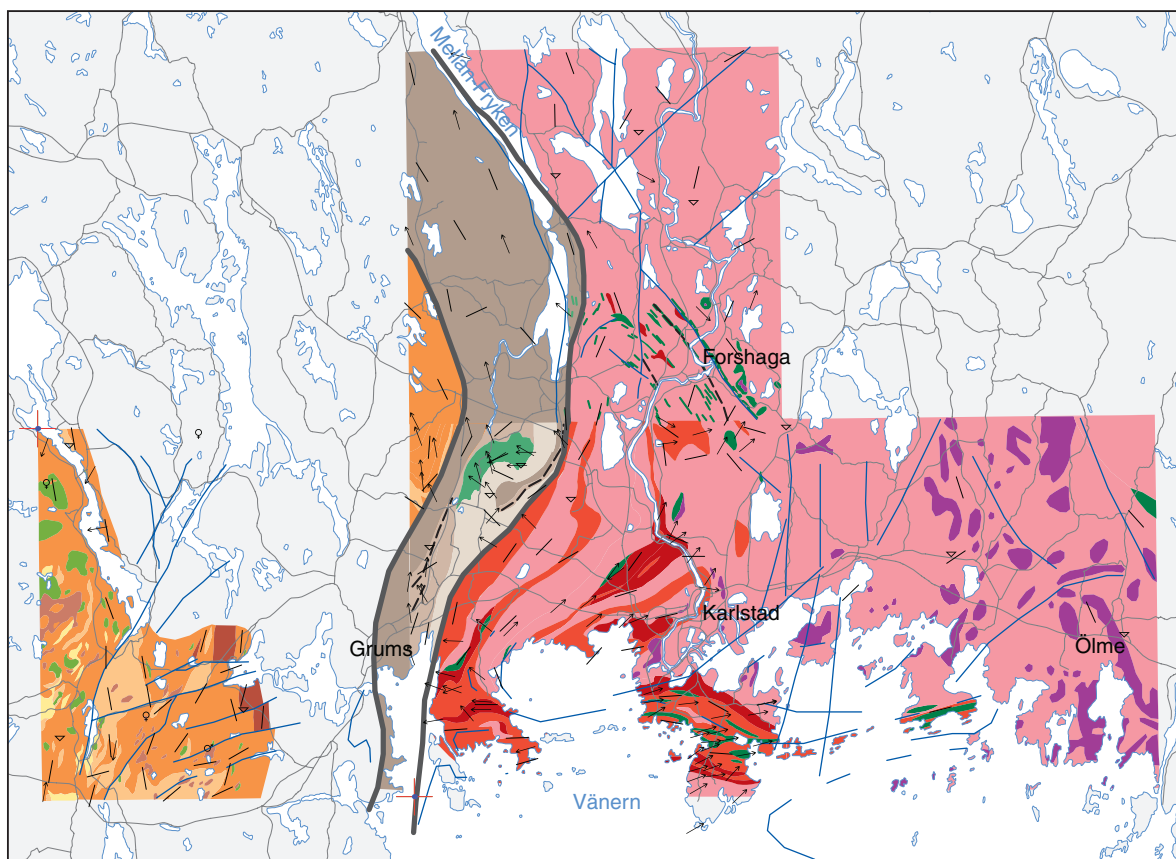


Fig. 3. Preliminär och schematisk berggrundskarta över projektområdet. Vad sammanställningen baseras på i de olika delområdena beskrivs i texten.

Tidigare arbeten och nya utmaningar för projektet

En hel del geologiska undersökningar av bergarterna i projektområdet har gjorts tidigare, bland annat berggrundskartering, strukturanalys och datering.

Berggrundskartering och strukturgeologiska studier

Projektområdet omfattas till ganska stora delar av äldre, kombinerade berggrunds- och jordartsundersökningar av SGU i skala 1:50 000 (Johansson & Johansson 1917, Sandegren & Johansson 1920, Sandegren m.fl. 1922, Magnusson & Assarsson 1929, Magnusson & von Post 1929, Magnusson &

Sandegren 1933, Sandegren & Magnusson 1937). Kartområdet 10C Åmål NO omfattas bara i sina östligaste och sydvästligaste delar av nämnda verk. Modernare regionala data i skala 1:250 000 finns för Värmlands län och därmed hela projektområdet (Lundegårdh m.fl. 1992). En tillhörande detaljerad beskrivning presenterades i fyra artiklar i två separata publikationer (Lundegårdh 1995, 1998, Lindh 1998, Gorbatshev 1998). En regional sammanställning av berggrundsdata i Karlstadsområdet gjordes av SGU på 1990-talet, men den saknar beskrivning och finns bara tillgänglig i SGUs digitala kartdatabas. I samband med den senare sammanställningen omtolkades ytbergarter enligt Lundegårdh m.fl. (1992) i Hammarö– Segerstadsområdet till starkt deformerade metaintrusivbergarter (se också Berglund m.fl. 1997).

I kartområdet 10C Åmål NO har förekomsten av ett antal tektoniska skollor som utgör kärnan i en större synform struktur i Idefjordenterrängen föreslagits av Zeck & Malling (1974, 1976), Berthelsen (1978, 1980) och Gorbatshev (1988). Skollorna benämndes Glaskogens skollkomplex av Gorbatshev (1998). En viktig uppgift för projektet är att dokumentera observationer som antingen bekräftar eller förkastar skollhypotesen och därigenom möjligen förklarar problemet med migmatitiska ortognejs strukturellt under icke-migmatitiska bergarter inne i komplexet (se fig. 1 och 2 i Gorbatshev 1998).

Strukturobservationer som gjorts norr om Väneren visar att Mylonitzonen under övre grönskifferfaciesförhållanden utsattes för vänstervriden horisontalförskjutning ("strike-slip") och omvänd vertikalförskjutning ("dip-slip"), vilket tyder på en transpressiv tektonisk miljö och horisontell förkortningsdeformation (Stephens m.fl. 1996). Förekomst av en sydostlig överskjutning av Idefjordenterrängen relativt det Östra segmentet har tolkats i t.ex. Värmlandsnäsområdet (Stephens m.fl. 1996). Med tanke på bergarternas karaktär i de omgivande tektoniska enheterna är det viktigt för projektet att noggrant utvärdera, huruvida strukturer inne i Mylonitzonen möjligen är äldre än och inroterade i zonen.

En flera km bred, brant stupande och ost–västligt strykande skjuvzon genom TMB-bergarter finns längs Vänerens norra strand. Den kallades Hammaröskjuvzonen av Berglund m.fl. (1997). Enligt författarna utmärks de plastiska inslagen i zonen av veckning, omfattande omkristallisering och en iögonfallande, subhorisontell sträckningslineation av mineral. Berglund m.fl. (1997) föreslog att företeelserna bildades under en fas av svekonorvegisk, ost–västlig extension. En utmaning för projektet blir att relatera strukturerna i Hammaröskjuvzonen med dels de som beskrivits i Östra segmentet öster därom (Wahlgren m.fl. 1994), dels de som finns väster därom i Mylonitzonen.

Geokronologiska studier

Sex U-Pb-åldrar har bestämts på zirkoner i bergartsprover från den del av Idefjordenterrängen som ligger i projektområdet. Åldrarna sprider från $1\,643\pm 47/-29$ miljoner år (Ma) till $1\,249\pm 10/-7$ Ma, och felmarginalerna är i flera fall ganska stora (tab. 1). Ett prov av en ortognejs ur Idefjordenterrängen, omedelbart väster om kartområdet 11D Munkfors SV, gav en mer precis U-Pb-ålder i zirkon på $1\,608\pm 4$ Ma (Åhäll & Connelly 2008). Dessutom gav ett prov av en tonalit, belägen nära den förmodade gränsen mellan Idefjordenterrängen och Mylonitzonen i kartområdet 10D Karlstad NV, en ålder på $1\,607\pm 4$ Ma (tab. 1).

Med tanke på bergarternas metamorfa karaktär i Idefjordenterrängen och de analysmetoder som använts, återstår en del frågetecken avseende den geologiska signifikansen hos några av de åldrar som ligger mellan 1 500 och 1 600 Ma (de s.k. Gösta- och Gösjöngraniterna) och kring 1 250 Ma (den s.k. Segmongraniten), som erhållits. En K-Ar-bestämning av ett bergartsprov från en lamprofyrgång i Idefjordenterrängen gav en ålder på 915 ± 13 Ma (Wahlgren & Kähr 1977, Welin 1980).

Fyra U-Pb-åldrar på zirkon och en på titanit har bestämts i TMB-granitprover från den del av det Östra segmentet som ligger i projektområdet (tab. 1). Tre av zirkonåldrarna sprider från $1\,688\pm 10$ till $1\,661\pm 27$ Ma, dvs. de ligger inom spannet för yngre TMB-bergarter (kombinerade TMB-2- och TMB-3-bergarter enligt Larsson & Berglund 1992). Ett prov av en diabas nära Kristinehamn, omedelbart öster om kartområdet 10D Karlstad NO, gav en U-Pb-ålder i baddeleyit på $1\,569\pm 3$ Ma (Söderlund m.fl.

Tabell 1. U-Pb-åldrar för bergartsprover i projektområdet. Proven är sorterade i första hand efter tektonisk enhet (se texten), sedan efter geografiskt läge från söder mot norr. TIMS-analys har använts för alla prover utom Strömsgnejsen som är icke specificerad (sannolikt TIMS även där). Data ur SGUs geokronologiska databas (aldrdb), koordinaterna är omräknade till SWEREF99 TM. Ma avser miljoner år.

Bergart	Kart-område	Isotopsystem, material och ålder (Ma)	N-koordinat	O-koordinat	Referens
Idefjordenterrängen					
Strömsgnejs	10C NO	U-Pb, zirkon, 1603+34/28	6571222	375953	Lindh & Schöberg 1993
Segmongranit	10C NO	U-Pb, zirkon, 1255±8	6575840	385892	Persson m.fl. 1983, Persson 1986
Gösjöngranit	10C NO	U-Pb, zirkon, 1563+32/-21	6576969	386007	Persson m.fl. 1983
Segmongranit	10C NO	U-Pb, zirkon, 1249+10/-7	6576969	386007	Persson m.fl. 1983
Kvartsdiorit (Åmålsgranitoid)	10C NO	U-Pb, zirkon, 1643+47/-29	6580927	393327	Lindh & Schöberg 1987
Gösjöngranit	10D NV	U-Pb, zirkon, 1499±36	6592762	396682	Persson m.fl.1987
Mylonitzonen nära gränsen till Idefjordenterrängen					
Tonalit	10D NV	U-Pb, zirkon, 1607±4	6596312	400937	Åhäll & Connelly 2008
Östra segmentet					
Segerstadsgranit	10D NV	U-Pb, zirkon, 1140+54/-52	6577093	398571	Persson m.fl.1987
Granit	10D NV	U-Pb, zirkon, 1688±10	6582242	411103	Persson m.fl.1995
Granit	10D NO	U-Pb, zirkon, 1661±27	6586591	423545	Söderlund m.fl. 1999
Granit	10D NO	U-Pb, titanit, 976±4	6586591	423545	Söderlund m.fl. 1999
Granit	11D SV	U-Pb, zirkon, 1674+24/-19	6601861	413364	Persson m.fl.1995

2005). Denna ålder är liknande, men mer precis än resultatet av en analys som gjordes i motsvarande bergarter i området av Wahlgren m.fl. (1996). Som nämndes tidigare, är diabaserna delvis påverkade av amfibolitfaciesmetamorfose och plastisk deformation, dvs. de är pretektoniska till karaktären.

Ovan nämnda U-Pb-titanitanalys gav en ålder på 976±4 Ma (tab. 1), vilken tolkades som tidpunkten för titanittillväxt under ett sent skede av svekonorvegisk (Falkenberg- eller Dalanefasen enligt Bingen m.fl. 2008) metamorfose och deformation av Söderlund m.fl. (1999). Man fann inte några tecken på tektonotermala händelser under tiden från de yngre TMB-bergarternas kristallisation för ca 1700 Ma år sedan, till nyssnämnda svekonorvegiska skede (Söderlund m.fl. 1999). Därför kan man ifrågasätta U-Pb-åldern på 1140+54/-52 Ma hos zirkon i en till synes odeformerad, diskordant och smärre intrusion nära Segerstad (Persson m.fl. 1987, tab. 1). K-Ar-åldrar på 955 respektive 965 Ma (Magnusson 1960, Wilson & Sundin 1979) och en ⁴⁰Ar-³⁹Ar-ålder i hornblände på 1009±8 Ma (Page m.fl. 1996) har också rapporterats från den del av projektområdet som ligger i det Östra segmentet.

Uppenbarligen finns det åldersmässiga skillnader mellan bergarterna i Idefjordenterrängen och det Östra segmentet. Persson m.fl. (1995) förslög att både åldersmässiga och geokemiska skillnader förekommer mellan de metaintrusiva bergarterna i de två områdena. En utmaning för projektet blir att mer precist bestämma åldrarna för de dominerande litologierna i respektive tektoniska enhet, liksom tidpunkten för metamorfose och deformation. Vidare är det viktigt att bestämma deras kemiska affinitet.

Geofysiska data och den berggrundsgeologiska kartan

Flygburna geofysiska mätningar utfördes år 2005 över hela projektområdet. Mätningarna omfattade jordmagnetfältet (med en noggrannhet på 0,1 nT, fig. 2a), markens radioaktiva strålning (fig. 4) och elektromagnetiska fält (VLF). För hela området finns VLF-data från två sändare. Linjeavståndet vid flygningarna var 200 m och flyghöjden 60 m. Flygriktningen var ost-västlig och därmed mer eller mindre vinkelrät mot den dominerande strukturella trenden i området. Hammarözonen ligger dock närmast parallellt med flygriktningen, vilket starkt begränsar tolkningsmöjligheterna där.

Det finns ungefär en mätpunkt av tyngdkraften per 25 km², vilket är otillräckligt för att i detalj tillåta en korrelation mellan tyngdkraftsdata och t.ex. magnetfältet. Endast den regionala gradient som tvärs projektområdet från nordväst mot sydost kan kopplas till en trend med samma orientering i magnetfältet. Någon upplysning om gradientens utveckling mot sydväst eller, som antyds svagt av magnetfältet, eventuella fortsättning mot sydost ger inte befintliga data.

Innan fältarbetena inleddes 2009 gjordes, på basis av flygmätta geofysiska data, tolkningar av magnetiska konnexioner och lineament. Resultaten av tolkningarna framgår av figur 2b.

Det geofysiska fältarbetet började under 2009 och ägnades åt en översiktlig undersökning av hela projektområdet (ca 2 personveckor per kartområde). Resultaten skall ligga till grund för fortsatta arbeten. Bergartsprover för petrofysisk analys samlades in från ett fyrtiotal lokaler, gammaspektromettermätningar på håll gjordes på 71 lokaler. Inga petrofysiska data hade insamlats tidigare. Mätningar med magnetometer längs profiler tvärs över Hammarözonen visar att dess magnetfält är komplext sammansatt.

Figur 3 visar en preliminär och översiktlig bild av berggrunden i projektområdet som den framgår av årets och förra årets (begränsade) fältarbeten. Hur den sammanställts i respektive kartområde framgår av följande områdesbeskrivningar.

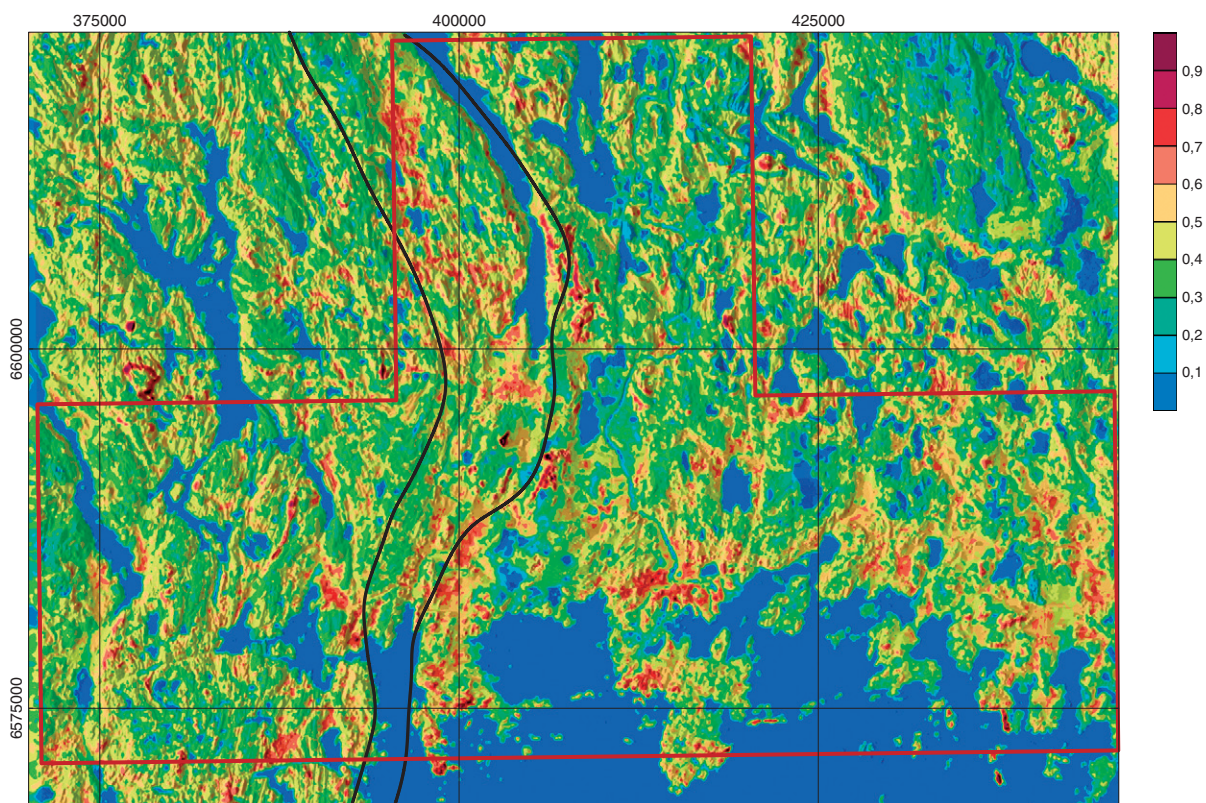


Fig. 4. Markens radioaktiva strålning uttryckt som aktivitetsindex (se skalan), flygmätta data. Röd ram anger projektområdet enligt RT 90. Svarta linjedragningar motsvarar gränserna mellan de olika tektoniska sektionerna beskrivna i texten (se också fig. 2a).

KARTOMRÅDET 10C ÅMÅL NO

Hans Delin, Cecilia Jelinek och Lutz Kübler

Det undersökta området utgör delar av Säffle, Arvika och Grums kommuner i Värmlands län. Den enda tätorten är Grums, som ligger vid E18 i områdets sydöstra del. Terrängen är rik på sjöar och vattendrag, bland annat delar av Vänern (Borgvikssjön) och Värmeln. I de västra delarna korsas kartområdet från norr till söder av Byälvens vattensystem. Berggrunden är generellt sett välblottad, men stora arealer täcks av sjöar (se ovan).

Det geologiska fältarbetet startade i maj 2009 och omfattade ca 24 personveckor. Undersökningen bedrevs huvudsakligen i de västra och södra delarna av området (fig. 3), i övriga delar gjordes rekognoscering och stickprovsundersökningar. Karteringen har utförts med ortofotokartor (skala 1:10 000) som underlag. På fältkartorna har lägena för flygbildstolkade hållar markerats. Fältarbetet resulterade i ca 600 hålobservationer, som fördelar sig över en yta på ca 200 km² (fig. 3). Observationerna har lagrats i SGUs hälldatabas (halldb). Kemisk analys skall utföras på 21 bergartsprover, och 27 tunnslip är under tillverkning för mikroskopisk analys av bergarterna. Ett prov av "Segmongranit" och ett av lamprofyr (prov från tidigare undersökning) har tagits för radiometrisk åldersbestämning.

De geofysiska undersökningarna utfördes under ca 6 dagar och koncentrerades på några objekt som tydligt skilde sig från omgivningen på grund av anomala, radiometrisk ("Segmongraniten") eller magnetiska egenskaper. Sammanlagt besöktes 16 lokaler där mätningar med gammaspetsrometer genomfördes. På några av lokalerna togs också bergartsprover för analys av petrofysiska egenskaper.

En preliminär karta över berggrunden i området visas i figur 3. Områdets berggrund tillhör den svekonorvegiska orogenen, till allra största delen den så kallade Idefjordenterrängen. En mindre del längst i öster ligger i Mylonitzonen.

Bergarter

Berggrunden i kartområdet består av starkt omvandlade och deformerade gnejser av varierande ursprung. Gnejserna domineras av intrusivbergarter tillhörande Åmålsgruppen (Lindh 1998), dvs. ca 1600 Ma gamla metagranitoider (fig. 5a–c och tab. 1) samt basiska bergarter (metagabbro till diorit, fig. 5d). I den västligaste delen av området finns spridda inslag av felsiska och mafiska, finkorniga bergarter som tolkats som metavulkaniter (fig. 5e, f) ur Åmålsgruppen.

Metagranitoiderna ovan domineras av granodiorit till tonalit, varav den förra delvis är ögonförande (fig. 5b). Det finns även relativt stora områden med röd till gråröd granit samt övergångar mot granodiorit. På grund av deformation och omkristallisering är det i många fall svårt att avgöra ålder och tillhörighet hos de granitoida bergarterna (se nedan).

I de äldre "Åmålsgranitoiderna" finns talrika inslag av en relativt finkornig, ljus gråröd till rödgrå granit (till granodiorit?). Bergarten uppträder som både gångliknande bildningar och som större kroppar. Det senare kan möjligen bero på snitteffekter av flackt liggande struktur och topografi. Graniten är svagare deformerad än de omgivande metagranitoiderna och ställvis muskovitförande. Detta indikerar en lägre intrusionsålder eller en retrograd omvandling, men det senare är mindre sannolikt då muskovit verkar saknas i intilliggande metagranitoider. En del av granitförekomsterna är tidigare urskiljda och benämnda "Göstagranit" (Lindh 1998) och är ca 1550 Ma gamla (se stycket "Geokronologiska studier" i denna rapport och tab. 1).

Kartområdet korsas i sina centrala delar av en nord–sydlig, 1–2 km bred och mer än 25 km lång, intrusion av ca 1250 Ma gammal granit (tab. 1), så kallad Segmongranit. Intrusionen är delvis sönderbruten och förkastad i ost–västlig riktning, särskilt i sin södra del. De lokaler som undersöktes sommaren 2009 finns omkring Borgvik och söder om Borgvikssjön. Graniten är vanligen röd till gråröd, ganska starkt deformerad, ställvis svagt ådrad. Den är allmänt hornbländeförande, ställvis även granatförande (fig. 6a). På några lokaler förekommer en odeformerad, nästan pegmatitisk variant som



Fig. 5. Foton av bergarter i Åmålsgruppen. Kartområdet 10C Åmål NO. **A.** Metagranodiorit till –tonalit i kontakt med metagranit, troligen likåldriga. Vägskärring i Skog, Nysäter (6576333/372858). **B.** Metagranit, grovt ögonförande och gnejsig. Klippande gång av jämnkornig granit. Asphöjden, Segmon (6574749/383181). Foto Christina Nysten. **C.** Bandgnejs, intensivt ådrad granitoid. Skärnäs, Värmskog (6588568/385492). **D.** Metagabbro, homogen och massformig. Skog, Nysäter (6576053/373000). **E.** Växelagring av mafisk och felsisk metavulkanit. Nysäter (6574786/374563). **F.** Ytbergartsgnejs i amfibolitomvandlad, gabbroid omgivning. Stömne (6591828/371076).

delvis är ”späckad” med granater (fig. 6b).

I Mylonitzonen (se nedan) finns några konkordanta, gångliknande bildningar som är svagt deformerade, mitt i mylonitisk omgivning. Bergarten är rödgrå, ganska finkornig och svagt porfyrisk (fig. 6c). Dess ålder är inte känd, men den bör ha bildats i slutskedet av den svekonorvegiska orogenesisen.

De flesta gångarna av pegmatit, granit och aplit i kartområdet är folierade och medveckade i det regionala strukturmönstret (fig. 6d). Det finns dock även ganska gott om klippande, odeformerade dito, framför allt pegmatitgångar.



Fig. 6. Foton av yngre intrusivbergarter. Kartområdet 10C Åmål NO. **A.** "Segmongranit", folierad, hornbländerik, delvis granatförande. Borgvik (6580727/382902). **B.** "Segmongranit", rikligt granatförande. Borgvik (6580958/383127). **C.** "Gångporfyr". Felsisk, svagt folierad bergart, omgiven av starkt mylonitiserade gnejser. Getgarsudden (6571743/394565). **D.** Pegmatitgång, starkt folierad och veckad. Ligger i en svagt folierad, äldre metagabbro. Nysäter (6574670/374563).

De yngsta kända bergarterna i området är några små, ungefär ost–västligt strykande gånger av lamprofyr. Lamprofyren är tidigare daterad till ca 900 Ma (tab. 1), och ett nytt prov har lämnats för datering med annan metod (provet togs vid tidigare arbeten). Lamprofyren har inte påträffats vid sommarens undersökningar.

En lokal (tidigare känd) med en nord–sydligt strykande diabasgång har besökts under årets fältarbete. Diabasens ålder är okänd, men den är i stort sett odeformerad.

Strukturer och metamorfos

Kartområdets berggrund är generellt starkt till mycket starkt plastiskt deformerad. Deformationen är vanligen utbildad som gnejsighet, vilken på många ställen övergår i rena myloniter. I vissa delar, bland annat längst i nordväst, är berggrunden även starkt stänglig. Stora delar av de större intrusionerna med gabbro till diorit (samt ultramafit) är svagt deformerade eller massformiga (fig. 5d). Den regionala strukturen i gnejserna är grovt sett nord–sydlig och stupningen flack mot väster. På något ställe har brantstående gnejsighet observerats. Stängligheten är i de flesta fall flack och riktad mot sydväst, delvis även mot nordväst. Ett antal observationer i vägskärningar (fig. 6d) visar att gnejskomplexet åtminstone delvis är veckat (syns sällan i horisontalsnitt) kring flackt stupande (mot norr) axlar. Den skolltektonik som enligt Gorbatshev (1998) präglar berggrunden i de västligaste delarna av området, har efter årets fältarbete varken kunnat bekräftas eller förkastas.

Mylonitzonen (MZ) korsar kartområdets sydostligaste hörn i nordlig till nordnordostlig riktning.



Fig. 7. Foton av bergarter i Mylonitzonen. Kartområdet 10C Åmål NO. **A.** Mylonitisk gnejs. Strandhäll vid Vänern, Getgarsudden, nordöstra delen av Värmlandsnäs (6571732/394991). **B.** Starkt mylonitiserad gnejs med "svansförsedda" porfyroklastar. Samma lokal som A. **C.** Starkt veckat amfibolitband i Mylonitzonen. Samma lokal som A.

Det mesta av dess utbredning är täckt av vatten (Vänern), och endast rekognoscerande kartering har gjorts i det området. Vid Getgarsuddens naturreservat finns dock magnifika lokaler med blottade mylonitiska bergarter (fig. 7a–c).

Berggrunden har även påverkats i ett antal spröda deformationszoner, varav några syns på den magnetiska anomalikartan (fig. 2). Det mest framträdande mönstret syns i södra delen av området och orsakas av en serie ostnordostligt strykande förkastningar med ganska stora, horisontella förskjutningar. Hällar med kataklasit och breccia har observerats i anslutning till en del av zonerna.

Den metamorfa graden i det undersökta området är generellt hög, åtminstone amfibolitfacies (och högre?). På ett antal lokaler har granat observerats, både i amfibolit, metatonalit och i "Segmongranit". Från väster mot öster ökar inslaget av vanligen röda ådror (neosom) som är konkordanta med gnejsighet och medveckade (se ovan). I den östra delen av kartområdet, där endast stickprovobservationer har gjorts, tycks omvandlingen vara ännu starkare, med "bandgnejs" (fig. 5c) och större migmatitiska partier som resultat.

Naturresurser

Kartområdet innehåller ett tiotal kända mineraliseringar, huvudsakligen av sulfider (Lundegårdh 1995). Några tillhör de bly-, zink- och silverförande så kallade Värmskogsgångarna, andra är koppardominerade. Ett fåtal av dem har besökts under årets fältarbete, bland annat Vegerbols silvergruva i Värmskog (fig. 8) och Stömne koppargruva (båda nedlagda).

Två större bergtäkter är i drift inom årets undersökningsområde, vid Stavsnäs respektive Värmlands Nysäter. I båda täkterna bryts "Åmålsgranitoider" för framställning av krossberg. En liten täkt för lokalt bruk ligger söder om Borgvikssjön.



Fig. 8. Vegerbols silvergruva, Värmskog (6595530/381527).

KARTOMRÅDET 11D MUNKFORS SV

Magnus Ripa, Cecilia Jelinek och Lutz Kübler

Kartområdet 11D Munkfors SV ligger i Värmlands län och omfattar delar av Sunne, Forshaga, Kils och Karlstads kommuner.

Under fältsäsongen 2009 omfattade den geologiska undersökningen ca 24 veckor och den geofysiska ca 2 veckor. Det geologiska arbetet bestod i en inledande, ca 7 veckor lång översiktlig undersökning, då 5–10 observationer gjordes per dag och 25 km², och en följande mer detaljerad kartering enligt ovan nämnda modell. Totalt lagrades 370 observationer i SGUs hälldatabas (halldb).

Bergarterna i kartområdet kan preliminärt och förenklat delas in i en östlig del med övervägande röda metaintrusivbergarter till ortognejser och en västlig med något mer gråa dito. Gränsen går ungefär vid sjön Mellan-Fryken. Öster om sjön tillhör bergarterna enligt resonemanget i inledningen det Östra segmentet och väster om sjön Mylonitzonen och Idefjordenterrängen (fig. 2 och 3). Den metamorfa graden verkar att öka gradvis från nordost mot sydväst. Bergarter och strukturer i varje enhet samt naturresurser i kartområdet beskrivs nedan.

Östra segmentet

Området domineras av bergarter i det Östra segmentet (fig. 3). Deras karaktär och strukturer beskrivs i följande stycken.

Bergarter

Granitisk sammansättning dominerar helt i de röda metaintrusivbergarterna till ortognejserna i det Östra segmentet (fig. 9a). Lokalt finns dock kvartsmonzonit, monzonit (fig. 9b) och möjligen alkali-fältspatgranit. Bergarterna är generellt omkristalliserade till finkornighet. I relativt välbevarade delar



Fig. 9. Foton av bergarter och strukturer i kartområdet 11D Munkfors SV. **A.** Grå-röd, finkornig till fint medelkornig, ojämnkornig, omkristalliserad, folierad till gnejsig granit (6618615/412298). **B.** Grå-röd, finkornig, småporfyrisk (kalifältspatströkorn), omkristalliserad, folierad monzonit (6615863/417678). **C.** Grå, medelkornig, jämnkornig, massformig diabas (hyperit, 6619084/406859). **D.** Röd till rödgrå, finkornig, småporfyrisk (kalifältspatströkorn), omkristalliserad, starkt folierad till mylonitisk granit med veckade aplit- och pegmatitådror (661101/414730). **E.** Veckstil i delar av det Östra segmentet i kartområdet. Långa veckben (högra delen av hällen) och korta omböjningszoner (vänstra delen av hällen) i olika skalor (6601270/412509). **F.** Bandvis växlande tonalitiska till kvartsdioritiska och basiska, mylonitiska gnejser. De basiska leden har fältspatströkorn och granatporfyroblastar (6613373/398005).

längst i öster är det tämligen klart att de lokalt ursprungligen varit mer grovkorniga (i allmänhet åtminstone medelkorniga) och haft jämnkornig till ojämnkornig till smått kalifältspatporfyrisk textur. Att döma av deras geografiska läge, mineralogiska sammansättning och ursprungliga karaktär torde de röda ortognejserna representera metamorfa varieteter av TMB 2-granit och med dem associerade syenitoider.

Tillsammans med de röda metaintrusivbergarterna till ortognejserna finns dels hyperiter (fig. 9c), dels amfiboliter. Gradvisa övergångar visar att amfiboliterna i många fall är omvandlade hyperiter. Välbevarad hyperit finns bara på några ställen i områdets östra och nordöstra delar och är där medeltill grovkornig. De första tecknen på omvandling av hyperiten är dels en färgförändring från något violettskimrande till svart, dels uppträdandet av röd granat. Vid starkare omvandling och deformation har bergarten tappat sin ursprungliga ofitiska textur, fått lägre magnetisk susceptibilitet och till slut övergått i en granatfri amfibolit. Begreppet ofitisk textur betyder här ett makroskopiskt observerat "myrstacks"- eller "plockepinn"-arrangemang av plagioklaskorn snarare än att de verkligen helt innesluts i pyroxen, vilket bara kan bestämmas mikroskopiskt.

I ovan nämnda bergarter finns gånger och ådror av pegmatit, applit och granit (fig. 9d). I större delen av Östra segmentet är det ingen tvekan om att dessa gånger och ådror är externt material som intruderat sina värdbergarter. Närmare sjön Mellan-Fryken är troligen en del granitådror lokalt deriverade.

Den metamorfa graden ökar alltså inom det Östra segmentet från öster till väster. Fram till sjön Mellan-Fryken är det sällan några problem att klassificera den ursprungliga litologin, och att kalla dem för ortognejs är i de flesta fall en överdrift. Däremot blir det mot väster allt svårare att bedöma bergartens ursprungliga textur, på grund av en mer eller mindre starkt utvecklad separation av mineralen i domäner av kalifältspat plus kvarts respektive plagioklas plus mörka mineral. Tillsammans med granitiska ådror gör denna gnejsighet bergarterna mer svårtolkade. I starkare deformerade delar är det vanligt att eventuella pegmatitgångar boudineras varvid kalifältspat och kvarts separeras. En del av dessa kalifältspatkorn ger värdbergarten en skenbart porfyrisk textur.

Strukturer

Strukturellt dominerar bergarterna i det Östra segmentet av planstrukturer (fig. 9e), men delar med övervägande stängliga bergarter finns också. Planstrukturerna i segmentets östra delar har i de flesta fall kallats foliation eller foliation till gnejsighet, mot väster har de ofta kallats gnejsighet eller metamorf bandning. De stryker övervägande i nordvästlig till nordnordvästlig riktning och stupar flackt mot nordost. Lokalt finns en öppen veckning till krenulation av dessa planstrukturer längs flacka, mot ungefär nordost stupande veckaxlar. Axialplansfoliationen stryker mot nordost till nordnordost och stupar flackt åt sydost.

Lokalt finns bandade zoner av omväxlande granit, amfibolit och kvartsmonzonit. Zonerna kan vara upp till två, tre hundra meter breda och representerar områden med betydligt högre deformationsgrad än den i omgivande berg. På många platser är berget bankat i m-skala, i stort sett parallellt med föreliggande foliation och/eller gnejsighet, dvs. bankarna är strukturellt betingade. Litologiska kontakter är nästan uteslutande av tektonisk karaktär och växlar i allt från dm- till mer än m-skala. I segmentets östligaste delar kan de tektoniska enheterna och därmed litologierna ha en mäktighet på flera hundra meter, men mot väster sker växlingen betydligt tätare, i många fall i m-skala.

Mylonitzonen och Idefjordenterrängen

Väster om sjön Mellan-Fryken är bergarterna i allmänhet gråare (fig. 3). Felsiska led har vid den översiktliga karteringen dels betecknats som granit, granodiorit och tonalit, dvs. med en kalkalkalin karaktär, dels som kvartsmonzonit och monzonit, dvs. en något mer alkalisk karaktär. Dessutom finns basiska led. Strax väster om sjön finns en några kilometer bred zon av starkt bandade (dm- till m-skala) och mylonitiska bergarter (fig. 9f). De dominerar av sura till intermediära led men basiska finns också. Bergarterna väster om Mellan-Fryken är i allmänhet gnejsiga och ådriga, och den successiva ökningen i metamorf grad åt väster (som beskrivits öster om sjön) verkar att fortsätta där även om tämligen välbevarade bergarter också förekommer.

Mylonitzonens östligaste del, såsom den inledningsvis definierats (se fig. 2 och 3), domineras av

en metamorft bandad sekvens av granit, kvartsmonzonit, amfibolit och pegmatit-granit. Sekvensen bildar ganska täta, liggande veck i m-skala. Lokalt är det så vitt man kan se ”bara” bergartskontakter som är veckade, dvs. veckningen kan vara F_1 (fas 1). Lokalt är även gnejsigheten veckad och strukturen åtminstone F_2 (fas 2).

Naturresurser

Det finns inga kända mineraliseringar av metallisk typ i området, däremot finns två nedlagda industrimineralbrott och en aktiv krossbergtäkt som besökts under årets fältarbeten. Båda industrimineralbrotten finns dokumenterade i Lundegårdh (1995). Det ena är Nilsby stenbrott där man ur åtminstone två hål brutit kvarts, fältspat och glimmer ur en grovkornig pegmatit, det andra är Kvarnbrätens stenbrott där man brutit kvarts ur till synes en hydrotermal gång. Strax öster om Bäckmossen, någon kilometer norr om Deje, finns en aktiv krossbergtäkt i röd, småporfyrisk metagranit.

KARTOMRÅDET 10D KARLSTAD NV

Torbjörn Bergman, Cecilia Jelinek och Lutz Kübler

Kartområdet gränsar åt norr mot det ovan beskrivna 11D Munkfors SV och omfattar delar av Karlstads och Hammarö kommuner (fig. 1).

Det geologiska fältarbetet utfördes under 15 veckor mellan maj och augusti. Arbetet bedrevs översiktligt med inriktning mot en regional sammanställning för innevarande års verksamhet. Totalt har 320 fältobservationer gjorts, och de är relativt jämnt fördelade med en viss dominans i de västra och södra delarna. Fältdata har lagrats i SGUs hälldatabas (halldb). De geofysiska undersökningarna har varit begränsade under detta år och endast omfattat enstaka anomaliuppföljningar.

Den preliminära sammanställningen i figur 3 grundar sig huvudsakligen på sommarens fältarbete, SGUs flygmätta geofysiska information och äldre SGU-information (Magnusson & Sandegren 1933, Sandegren & Magnusson 1937). Geologiskt och strukturellt har kartområdet 10D Karlstad NV (liksom 11D SV ovan) indelats i de tre tektoniska enheter som beskrivits i inledningen: Östra segmentet, Idefjordenterrängen och ett mellanliggande område som betecknats Mylonitzonen (fig. 2). Bergarter och strukturer i varje enhet samt naturresurser i kartområdet beskrivs nedan.

Östra segmentet

Större delen av kartområdet består av bergarter i det Östra segmentet. Deras egenskaper och strukturer beskrivs i följande stycken.

Bergarter

Det Östra segmentet domineras arealmässigt i de östra och nordöstra delarna av rödgrå, medelkornig och relativt biotitrik metagranit. Vanligtvis är den jämnkornig men lokalt glest kalifätspatporfyrisk. Bergarten är vanligtvis inte ådrad men i vissa stråk förekommer dock ådring och migmatitisering. Kraftig migmatitisering förekommer framför allt på Hammarön i områdets sydligaste delar. Den är inte daterad men antas tillhöra TIB 2-generationen, dvs. den är ca 1700 Ma.

Tillsammans med den rödgrå metagraniten förekommer stråk av röd till gråröd, relativt leukokratisk och fin- till medelkornig metagranit. Även den varierar i omvandlingsgrad inom området. Typiskt för bergarten är en omkristalliserad karaktär, som i den södra delen ger intryck av att överpräglade en tidigare migmatitisering i form av åderbildning och partiell uppsmältning. På Hammarön och

Segerstadshalvön, i områdets södra del, är graniten vanligtvis finkornig och kraftigt omkristalliserad. Graniten tolkades i samband med länskarteringen som ”sur vulkanisk bergart” (Lundegårdh 1995). Den preliminära bedömningen från årets kartläggning är dock att bergarten är en varietet av de röda graniter som bland annat förekommer närmare Karlstad. De senare uppvisar vanligtvis hög magnetisering och i vissa delar förekommer mm-stora porfyroblaster av magnetit.

Liksom i Idefjordenterrängen och Mylonitzonen, förekommer i det Östra segmentet en grå, jämnkornig, medelkornig samt plagioklas-, biotit- och hornbländeförande, intermediär till basisk bergart. Emellertid bedöms sammansättningen av denna bergart i det Östra segmentet vara kvartsmonzodioritisk till kvartsdioritisk (se också nedan). Det mest välbevarade området med denna bergart uppträder i det så kallade Zakrisdalmassivet strax väster om Karlstad. Den är nästan helt fri från ådror och endast svagt folierad till massformig. Bergarten har daterats till 1688 ± 10 Ma (Persson m.fl. 1995, se tab. 1). En mer omvandlad och delvis migmatitisk variant förekommer i ett ca 1–2 km brett, ost–västligt orienterat bälte från Hammarön till Segerstadshalvön. Bergarten är kraftigt ådrad och kan närmast beskrivas som en plagioklas-hornbländegnejs. Likartade hornbländerika gnejser förekommer också som ”bandgnejs” i trakten av Skåre strax norr om Karlstad. Sannolikt är det dessa bergarter som på länskartan (Lundegårdh 1995) är markerade som ”metasediment”. Den preliminära bedömningen från årets kartläggning är dock att dessa bergarter tillhör samma typ som Zakrisdalmassivet, men har högre omvandlingsgrad.

Finkornig amfibolit förekommer i vissa delar associerad med ovan nämnda kvartsmonzodiorit till kvartsdiorit men också som enskilda band. I det förra fallet är gränsdragningen dem emellan svår i mer omvandlade områden. Generellt sett har mörkare, finkornigare och hornbländerikare bergarter klassats som amfibolit och mer medelkorniga och vanligtvis plagioklasrika varianter som plagioklas-hornbländegnejs (fig. 10a). Finkorniga amfiboliter förekommer också på Hammarön söder om Karlstad. De kan antas vara omvandlade varianter av yngre, så kallad hyperitdiabas. Välbevarad diabas (hyperit) förekommer i ett flertal små kroppar strax söder och öster om Karlstad. Motsvarande bergart, från ett område nordväst om Kristinehamn, har daterats till ca 1569 ± 3 Ma (Söderlund m.fl. 2005, se tab. 1).

De yngsta bergarterna i området antas vara de dm- till m-breda, klippande gångar av massformig pegmatit och finkornig granit som noterats på ett flertal platser. Frekventa pegmatitgångar förekommer bl.a. i Zakrisdalmassivet.

Strukturer

Strukturellt utgör det Östra segmentet en del av en storskalig veckstruktur där bergartskontakter, gnejsighet och foliation veckas med ett ost–västligt strykande veckben i områdets södra del. I områdets västra del, och där omböjningszonen ligger väster om Karlstad, i den sydvästra delen av det Östra segmentet finns ett nordnordostligt strykande veckben (fig. 3). Det södra veckbenet definieras huvudsakligen av ost–västligt strykande och flackt mot norr stupande foliations- och gnejsighetsplan. Minerallineationer och veckaxlar är i huvudsak parallella och stupar flackt (0 – 25°) mot öster till nordost (se också Berglund m.fl. 1997). Det västra veckbenet definieras av flackt till medelbrant åt väster stupande foliationsplan samt minerallineationer och veckaxlar som stupar flackt åt väster. Norrut, längs det västra veckbenet i den östra delen av kartområdet, är lineationer och veckaxlar huvudsakligen nordostliga och flackt stupande.

Småskalig veckning har noterats i båda veckbenen och har i det södra huvudsakligen flackt stupande axialplan åt norr medan de i det västliga veckbenet är nordvästligt stupande. Av observationerna att döma utgör sannolikt det storskaliga vecket en synform definierad av ett mot sydost överstjälpit isoklinalt veck. Veckaxeln i det storskaliga vecket stryker huvudsakligen åt nordost. De mer omvandlade gnejsiga bergarterna i Östra segmentet i Hammarö–Segestadområdet, och omkring Skåre norr om Karlstad, förekommer i den strukturellt djupare delen av synformen.

Idefjordenterrängen

Idefjordenterrängen utgör endast en liten del av kartområdet och är lokaliserad till den nordvästligaste delen (fig. 3). Dess bergarter domineras av grå till rödgrå, ådrad ortognejs med granitisk till granodioritisk sammansättning samt av grå, jämnkornig, hornbländeförande men inte ådrad metatonalit till metakvartsdiorit (fig. 10b, c). Underordnat förekommer också röd, finkornig, högmagnetisk metagranit samt ett mindre område med granatamfibolit. Den grå jämnkorniga och hornbländeförande bergarten är åldersbestämd till 1607 ± 4 Ma (Åhäll & Connelly 2008, se tab. 1) Dateringsprovet är taget strax sydväst om Kil, inom Mylonitzonen och nära gränsen till Idefjordenterrängen.

Strukturellt uppvisar samtliga bergarter i detta område en kraftig tektonisk foliation och mineralineation. Foliationen i den norra delen stryker åt nordnordost med medelbrant stupning åt väster, i den södra delen mot väster och nordväst med flacka stupningar åt norr. Inom större delen av området uppvisar bergarterna en tydlig mineralineation, vilken är relativt konstant med flack till medelbrant stupning åt nordväst. Den sammanfaller med uppmätta veckaxlar, och berggrunden i hela kartområdet utgör en del av en större veckstruktur som har sin centrala del nordväst därom (se formlinjetolkningen i fig. 2).

Mylonitzonen

Mylonitzonen domineras i sin västra del av en granitisk till granodioritisk bandgnejs (fig. 10d) med kraftig planstruktur som stryker åt nordnordost och har flack till medelbrant stupning åt väster. Vidare åt öster uppträder en bergart med mindre bandad karaktär, men som genomgående är starkt deformerad och i vissa stråk protomylonitisk till mylonitisk (fig. 10e). Den uppvisar vanligtvis en tendens till kalifältspatporfyrisk textur och är i vissa delar mycket lik porfyriska varieteter i det Transskandinaviska magmatiska bältet som förekommer i det Östra segmentet. Åldern är inte känd, men bergarten kan antas tillhöra TIB 2-generationen, dvs. med en ålder som ligger nära 1700 Ma.

Den östra delen av Mylonitzonen utgörs av röd, fin- till medelkornig, omkristalliserad, kraftigt folierad och stänglig granit som liknar berggrunden i det Östra segmentet. I vissa stråk är den mylonitisk till ultramylonitisk och uppvisar där lokalt också tecken på sprödt tektonisk påverkan såsom genomådring av tunna kvartsläpta sprickor, t.ex vid Risåsen strax väster om Nors kyrka.

I den norra delen av Mylonitzonen uppträder ett större område med finkornig, vanligtvis ådrad amfibolit. Strukturellt sett ligger amfiboliten över den röda metagraniten. Det syns tydligt i Skanskas bergtäkt ca 4 km nordväst om Karlstads flygplats, där man brutit sig genom amfiboliten och ner i den underliggande finkorniga metagraniten (fig. 10f). I denna del av zonen är strukturer och bergartskontakter flackt stupande ($<20^\circ$) åt nordväst.

Ovan nämnda bergtäkts utbredning kan tydligt urskiljas med hjälp av radiometriska data på grund av metagranitens anomala toriumvärden. Flygmätningarna avslöjar också att materialet använts vid byggandet av landningsbanan på Karlstad flygplats. Granit i närheten av flygplatsen visar sig enligt spektrometerdata ha mycket varierande kaliumhalter. I bergtäkten uppmättes 0,5 % medan den vid vägen till flygplatsen når 5–6 % kalium. Toriumhalten är konstant hög, från 20 till 35 ppm. Om denna variation är ett regionalt eller lokalt fenomen ska undersökas följande fältsäsonger.

Naturresurser

Området saknar kända metallförekomster men ett flertal aktiva krossbergtäkter finns inom området. Kartläggning av dem är planerad till kommande fältsäsong.



Fig. 10. Foton av bergarter i kartområdet 10D Karlstad NV. **A.** Plagioklas-hornbländegnejs. Skoghall, Hammarö i Östra segmentet (6578459/411942). **B.** Granitisk till granodioritisk ortognejs från områdets nordvästligaste del inom Idefjordenterrängen (6594837/397866). **C.** Starkt folierad och stänglig metatonalit från Idefjordenterrängen (6594923/396893). **D.** Granitisk till granodioritisk bandgnejs. Bergtäkt mellan Edsvalla och Vålberg i Mylonitzonen (6588070/397083). **E.** Starkt folierad granit till granodiorit i Mylonitzonen (6587178/398008). **F.** Kontakt mellan överliggande finkornig amfibolit och underliggande finkornig röd granit i Mylonitzonen. Bergtäkt ca 4 km nordväst om Karlstads flygplats (6593691/402845).

KARTOMRÅDET 10D KARLSTAD NO

Martin Ahl, Cecilia Jelinek och Lutz Kübler

Kartområdet 10D Karlstad NO ligger i Värmlands län och omfattar delar av Hammarö, Forshaga, Karlstads och Kristinehamns kommuner. Under fältsäsongen 2009 omfattade den geologiska undersökningen totalt 25 veckor och den geofysiska ca 2 veckor. Årets kartering gjordes i två steg. Under våren genomfördes en regional översiktskartering medan karteringen på hösten koncentrerades till det område som ska omfattas av bergkvalitetsundersökningen. Totalt gjordes ca 800 observationer. Provtagning för litogeokemisk analys och tillverkning av tunnslip gjordes vid ett tjugotal platser, där även prov för tekniska analyser kommer att tas under fältsäsongen 2010. Hela kartområdet ligger inom det Östra segmentet (fig. 2 och 3).

Bergarter

Berggrunden kan preliminärt och förenklat delas in i en nordostlig del med porfyrisk, deformerad, ca 1700 Ma gamla TMB-bergarter av Filipstadstyp. I en central del finns övervägande röda metaintrusivbergarter av samma ålder. De är ställvis starkt migmatitiserade, deformerade och bildar gnejser och starkt bandade bergarter. I en västlig del åtföljs metagraniter av mer intermediära bergarter.

I söder begränsas området av Hammaröformationens bandade bergarter (Magnusson & Sandegren 1933) som sammansättningsmässigt spänner från basiska till sura led. Bergarterna utgör troligen högtemperaturmyloniter. Formationen bildar ett veck med ost–västligt strykande axialplan vinkelrätt mot Mylonitzonen (fig. 2 och 3) och sträcker sig över kartområdena 10D Karlstad NV och NO. Äldre undersökningar klassificerade bergarterna som sedimentära, medan modernare, t.ex. Berglund m.fl. (1997), tolkar dem som deformerade intrusivbergarter. I detta skede av projektet är det dock för tidigt att fastslå ursprunget. Den metamorfa graden växlar områdesvis. En möjlig trend är att den avtar mot nordost.

Gråroda till röda, fint medelkorniga, omkristalliserade, svagt glimmerstrimmiga och folierade metagraniter dominerar i hela kartområdet (fig. 11a). De övergår lokalt till områden med bandade gnejser, pegmatitdominerade partier och mer eller mindre massformiga, hornbländeförande graniter. Lokalt finns också gråroda, kalifältspatporfyrisk led. En ytterligare variant är en grå, starkt biotitstrimmig metagranit. Eftersom bergarterna vanligen uppträder som band eller lager, som stupar flackt mellan 5 och 20°, kan ett relativt tunt sådant dominera ett ganska stort område.

I ett brett, från Kristinehamn nordnordvästligt strykande stråk finns mafiska bergarter som är tolkade som diabaser (hyperiter, Törnebohm 1877). De utgör ofta höjdområden och ligger topografiskt över metagraniterna. Kärnan i en hyperit kan vara fint medelkornig till grovkornig, ofitisk och massformig. Stråk av folierade amfibolitiska delar genomdrar eller omsluter de bättre bevarade kärnorna. I vissa områden finns granater utmed läkta sprickplan och de uppträder också disseminerat. Den vanliga storleken är ett par millimeter men det finns även exempel på områden där granaterna är cm-stora (fig. 11b). I två områden bildar plagioklas megakristrika delar gråvita anortositiska partier (fig. 11c).

Strukturer

I den östra delen av kartområdet, utmed gränsen mot svagare deformerade TMB-bergarter, löper nordnordvästligt strykande lineament. I den västra delen av kartområdet stryker strukturerna enligt det geofysiska underlaget åt nordnordost, möjligen utgör de syn- eller antiformer av större veck. I större delen av det centrala kartområdet dominerar ovan nämnda flacka struktur i huvudsak som en foliation, men den veckas kring nord–sydligt strykande veckaxlar med flack stupning och flacka axialplan som stupar åt väster (fig. 11d, jfr Wahlgren m.fl. 1994). Den ost–västligt strykande Hammaröformationen utgör den mest iögonfallande strukturen i området (se även inledningen ovan). I dess östra del tenderar den att ha en omböjningszon (fig. 11e) och delar är starkt plastiskt deformerad (fig. 11f).

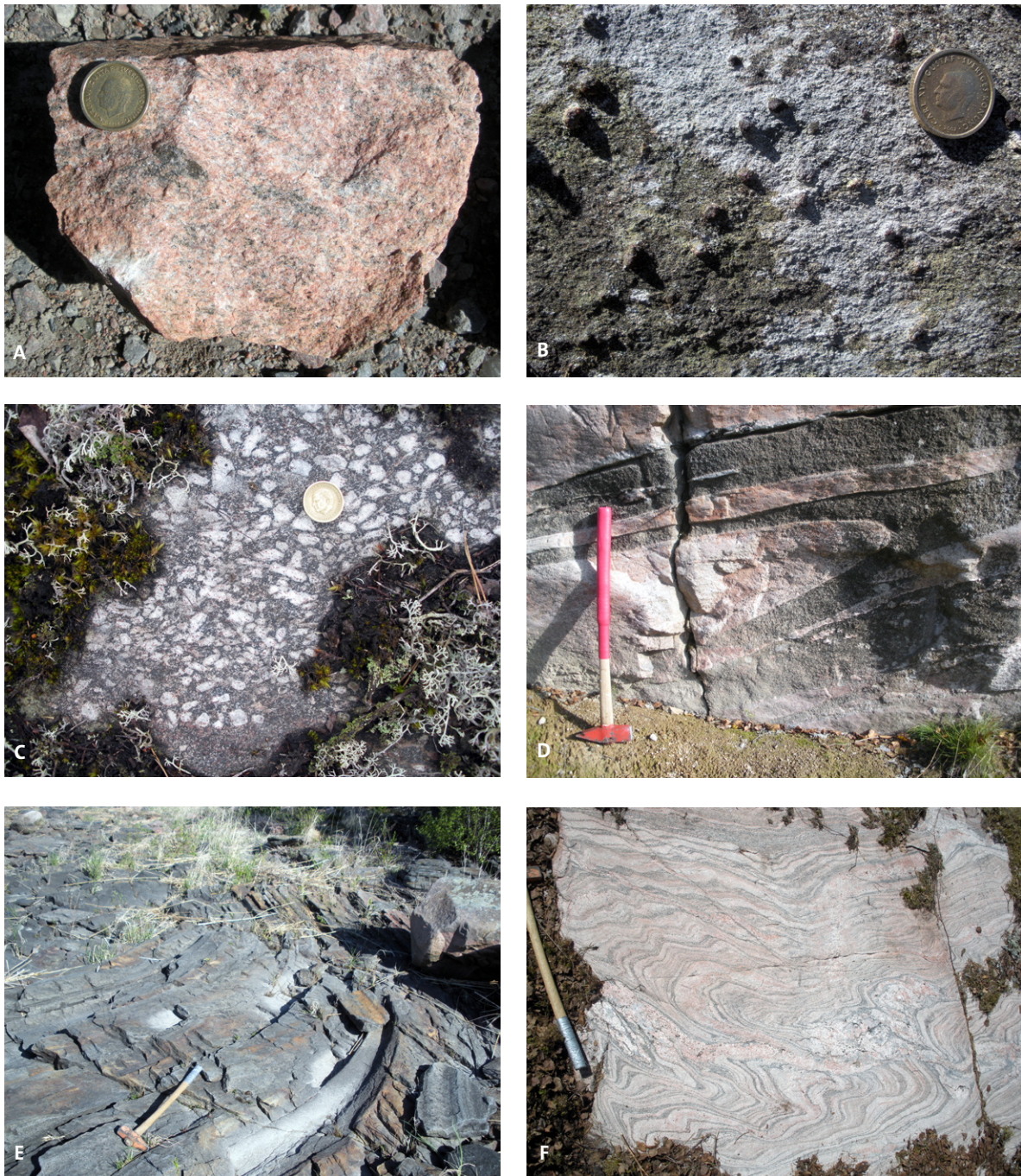


Fig. 11. Foton av bergarter och strukturer i kartområdet 10D Karlstad NO. **A.** Röd, svagt biotitstrimmig granit (6592469/432565). **B.** Granatrik hyperit (6584468/433514). **C.** Anortositisk del av hyperit (6586964/436886). **D.** Flackt liggande veck med veckaxel som stupar mot nordnordväst (6590100/433150). **E.** Omböjda band i Hammaröformationens östra del (6577579/435182). **F.** Starkt plastiskt deformerade band i Hammaröformationen (6578258/435034).

Naturresurser

I området finns en aktiv bergtäkt, med beteckningen Rör 1:2. Ytterligare ett antal nedlagda stenbrott dokumenterades av Lundegård (1995). I Forsnäs har en rödgrå till röd, bandad och gnejsig granit brutits som blocksten och sålts under namnet Solstaganit. Flera brott i svart, massformig diabas, s.k. hyperit, skall ha funnits i trakten runt Ölme vid sekelskiftet (Sandegren m.fl. 1922). Av dessa har bara det vid Lid återfunnits (fig. 3).

Referenser

- Berglund, J., Larson, S.Å. & Vinnefors, A., 1997: Sveconorwegian extension-parallel deformation structures; an example from the Hammarö Shear Zone, SW Sweden. *GFF* 119, 169–180.
- Berthelsen, A., 1978: Himalayan and Sveconorwegian tectonics; a comparison. I P.S. Saklani (red.): Tectonic Geology of the Himalaya. *Today and Tomorrow's Printers and Publications, New Delhi*, 287–294.
- Berthelsen, A., 1980: Towards a palinspastic tectonic analysis of the Baltic shield. I J. Cogné & M. Slansky (red.): Geology of Europe from Precambrian to Post-Hercynian sedimentary basins. *International Geological Congress Colloquium C6 Paris*, 5–21.
- Bingen, B., Andersson, J., Söderlund, U. & Möller, C., 2008: The Mesoproterozoic in the Nordic countries. *Episodes* 31, 29–34.
- Gorbatshev, R., 1988: Sveconorwegian thrusting in southwestern Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 110, 392–397.
- Gorbatshev, R., 1998: Gillbergaskålen, Glaskogens skollkomplex och några tektoniska huvuddrag i västra Värmland. I A. Lindh, R. Gorbatshev & P.H. Lundegårdh: Beskrivning till berggrundskartan över Värmlands län. Västra Värmlands berggrund. *Sveriges geologiska undersökning Ba 45:2*, 269–392.
- Gorbatshev, R., 2004: The Transscandinavian Igneous Belt—introduction and background. I K. Högdahl, U.B. Andersson & O. Eklund (red.): The Transscandinavian Igneous Belt (TIB) in Sweden: a review of its character and evolution. *Geological Survey of Finland Special Paper* 37, 9–15.
- Johansson, S. & Johansson, H.E., 1917: Beskrivning till kartbladet Furuholmarna. *Sveriges geologiska undersökning Aa 136*, 45 s.
- Koistinen, T., Stephens, M.B., Bogatchev, V., Nordgulen, Ø., Wennerström, M. & Korhonen, J. 2001: Geological map of the Fennoscandian Shield, scale 1:2 000 000. *Geological Surveys of Finland, Norway and Sweden and the North-West Department of Natural Resources of Russia*.
- Larson, S.Å. & Berglund, J., 1992: A chronological subdivision of the Transscandinavian Igneous Belt—three magmatic episodes? *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 114, 459–461.
- Lindh, A., 1974: The Mylonite Zone in south-western Sweden (Värmland): a re-interpretation. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 96, 183–197.
- Lindh, A., 1998: Beskrivningar av berggrunden i västra delen av Värmlands län (med undantag för Gillbergaskålen). I A. Lindh, R. Gorbatshev & P.H. Lundegårdh: Beskrivning till berggrundskartan över Värmlands län. Västra Värmlands berggrund. *Sveriges geologiska undersökning Ba 45:2*, 5–268.
- Lundegårdh, P.H., 1995: Beskrivning till berggrundskartan över Värmlands län. Östra och mellersta Värmlands berggrund. Fyndigheter av nyttosten och malm i Värmlands län. *Sveriges geologiska undersökning Ba 45:1*, 180 s.
- Lundegårdh, P.H., 1998: Förekomster av ilmenit och sulfidmalm i västra Värmland. I A. Lindh, R. Gorbatshev & P.H. Lundegårdh: Beskrivning till berggrundskartan över Värmlands län. Västra Värmlands berggrund. *Sveriges geologiska undersökning Ba 45:2*, 393–405.
- Lundegårdh, P.H., Lindh, A. & Gorbatshev, R., 1992: Berggrundskarta över Värmlands län, 1:250 000. *Sveriges geologiska undersökning Ba 45*.
- Magnusson, N.H., 1937: Den centralvärmländska mylonitzonen och dess fortsättning i Norge. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 59, 205–228.
- Magnusson, N.H. 1960: Age determinations of Swedish Precambrian rocks. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 82, 407–432.
- Magnusson, N.H. & Assarsson, G., 1929: Beskrivning till kartbladet Nyed. *Sveriges geologiska undersökning Aa 144*, 108 s.
- Magnusson, N.H. & von Post, L., 1929: Beskrivning till kartbladet Säffle. *Sveriges geologiska undersökning Aa 167*, 96 s.
- Magnusson, N.H. & Sandegren, R., 1933: Beskrivning till kartbladet Karlstad. *Sveriges geologiska undersökning Aa 174*, 118 s.
- Page, L.M., Stephens, M.B. & Wahlgren, C.-H., 1996: ⁴⁰Ar/³⁹Ar geochronological constraints on the tectonothermal evolution of the Eastern Segment of the Sveconorwegian orogen, south-central Sweden.

- IT.S. Brewer (red.): Precambrian crustal evolution in the North Atlantic region. *Geological Society Special publication 112*, 315–330.
- Persson, P.-O., Malmström, L. & Hansen, B.T., 1987: Isotopic datings of reddish granitoids in southern Värmland, south-western Sweden. *Geologische Rundschau* 76, 389–406.
- Persson, P.-O., Lindh, A., Schöberg, H., Hansen, B.T. & Lagerblad, B., 1995: A comparison of the geochronology and geochemistry of plagioclase-dominated granitoids across a major terrane boundary in the SW Baltic Shield. *Precambrian Research* 74, 57–72.
- Sandegren, R. & Johansson, H.E., 1920: Beskrivning till kartbladet Mässvik. *Sveriges geologiska undersökning Aa 148*, 44 s.
- Sandegren, R. & Magnusson, N.H., 1937: Beskrivning till kartbladet Forshaga. *Sveriges geologiska undersökning Aa 179*, 117 s.
- Sandegren, R., Högbom, A. & Svenonius, F., 1922: Beskrivning till kartbladet Väse. *Sveriges geologiska undersökning Aa 151*, 94 s.
- Söderlund, U., Jarl, L.-G., Persson, P.-O., Stephens, M.B. & Wahlgren, C.-H., 1999: Protolith ages and timing of deformation in the eastern, marginal part of the Sveconorwegian orogen, southwestern Sweden. *Precambrian Research* 94, 29–48.
- Söderlund, U., Isachsen, C., Bylund, G., Heaman, L., Patchett, P.J., Vervoort, J.D. & Andersson, U.B., 2005: U-Pb baddeleyite ages and Hf, Nd isotope chemistry constraining repeated mafic magmatism in the Fennoscandian Shield from 1.6 to 0.9 Ga. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 150, 174–194.
- Stephens, M.B., Wahlgren, C.-H. & Weihed, P., 1997: Sweden. I E.M. Moores & R.W. Fairbridge (red.): *Encyclopedia of European and Asian Regional Geology. Encyclopedia of Earth Sciences Series, Chapman & Hall*, 690–704.
- Stephens, M.B., Wahlgren, C.-H., Weijermars, R. & Cruden, A.R., 1996: Left-lateral transpressive deformation and its tectonic implications, Sveconorwegian orogen, Baltic Shield, southwestern Sweden. *Precambrian Research* 79, 261–279.
- Törnebohm, A.E., 1877: Om Sveriges viktigare diabas- och gabbroarter. *Kongliga Svenska Vetenskapsakademins Handlingar band 14, n:o 13*, 1–55.
- Wahlgren, C.-H. & Kähr, A.-M., 1977: Micro-lamprophyres in western Värmland, south-western Sweden. *GFF* 99, 291–295.
- Wahlgren, C.-H., Cruden, A.R. & Stephens M.B., 1994: Kinematics of a fan-like structure in the eastern part of the Sveconorwegian orogen, Baltic Shield, south-central Sweden. *Precambrian Research* 70, 67–91.
- Wahlgren, C.-H., Heaman, L.M., Kamo, S. & Ingvald, E., 1996: U-Pb baddeleyite dating of dolerite dykes in the eastern part of the Sveconorwegian orogen, south-central Sweden. *Precambrian Research* 79, 227–237.
- Welin, E., 1980: Tabulation of recalculated radiometric ages published 1960–1979 for rocks and minerals in Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 101, 309–320.
- Wilson, M.R. & Sundin, N.O., 1979: Isotopic age determinations on rocks and minerals from Sweden 1960–1978. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden* 16, 42 s.
- Zeck, H.P. & Malling, S., 1974: The Gillberga synform (Precambrian Basement, SW Värmland, Sweden); literature synopsis and preliminary notes on its re-interpretation. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 23, 159–174.
- Zeck, H.P. & Malling, S., 1976: A major global suture in the Precambrian basement of SW Sweden? *Tectonophysics* 31, T35–T40.
- Åhäll, K.-I. & Gower, C.F., 1997: The Gothian and Labradorian orogens: variations in accretionary tectonism along a late Paleoproterozoic Laurentia–Baltica margin. *GFF* 119, 181–191.
- Åhäll, K.-I. & Connelly, J.N., 2008: Long-term convergence along SW Fennoscandia: 330 m.y. of Proterozoic crustal growth. *Precambrian Research* 161, 452–474.

KARTOR OCH ÖVRIGA PUBLIKATIONER 2008–2009

Kartor

Ahl, M. & Kübler, L., 2008: Bergkvalitetskartan över Örebro, Kumla och del av Hallsbergs kommun, norra och södra delen, med beskrivning. *Sveriges geologiska undersökning K 122*.

Bergström, U., Göransson, M. & Shomali, H., 2008: Bergkvalitetskartan över Partille och Lerums kommuner med beskrivning. *Sveriges geologiska undersökning K 94*.

Bergström, U., Göransson, M. & Shomali, H., 2008: Bergkvalitetskartan över Härryda och Bollebygds kommuner med beskrivning. *Sveriges geologiska undersökning K 95*.

Claeson, D., Carlsäter, M., Antal Lundin, I. & Sukotjo, S., 2009: Bergkvalitetskarta över delar av Mjölby, Linköpings och Norrköpings kommuner med beskrivning, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 146*.

Delin, H. & Bastani, M., 2009: Berggrundskartan 11I Uppsala NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 145*.

Erlström, M., Sivhed, U., Persson, L. & Wickström, L., 2009: Beskrivning till regionala berggrundskartan över Gotlands län. *Sveriges geologiska undersökning K 221*, 60 s.

Göransson, M., Bastani, M. & Lundqvist, S., 2008: Bergkvalitetskartan över del av Österåkers kommun med beskrivning. *Sveriges geologiska undersökning K 125*.

Göransson, M., Bergström, U., Shomali, H., Claeson D. & Hellström, F., 2008: Beskrivning till bergkvalitetskartan över delar av Kungsbacka och Varbergs kommuner. *Sveriges geologiska undersökning K 96*, 37 s.

Göransson, M., Bergström, U., Shomali, H., Claeson D. & Hellström, F., 2008: Bergkvalitetskartan över del av Kungsbacka kommun. *Sveriges geologiska undersökning K 96:1*.

Göransson, M., Bergström, U., Shomali, H., Claeson D. & Hellström, F., 2008: Bergkvalitetskartan över del av Varbergs kommun. *Sveriges geologiska undersökning K 96:2*.

Hartvig, F. & Sträng, M., 2008: Bergkvalitetskartan över del av Värmdö kommun med beskrivning. *Sveriges geologiska undersökning K 124*.

Lundqvist, I., 2009: Berggrundskartan 5B Varberg NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 105*.

Lundqvist, I. & Kero, L., 2009: Beskrivning till berggrundskartan 5B Varberg NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 105*, 59 s.

Stephens, M.B., Ripa, M., Lundström, I., Persson, L., Bergman, T., Ahl, M., Wahlgren, C.-H., Persson, P.-O. & Wickström, L., 2009: Synthesis of the bedrock geology in the Bergslagen region, Fennoscandian Shield, south-central Sweden. *Sveriges geologiska undersökning Ba 58*, 259 s.

Thelander, T. & Johansson, R., 2009: Berggrundskartan 18E Hackås SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning K 138*.

Thelander, T., Persson, L. & Sträng, M., 2008: Bergkvalitetskartan över Södertälje och Nykvarns kommuner med beskrivning. *Sveriges geologiska undersökning K 126*.

Wik, N.-G., Claeson, D., Bergström, U., Hellström, F., Jelinek, C., Juhojuntti, N., Jönberger, J., Kero, L., Lundqvist, L., Sukotjo, S. & Wikman, H., 2009: Beskrivning till regional berggrundskarta över Kronobergs län. *Sveriges geologiska undersökning K 142*, 68 s.

Övriga publikationer

Externa och interna arbeten som medarbetare från berggrundsgruppen är delaktiga i.

Allen, R., Ripa, M. & Jansson, N., 2008. Palaeoproterozoic volcanic- and limestone-hosted Zn-Pb-Ag-(Cu-Au) massive sulphide deposits and Fe oxide deposits in Bergslagen, Sweden. *33 IGC excursion No 12*.

Andersson, J., Bingen, B., Cornell, D., Johansson, L., Söderlund, D. & Möller, C., 2008: The Sveco-norwegian orogen of southern Scandinavia: setting, petrology and geochronology of polymetamorphic high-grade terranes. *Excursion guide, 33 IGC excursion No 51, August 2–5, 2008*.

Appelquist, K., Eliasson, T., Bergström, U. & Rimša, A., 2009: The Palaeoproterozoic Malmbäck Formation in S Sweden: age, composition and tectonic setting. *GFF 13: 3, 229–243*.

Bergman, S., Högdahl, K., Nironen, M., Ogenhall, E., Sjöström, H., Lundqvist, L. & Lahtinen, R., 2008: Timing of Palaeoproterozoic intra-orogenic sedimentation in the central Fennoscandian Shield; evidence from detrital zircon in metasediments. *Precambrian Research 161, 231–249*.

Billström, K., Broman, C., Jonsson, E., Recio, C., Boyce, A.J. & Torssander, P., 2009: Geochronological, stable isotope and fluid inclusion constraints for a premetamorphic development of the intrusive-hosted Björkdal Au deposit, northern Sweden. *International Journal of Earth Sciences 98, 1027–1052*.

Bingen, B., Andersson, J., Söderlund, U., & Möller, C., 2008. The Mesoproterozoic in the Nordic countries. *Episodes 31, 29–34*.

Carlsten, S., Mattsson, K.-J., Strähle, A., Hultgren, P., Mattsson, H. & Wahlgren, C.-H., 2008: Oskarshamn site investigation. Geological single-hole interpretation of KLX15A, HLX30, HLX31 and HLX33. *SKB P-08-05, 42 s*.

Carlsten, S., Mattsson, K.-J., Strähle, A., Curtis, P., Thunhed, H. & Wahlgren, C.-H., 2008: Oskarshamn site investigation. Geological single-hole interpretation of KLX21B and HLX40. *SKB P-08-06, 32 s*.

Carlsten, S., Strähle, A., Mattsson, H. & Wahlgren, C.-H., 2008: Oskarshamn site investigation. Geological single-hole interpretation of KLX09B, KLX09C, KLX09D, KLX09E, KLX09F, KLX11B, KLX11C, KLX11D, KLX11E and KLX11F. *SKB P-08-20, 55 s*.

Carlsten, S., Mattsson, K.-J., Strähle, A., Mattsson, H. & Wahlgren, C.-H., 2008: Oskarshamn site investigation. Geological single-hole interpretation of KLX27A. *SKB P-08-48, 28 s*.

Delin, H. (red.), 2008: Berggrundsgeologisk undersökning. Sammanfattning av pågående verksamhet 2007. *Sveriges geologiska undersökning Rapport 2008:24*, 196 s.

Erlström, M., 2008: Kartläggning av möjligheter till koldioxidlagring i Sverige. Abstrakt. Elforskdagen 14 oktober 2008, www.elforsk.se.

Erlström, M., 2008: Lagring av koldioxid i djupa akvifärer. Lagringsmöjligheter i Sverige och Danmark. *Elforsk Rapport 08:84*, 54 s.

Erlström, M., 2009: Tectonic evolution and geological framework of Scania. *Sveriges geologiska undersökning Rapport 2009:10*, 36 s.

Erlström, M., Persson, L. & Wickström, L., 2008: Gotlands geologi. *Geoforum 57*, 54–55.

Follin, S., Stephens, M.B., Laaksoharju, M., Nilsson, A.-C., Smellie, J.A.T. & Tullborg, E.-L., 2008: Modelling the evolution of hydrochemical conditions in the Fennoscandian Shield during Holocene time using multidisciplinary information. *Applied Geochemistry 23*, 2004–2020.

Harrison, C., St-Onge, M., Strelnikov, S., Lopatin, B., Wilson, F., Bergman, S., Solli, A. & Jepsen, H., 2008: A new geological map of the Arctic. *International Geological Conference, nr. 33, Oslo*.

Harrison, J.C., St-Onge, M.R., Petrov, O., Strelnikov, S., Lopatin, B., Wilson, F., Tella, S., Paul, D., Lynds, T., Shokalsky, S., Hults, C., Bergman, S., Jepsen, H.F. & Solli, A., 2008: Geological map of the Arctic, scale 1:5 000 000. *Geological Survey of Canada, Open File 5816*.

Hellström, F. (red.), 2008: Results from radiometric datings and other isotope analyses 2. *Sveriges geologiska undersökning Rapport 2008:27*, 44 s.

Hellström, F., 2009: Geochronology and petrology of mafic dykes in the Idefjorden Terrane of the Sveconorwegian Orogen, south-west Sweden. *Thesis for Ph. Licentiate Degree. Earth Sciences Centre, University of Gothenburg, A121*, 21 s.

Hermansson, T. & Stephens, M.B. 2008: Integrated U/Pb and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology, and a conceptual model for tectonic developments in the Svecofennian orogen, central Sweden, from 1.91 to 1.84 Ga. I K. Ahlbom och M.B. Stephens (red.): Investigations of potential repository sites for spent nuclear fuel at Forsmark and Laxemar-Simpevarp, Sweden. *Abstracts, 33rd International Geological Congress, Oslo. SKB R-08-97*, 41.

Hermansson, T., Stephens, M.B. & Page, L., 2008: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ hornblende geochronology from the Forsmark area in central Sweden: Constraints on late Svecofennian ductile deformation and uplift. *Precambrian Research 167*, 303–315.

Hermansson, T., Stephens, M.B., Corfu, F., Page, L.M. & Andersson, J., 2008. Migratory tectonic switching, western Svecofennian orogen, central Sweden – constraints from U/Pb zircon and titanite geochronology. *Precambrian Research 161*, 250–278.

Hildebrand, L., Ripa, M., Reginiussen, H. & Göransson, M., 2009: Positive list för restmaterial. Inventering av befintligt material. *Uppdragsrapport till MinBas*.

Högdahl, K., Sjöström, H., & Bergman, S., 2009: Ductile shear zones related to crustal shortening and domain boundary evolution in the central Fennoscandian Shield. *Tectonics* 28, TC1003, doi:10.1029/2008TC002277.

Högdahl, K., Sjöström, H., Andersson, U.B. & Ahl, M. 2008: Continental margin magmatism and migmatization in the west-central Fennoscandian Shield. *Lithos* 102, 435–459.

Isaksson, H. & Stephens, M.B., 2008: Magnetic lineaments and their relationship to ductile structures and steeply dipping fracture zones at Forsmark, Fennoscandian Shield, Sweden. I K. Ahlbom och M.B. Stephens (red.): Investigations of potential repository sites for spent nuclear fuel at Forsmark and Laxemar-Simpevarp, Sweden. Abstracts, 33rd International Geological Congress, Oslo. *SKB R-08-97*, 38.

Jonsson, E. 2008: Epigenetic REE-U-Th-anomalous Fe oxide mineralisation in the Narken area, NE Sweden. *33rd International Geological Congress Oslo. Abstracts MRD-11*.

Jonsson, E. & Snäll, S., 2008: Utveckling och inarbetning av röntgendiffraktionsmetodik för haltbestämning av mineral genom Rietveldförfining med programvaran Topas R. *Sveriges geologiska undersökning Rapport 2008:23*, 35 s.

Jonsson, E. & Billström, K. 2009: Lead isotope systematics in the Långban deposit and adjacent sulphide mineralisations in western Bergslagen, Sweden. *GFF* 131, 215–227.

Lindström, S. & Erlström, M., 2008: Terrestrial and marine correlation and climate change of Jurassic-Cretaceous boundary strata. *The 33rd International Geological Congress, Oslo, 6-14 August 2008, Abstract No. 1352907*.

Lindström, S., Vosgerau, H., Piasecki, S., Nielsen, L.H., Dybkjaer, K. & Erlström, M., 2008: Ladinian palynofloras in the Norwegian-Danish Basin: a regional marker reflecting a climate change. *Geological Survey of Denmark Bulletin* 17, 21–24.

Lindström, S., Van de Schootbrugge, B., Dybkjaer, K., Richoz, S., Heunisch, C., Nielsen, L.H., Erlström, M., 2009: Variability of the organic C-isotope record across the Triassic–Jurassic boundary of the Danish and German basins. *Geophysical Research Abstracts*, 11, EGU2009-8940-1.

Mattsson, H., Stephens, M.B. & Wahlgren, C.-H., 2008: AMS data and their relationship to ductile deformation in Palaeoproterozoic crystalline bedrock at two sites in the Fennoscandian Shield, Sweden. I K. Ahlbom och M.B. Stephens (red.): Investigations of potential repository sites for spent nuclear fuel at Forsmark and Laxemar-Simpevarp, Sweden. Abstracts, 33rd International Geological Congress, Oslo. *SKB R-08-97*, 37.

Martinsson, O. & Bergman, S., 2008: Day 4: Regional geology of Norrbotten, Sweden, skarn iron ores and the Kiirunavaara apatite Fe-deposit. I V.J. Ojala & M. Iljina (red.): Metallogeny and tectonic evolution of the Northern Fennoscandian Shield. *33 IGC excursion No 15, August 15th-21st 2008*, 84–89.

Milnes, A.G., Stephens, M.B., Wahlgren, C.-H. & Wikström, L., 2008: Geoscience and high-level nuclear waste disposal: the Nordic scene. *Episodes* 31, 168–175.

Nordgulen, Ø., Saintot, A., Simeonov, A. & Stephens, M.B., 2008: Character, kinematics and conceptual model for deformation zones at Forsmark in the Fennoscandian Shield, Sweden. I K. Ahlbom och M.B. Stephens (red.): Investigations of potential repository sites for spent nuclear fuel at Forsmark and Laxemar-Simpevarp, Sweden. *Abstracts, 33rd International Geological Congress, Oslo. SKB R-08-97*, 37.

Persson, L., Erlström, M., Bastani, M. & Pedersen, L.B., 2008: Airborne VLF measurement over the island of Gotland, Sweden. *5th International Conference on Airborne Electromagnetics Haikko Manor, Finland, 28 – 30 May 2008*.

Petersson, J., Sandström, B. & Stephens, M.B., 2008: Hydrothermal alteration in Palaeoproterozoic metagranite, Forsmark, Sweden and its implications for the characterization of a site for the disposal of nuclear waste. I K. Ahlbom och M.B. Stephens (red.): Investigations of potential repository sites for spent nuclear fuel at Forsmark and Laxemar-Simpevarp, Sweden. *Abstracts, 33rd International Geological Congress, Oslo. SKB R-08-97*, 49.

Sadeghi, M., 2008: Predictive prospectivity mapping of Volcanic Massive Sulphide (VMS) potential in the Skellefte district. *Sveriges geologiska undersökning Rapport 2008:30*, 122 s.

Sadeghi, M. & Carranza, E.J.M., 2008. Knowledge-driven fuzzy logic in VMS prospectivity mapping in the Skellefte district, northern Sweden: abstract. *The 33rd IGC international geological congress Oslo, August 6-14, 2008*.

Sadeghi, M. & Carranza, E.J.M. 2008: VMS prospectivity mapping in the Skellefte district, northern Sweden: abstract. *The 33rd IGC international geological congress Oslo, August 6-14, 2008*.

Sadeghi, M. & Carranza, E.J.M., 2009: Spatial analysis of controls on VMS mineralization, Skellefte district, Sweden. I P.J. Williams m.fl.(red.): Smart Science for exploration and mining. *The 10th Biennial Meeting of The Society for Geology Applied to Mineral Deposits (SGA)*, 845–847.

Stölen, L.K., Ahl, M., Holmberg, J & Lindberg, T., 2008: The Swedish part of the geological map of the Fennoscandian Shield database as a contribution to OneGeology. *Proceedings from the 33rd IGC International Geological Congress, Oslo*.

Sadeghi, M. & Carranza, E.J.M., 2009: Prospectivity for undiscovered VMS deposits in the Skellefte district, Sweden. *Ore Geology Review Journal (accepted)*.

SKB, 2009: Site description of Laxemar at completion of the site investigation phase SDM-Site Laxemar. *SKB TR-09-01*, 644 s. (under tryckning).

Stephens, M.B. & Simeonov, A., 2008: Deformation zones and fracture domains at Forsmark, Sweden: A basis for hydrogeological and hydrogeochemical modelling. I K. Ahlbom och M.B. Stephens (red.): Investigations of potential repository sites for spent nuclear fuel at Forsmark and Laxemar-Simpevarp, Sweden. *Abstracts, 33rd International Geological Congress, Oslo. SKB R-08-97*, 22.

Stephens, M.B. & Wahlgren, C.-H., 2008: Bedrock evolution. I B. Söderbäck (red.): Geological evolution, palaeoclimate and historical development of the Forsmark and Laxemar-Simpevarp areas. Site descriptive modelling SDM-Site. *SKB R-08-19*, 25–88.

Stephens, M.B., Wahlgren, C.-H. & Hermansson, T., 2008: Structural framework, tectonic cycles and conceptual model for the tectonic evolution of the Fennoscandian Shield in south-eastern Sweden between 1.91 and 1.75 Ga. *IK. Ahlbom och M.B. Stephens (red.): Investigations of potential repository sites for spent nuclear fuel at Forsmark and Laxemar-Simpevarp, Sweden. Abstracts, 33rd International Geological Congress, Oslo. SKB R-08-97, 35.*

Stephens, M.B., Simeonov, A. & Isaksson, H., 2008: Bedrock geology Forsmark: Modelling stage 2.3. Implications for and verification of deterministic geological models based on complementary data. *SKB R-08-64, 125 s.*

Stephens, M.B., Isaksson, H., Bergman, T. & Petersson, J., 2008: Bedrock geology Forsmark: Modelling stage 2.3. Description of the bedrock geological map at the ground surface. *SKB R-08-128, 63 s.*

Sundberg, A., Bergman, S. & Wik, N.-G., 2008: Karbonatstensförekomster i Mellansverige. *Sveriges geologiska undersökning Uppdragsrapport 2008-09-01, dnr: 08-973/2008.*

Sundblad, K. & Ahl, M., 2008: .Metallogeny of Indium in the Svecofennian Domain. *Proceedings from the 33rd IGC International Geological Congress, Oslo.*

Svedlund, J.-O. & Hellström, F., 2009: Djupvittråd berggrund och lokala blockanhopningar i Filipstadsområdet. *Sveriges geologiska undersökning Rapport 2009:06, 20 s.*

Söderlund, U., Hellström, F. & Kamo, S., 2008: Geochronology of high-pressure mafic granulite dykes in SW Sweden: tracking the P–T–t path of metamorphism using Hf isotopes in zircon and baddeleyite. *Journal of Metamorphic Geology 26, 539–560.*

Söderlund, P., Hermansson, T., Page, L. & Stephens, M.B., 2009. Low-temperature $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronological constraints on the post-Svecofennian tectonothermal evolution, western part of the Fennoscandian Shield. *International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau) 98, 1835–1851.*

Viola, G., Venvik Ganerød, G. & Wahlgren, C.-H., 2009: Unraveling 1.5 Ga of brittle deformation history in the Laxemar-Simpevarp area, southeast Sweden: A contribution to the Swedish site investigation study for the disposal of highly radioactive nuclear waste. *Tectonics 28, TC5007, doi:10.1029/2009TC002461.*

Wahlgren, C.-H. & Curtis, P., 2008: Geological evolution, characterization and 3D modelling of the Palaeoproterozoic crystalline bedrock at the Laxemar-Simpevarp site, Sweden. *IK. Ahlbom och M.B. Stephens (red.): Investigations of potential repository sites for spent nuclear fuel at Forsmark and Laxemar-Simpevarp, Sweden. Abstracts, 33rd International Geological Congress, Oslo. SKB R-08-97, 36.*

Wahlgren, C.-H., Curtis, P., Hermanson, J., Forssberg, O., Öhman, J., Fox, A., La Pointe, P., Drake, H., Triumf, C.-A., Mattsson, H., Thunehed, H. & Juhlin, C., 2008: Geology Laxemar. Site descriptive modelling SDM-Site Laxemar. *SKB R-08-54, 410 s.*

Wik, N.-G., Albrecht, L., Bergman, S., Kübler, L. & Sundberg, A., 2009: Malmer, industriella mineral och bergarter i Gävleborgs län. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 130, 310 s.*

