SAMMANFATTNING AV PÅGÅENDE VERKSAMHET 2010

Berggrundsgeologisk undersökning

Sven Lundqvist (red.)

november 2011

SGU-rapport 2011:6



SGU
Sveriges geologiska undersökning
Geological Survey of Sweden

Närmare upplysningar erhålls genom
Sveriges geologiska undersökning
Box 670
751 28 Uppsala
Tel: 018-17 90 00
Fax: 018-17 92 10
E-post: kundservice@sgu.se
Webbplats: www.sgu.se

Omslagsbild: Vy från Guddunjaure (norr om Arjeplog) mot nordväst. Bergknallarna i mellangrunden tillhör urberget. I bakgrunden skymtar den snötäckta fjällberggrunden. Foto: Benno Kathol.

© Sveriges geologiska undersökning, 2011
Layout: Jeanette Bergman Weihed, SGU

INLEDNING

I denna skrift presenteras sammanfattningar av de fältarbeten och övriga undersökningar som utfördes under fältsäsongen 2010 inom SGUs berggrundsgeologiska undersökningsverksamhet. Syftet är att kontinuerligt informera om karteringsläget och att presentera preliminära resultat efter hand som undersökningarna fortskrider. Detta gör att informationen snabbare kan nå användarna och komma till nytta.

Rapporteringen startade med 1994 års fältarbeten och detta är den sextonde 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 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.

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 som visar pågående projekt finns på sid. 4. Under 2010 utfördes fältarbeten inom sju berggrundsgeologiska projekt, varav fem är redovisade i föreliggande rapport. Av de övriga två kommer det ena projektet att slutlevereras och publiceras under 2011, medan det andra kommer att redovisas i kommande rapportvolym under 2012.

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.

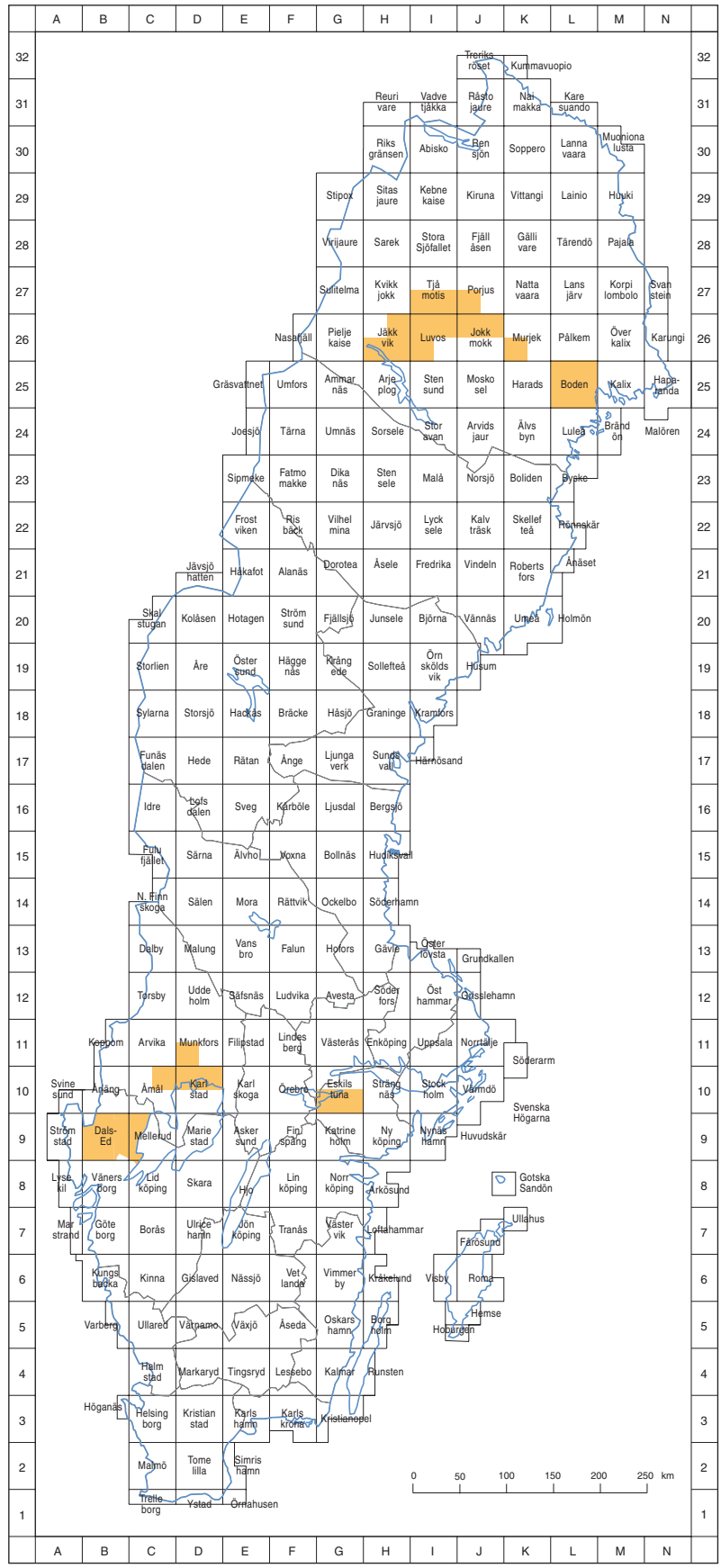
INTRODUCTION

This volume provides summaries of predominantly field activities carried out during the summer of 2010 within the Geological Survey of Sweden's (SGU) programme for bedrock mapping. The report series aims to present the status of bedrock map production at SGU 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 work of 1994 and the present one is the sixteenth volume. The field work of the year 2008 was 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 the map on page 4. Bedrock mapping has been performed within seven projects, of which five are reported in this volume. Of the other two projects, one will be prepared for final delivery during 2011, and one will be reported in a forthcoming volume in this series. 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.

Sven Lundqvist
Statsgeolog
State Geologist



Pågående karteringsprojekt som beskrivs i denna rapport.

Ongoing mapping projects described in this report.

INNEHÅLL

Dals Ed–Mellerud, berg **7**
Bakgrund 8
Resultat från fältarbetet 2010 8
Regional geologi och geofysik 8
Bergartsbeskrivning 14
Lokala geofysiska uppföljningsmätningar 23
Referenser 28

Eskilstuna, berg **30**
Tidigare geologiska och geofysiska arbeten 30
Bergrundsgeologi 31
Metodik och nomenklatur 31
Bergarter inom det nykarterade området 31
Deformation och strukturer 35
Mineraliseringar, industrimineral och bergtäkter 35
Referenser 36

Boden–Jäkkvik, berg **37**
Kartområdet 26H Jäkkvik 39
Berggrunden 39
Tidigare geologiska arbeten 41
Tidigare och pågående geofysiska arbeten 41
Dateringsresultat 41
Resultat från karteringen 2010 av Fennoskandiska skölden 42
Resultat från undersökningen 2010 av fjällberggrunden 47
Geofysik 51
Mineraliseringar 55
Kartområdet 25L Boden SV och SO 57
Berggrunden 57
Tidigare geofysiska arbeten 64
Magnetfältet, tyngdkraftsfältet och gammastrålningen 65
Mineraliseringar 67
Referenser 67

Karlstad, berg och bergkvalitet **70**
Geologiska undersökningar 71
Kartområdet 10C Åmål NO 71
Kartområdet 11D Munkfors SV 73
Kartområdet 10D Karlstad NO 77
Geofysiska undersökningar 77
Kartområdet 10C Åmål NO 77
Kartområdet 10D Karlstad NV och SV 79
Strukturgeologisk studie i Kristinehamns- och Ölme–Väse–
Lunnervikenområdena (10E Karlskoga NV och 10D Karlstad NO) 80
Geokronologiska undersökningar 82
Bergkvalitetsundersökningar 82
Referenser 84

Sydvästra Norrbotten, berg **86**
Kartområdet 27I Tjåmotis SV och SO 87
Ytbergarter 87
Djupbergarter 90
Strukturer, deformation och metamorfos 92
Naturresurser 92
Kartområdet 26I Luvos 94
Berggrundsöversikt 94
Strukturer 99
Mineraliseringar 100
Referenser 103

Dals Ed–Mellerud, berg

Ulf Bergström, Thomas Eliasson, Johan Jönberger, Lutz Kübler, Lena Lundqvist, Per Nysten & Karin Rasmussen.

Projektet ”Dals Ed–Mellerud, berg” startade våren 2009. Det ingår i SGUs reguljära kartläggning av berggrunden i prospekteringsintressanta områden. Projektets syfte är att ta fram berggrundsgeologisk information som underlagsmaterial till bland annat kommuner, länsstyrelse och prospekteringsföretag. Informationen omfattar berggrundsgeologiska kartdata, dokumentation av fältobservationer, bestämning av utvalda bergarters ålder och mineralsammansättning, geokemiska analyser, mineralfyndigheter, bestämning av petrofysiska parametrar som densitet och magnetisk susceptibilitet, samt geofysiska markmätningar av bergarternas strålningsegenskaper.

I ett inledande skede planerades projektområdet att omfatta ett ca 3 285 km^2 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 (Bergström m.fl. 2010). Efter en revidering av projektplanen så omfattar det nuvarande projektområdet ca 1 715 km^2, motsvarande den östra delen av det ursprungliga området. Det nya projektområdet omfattar den mest prospekteringsintressanta delen av Dalsland, och ligger inom Åmåls, Bengtfors, Eds, Färgelandas och Melleruds kommuner (fig. 1). Projektet avslutas under 2012. Ursprungligt och nuvarande projektområde samt genomförd kartläggning redovisas i figur 1.

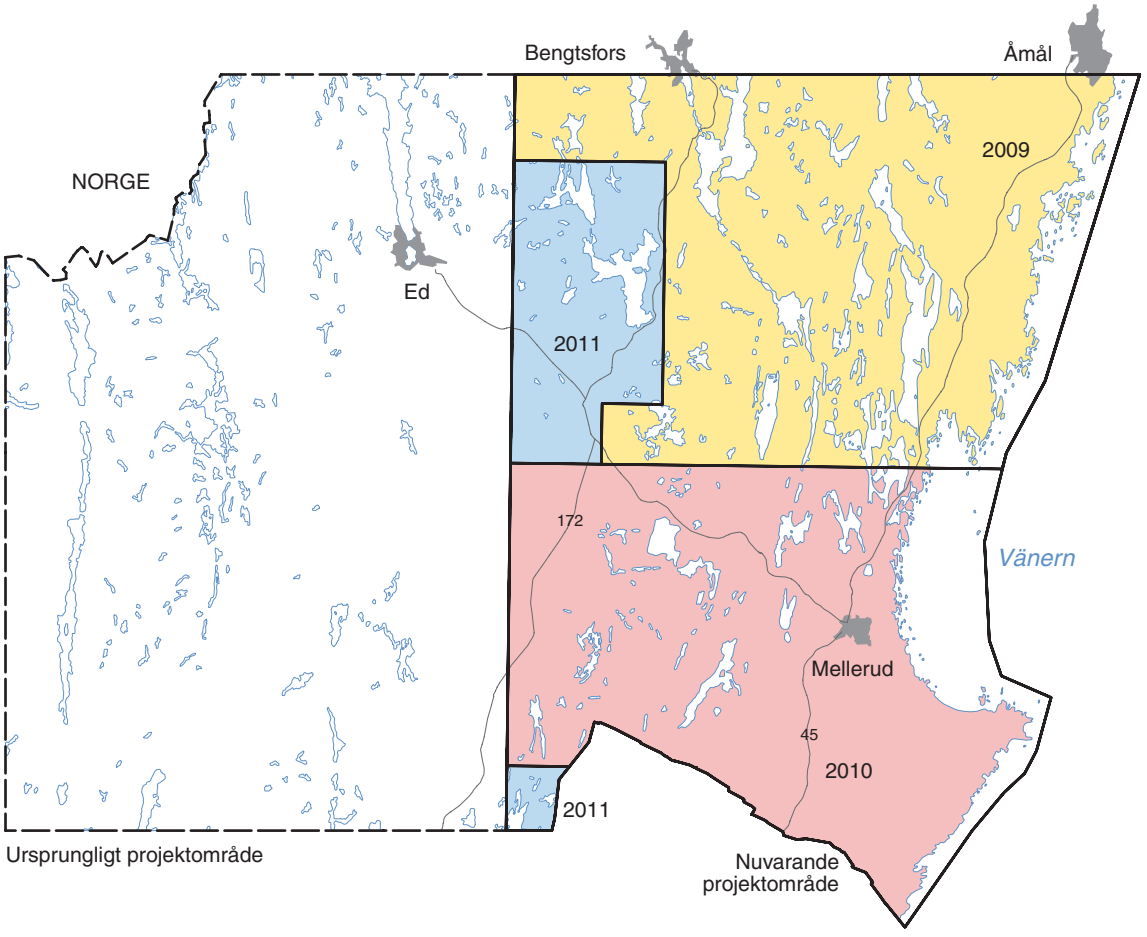


Fig. 1. Projektområdet för ”Dals Ed–Mellerud, berg” med nuvarande och ursprunglig yta med genomförda och planerade fältundersökningar.

BAKGRUND

Regional berggrundsinformation med tillhörande beskrivning inklusive en dokumentation av malmförekomster finns för projektområdet (Wik m.fl. 2002). Äldre kartläggning av SGU finns i skala 1:50 000 över de östra delarna av projektområdet: kartbladen Aa 34 Åmål (Törnebohm 1870a), Aa 35 Baldersnäs (Hummel & Erdmann 1870), Aa 36 Vingershamn (Törnebohm 1870b), Aa 37 Upperud (Törnebohm 1870c), Aa 38 Degeberga (Karlsson 1870) och Aa 39 Rådanefors (Karlsson & Wahlqvist 1870). Söder om projektområdet genomförde SGU i början av 2000-talet en berggrundskartering (Lundqvist m.fl. 2003), inklusive den del av kartområdet 9B Dals Ed SO, som inte omfattas av det aktuella projektet.

Hela projektområdet är täckt med geofysiska flygmätningar (magnetfält, elektromagnetiskt fält och gammastrålningsinformation). Modern tvåvägs-VLF finns tillgängligt för hela området. Moderna tyngdkraftsdata har arbetats fram under 2008 och 2009.

En regional jordartsundersökning genomfördes av SGU under början av 2000-talet, vilket inkluderar ett hällunderlag i regional skala.

Periodvis har prospektering efter olika mineral bedrivits i Dalsland och ett flertal detaljundersökningar finns beskrivna i SGUs serie BRAP och i SGABs serie PRAP. Bland andra malmrelaterade studier finns t.ex. Johansson (1985) och Alm (2000).

RESULTAT FRÅN FÄLTARBETET 2010

Under fältsäsongen 2010 kartlades ca 740 km^2 i de södra delarna av projektområdet. Undersökningen innefattar dokumentation av ca 950 observerade hällar och mätning av gammastrålning på ca 145 lokaler. Cirka 40 prover har provtagits för geokemisk analys och ca 120 för petrofysisk undersökning. Fyra lokaler har provtagits för åldersbestämning. Medverkande i fältarbetet har varit Ulf Bergström, Thomas Eliasson, Johan Jönberger, Lutz Kübler och Lena Lundqvist. Per Nysten och Karin Rasmussen har varit extrageologer och extrageofysiker. En översiktlig sammanställning av geologin inom projektområdet finns redovisad i figur 2. Genomförda åldersbestämningar med U-Pb-metoden på zirkon är också redovisade i figur 2.

Regional geologi och geofysik

De generella dragen i Dalslands geologi, observerade under 2009 (Bergström m.fl. 2010), fortsätter söderut in i det område som undersöktes i fält 2010 (fig. 1). Berggrunden inom projektområdet ligger i sin helhet i den så kallade Idefjordenterrängen vilken utgör en del av den Svekonorvegiska provinsen. Den geologiska utvecklingen ryms inom åldersintervallet 1,65 till 0,9 miljarder år. Bergarterna uppträder längs nord–sydliga strukturer, sannolikt bildade under den svekonorvegiska bergskedjeveckningen för ca 1 000 miljoner år sedan.

De äldsta bergarterna i projektområdet är de vulkaniska och sedimentära bergarterna i Åmålgruppen och Kappeboformationen, som intruderas av två generationer djupbergarter. Den äldre generationen består av två åldersmässigt separerade magmatiska pulser, Göteborgssviten (1,63–1,60 miljarder år) respektive Hisingensviten (1,59–1,52 miljarder år, Åhäll & Connelly 2008). Varje svit är mycket heterogen med avseende på utseende, sammansättning och petrologiska associationer och sviterna är svåra att skilja från varandra i fält. En viktig skillnad är att Göteborgssviten är åldersmässigt associerad till Åmålgruppen, medan Hisingensviten saknar vulkanisk komponent.

Den yngre granitgenerationen (Holme 2001) uppträder som distinkta plutoner i ett bälte från Göteborgstrakten till Värmland. Dessa graniter visar i varierande grad sammansättningsvariationer och strukturell överprägling och även dessa graniter kan vara svåra att skilja från de äldre granitenheterna i fält.

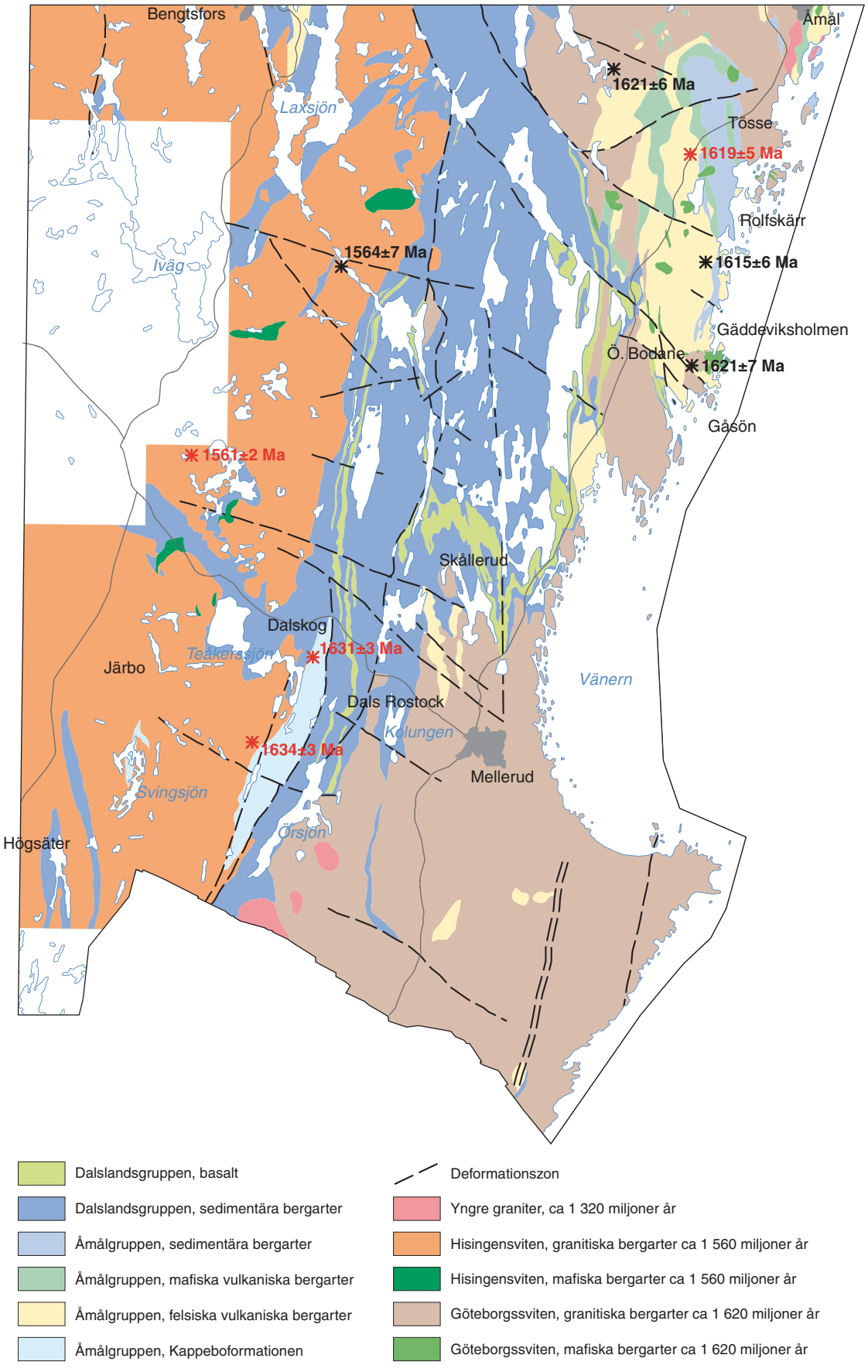


Fig. 2. Regional geologisk kartbild över projektområdet ”Dals Ed–Mellerud, berg”. Bilden visar preliminära resultat av undersökningsarbeten inom detta projekt. Åldersbestämningar med U-Pb-metoden i mineralet zirkon: dateringar utförda inom detta projekt har svart text, dateringar redovisade av Åhäll & Connelly (2008) har röd text.

Centralt i projektområdet förekommer den så kallade Dalslandsgruppen, som består av unga sedimentära bergarter, som kvartsit, skiffer och arkos, samt av inlagrade basaltiska vulkaniter. Göteborgssvitens granitiska bergarter och spridda förekomster av Åmålgruppens vulkaniter förekommer öster om Dalslandsgruppen, medan Hisingensvitens granitiska bergarter återfinns väster om Dalslandsgruppen (fig. 2). I de västra delarna av projektområdet finns här bevarade rester av Kappeboformationens sedimentära och vulkaniska bergarter.

Dalslandsgruppens bergarter uppvisar en tydligt magnetiskt strukturerad anomalibild (fig. 3), förorsakad dels av primärstrukturer, dels av deformation. Inlagrade basaltlavor har en karaktäristisk hög magnetisering, med susceptibilitetsvärden upp till $20\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter. Yngre sedimentära bergarter i Dalslandsgruppen ligger flackt på basaltlavorna vilket syns både på den magnetiska anomalikartan och på kartan över tyngdkraftens residualfält (fig. 3 resp. fig. 4). I Dalslandsgruppens södra delar markerar den högmagnetiska basalten tydligt veckningen, med flackt lutande veckaxlar, som har drabbat hela gruppen. På grund av veckningen är magnetfältet förhöjt även in mot de centrala delarna av Dalslandsgruppen, trots att den magnetiska susceptibiliteten hos de sedimentära bergarterna generellt är mycket låg. På tyngdkraftskartan sammanfaller basaltens läge med ett u-format massöverskott. Tyngdkraftskartan indikerar också att massöverskottet fortsätter en bra bit norrut, in över den södra, centrala delen av Dalslandsgruppen.

Omgivande äldre granitbergarter varierar generellt lite med hänsyn till både magnetiska och radiometriska egenskaper, med undantag för bergarterna närmast Vänerkusten. De associerade vulkaniska och sedimentära bergarterna i Åmålgruppen och Kappeboformationen har ganska varierande magnetiska egenskaper. Bland annat förekommer andesitiska till basaltiska lavor med högmagnetisk signatur.

Den vulkanitdominerande berggrunden vid Tösse består av olika typer av ytbergarter, som snabbt kan variera med avseende på sammansättning och utseende. Enligt tyngdkraftskartan finns det ett utpräglat massöverskott som sträcker sig från den norra kanten av projektområdet vidare söderut mot Östra Bodane. Det här tyder på att de felsiska vulkaniter som är blottade här når ett relativt ringa djup i jordskorpan och underlagras av mer mafiska bergartsled.

Mellan sjöarna Iväg och Laxsjön i den nordvästra delen av projektområdet syns ett utpräglat massunderskott på tyngdkraftskartan. Bergarterna i området utgörs främst av graniter och kvartsmonzoniter tillhörande Hisingensviten och sedimentära bergarter tillhörande Dalslandsgruppen, som sannolikt når ett betydande djup. Vid projektområdets västra gräns syns ett utpräglat massöverskott som till stora delar sammanfaller med ett homogent, lågmagnetiskt område. Eftersom de södra delarna av det här området består av granit så är det sannolikt att de underlagras av tyngre, mafiska bergarter. De centrala delarna av massöverskottet återstår att kartera inom projektet.

I Dalslandsgruppen kan man se flackt liggande överskjutningar, ungefärligt nord–sydlig veckning med flacka veckaxlar samt nord–sydligt och nordväst–sydostligt orienterade tektoniska zoner som olika komponenter av den Svekonorvegiska tektoniken. De mest framträdande deformationszonerna i projektområdets norra del sträcker sig i nordväst–sydostlig riktning och syns tydligt på magnetfältskartan (fig. 3) och kartan som visar markens elektriska ledningsförmåga (fig. 5). I projektområdets sydligaste del stryker de magnetiska strukturerna i sydväst–nordostlig riktning, för att längre norrut bli mer nord–sydligt orienterade.

En dominant svekonorvegisk struktur är den så kallade Kroppefjällsförkastningen som kan följas på magnetfältskartan i ungefär nord–sydlig riktning genom hela Dalslandsgruppens utsträckning. Förkastningen utgör en skarp diskordans där den och parallella anomalistråk i Kappebo- och Dalslandsformationerna väster om Örsjön skär över Dalslandsgruppen och Göteborgssvitens graniter på östra sidan sjön. Förkastningen framträder även väl på kartan som visar markens elektriska ledningsförmåga och i terrängen. Det magnetiska anomalimönstret, som skärs av Kroppefjällszonen, orsakas bland annat av storveckade lager av högmagnetiska, mafiska vulkaniter som kan ses i häll på flera platser sydöst om Örsjön, men också av den varierande magnetisk signatur som visas av den grovporfyriska graniten (”ögongnejsen”) i området. Det magnetiska mönstret på anomalibilden kompliceras

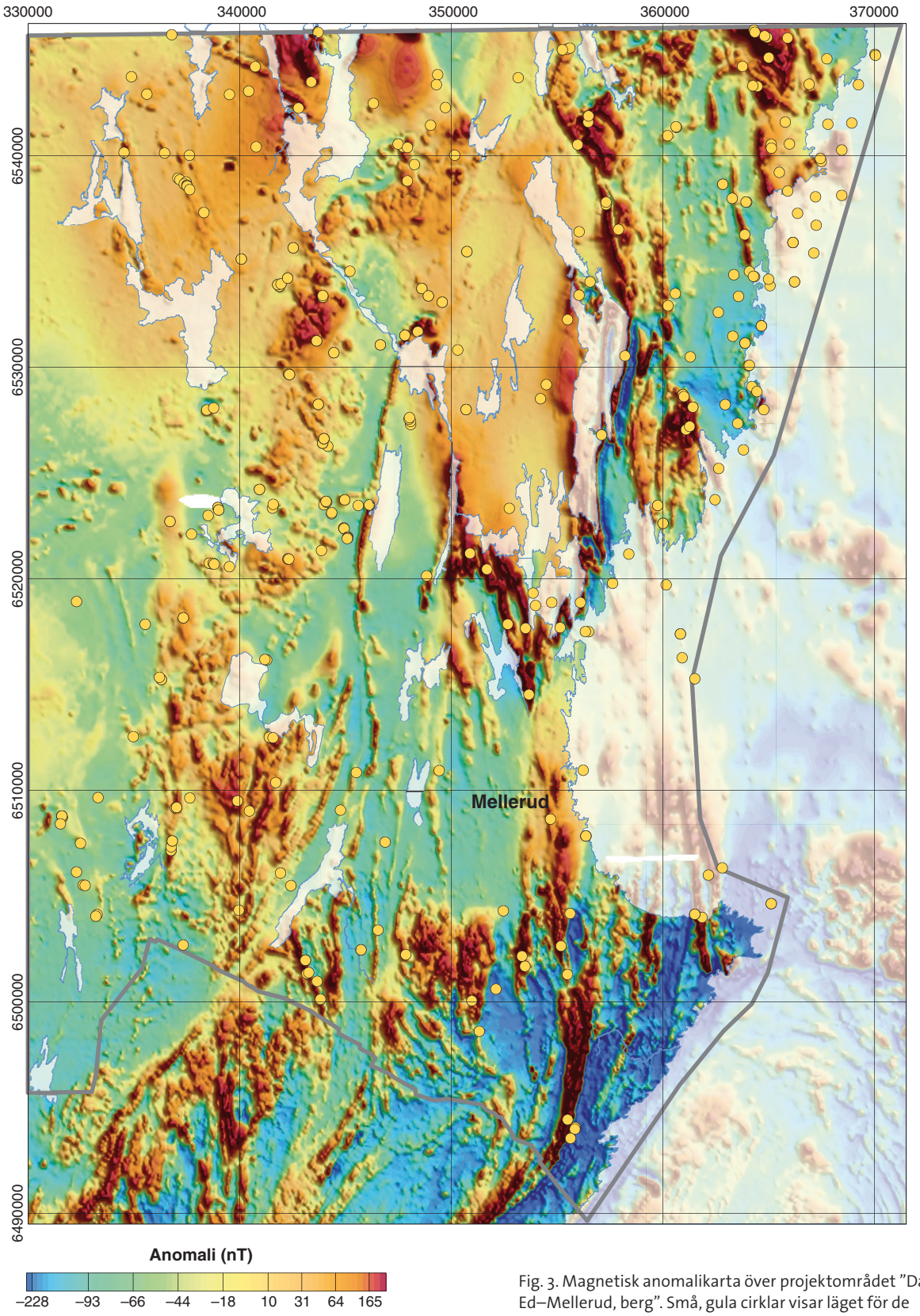


Fig. 3. Magnetisk anomalikarta över projektområdet ”Dals Ed–Mellerud, berg”. Små, gula cirklar visar läget för de lokaler där strålningsmätning eller provtagning för petrofysiska analyser har gjorts under 2009 och 2010.

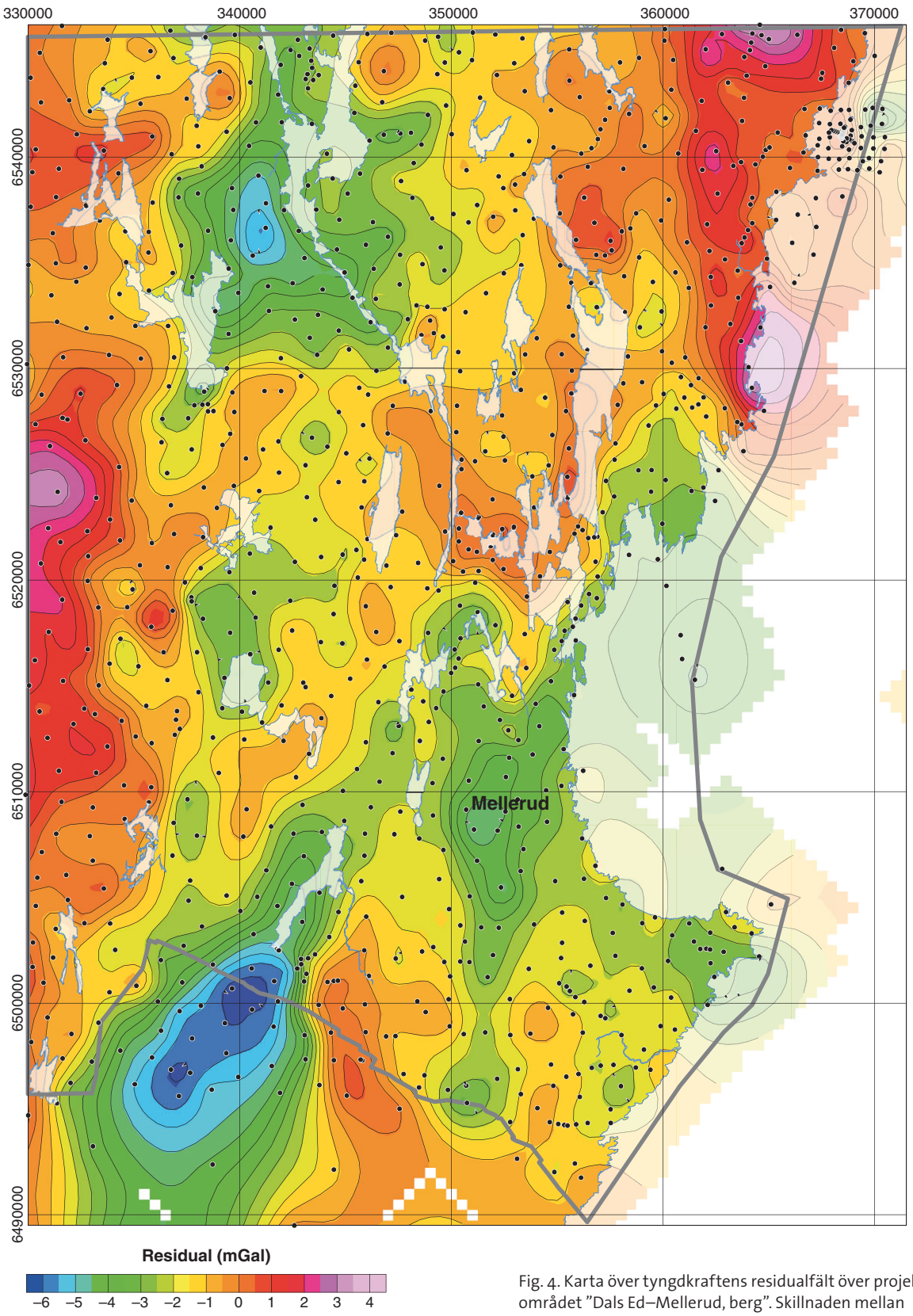


Fig. 4. Karta över tyngdkraftens residualfält över projektområdet ”Dals Ed–Mellerud, berg”. Skillnaden mellan konturlinjerna är 0,5 mGal. Små, svarta prickar visar läget för tyngdkraftsmätning.

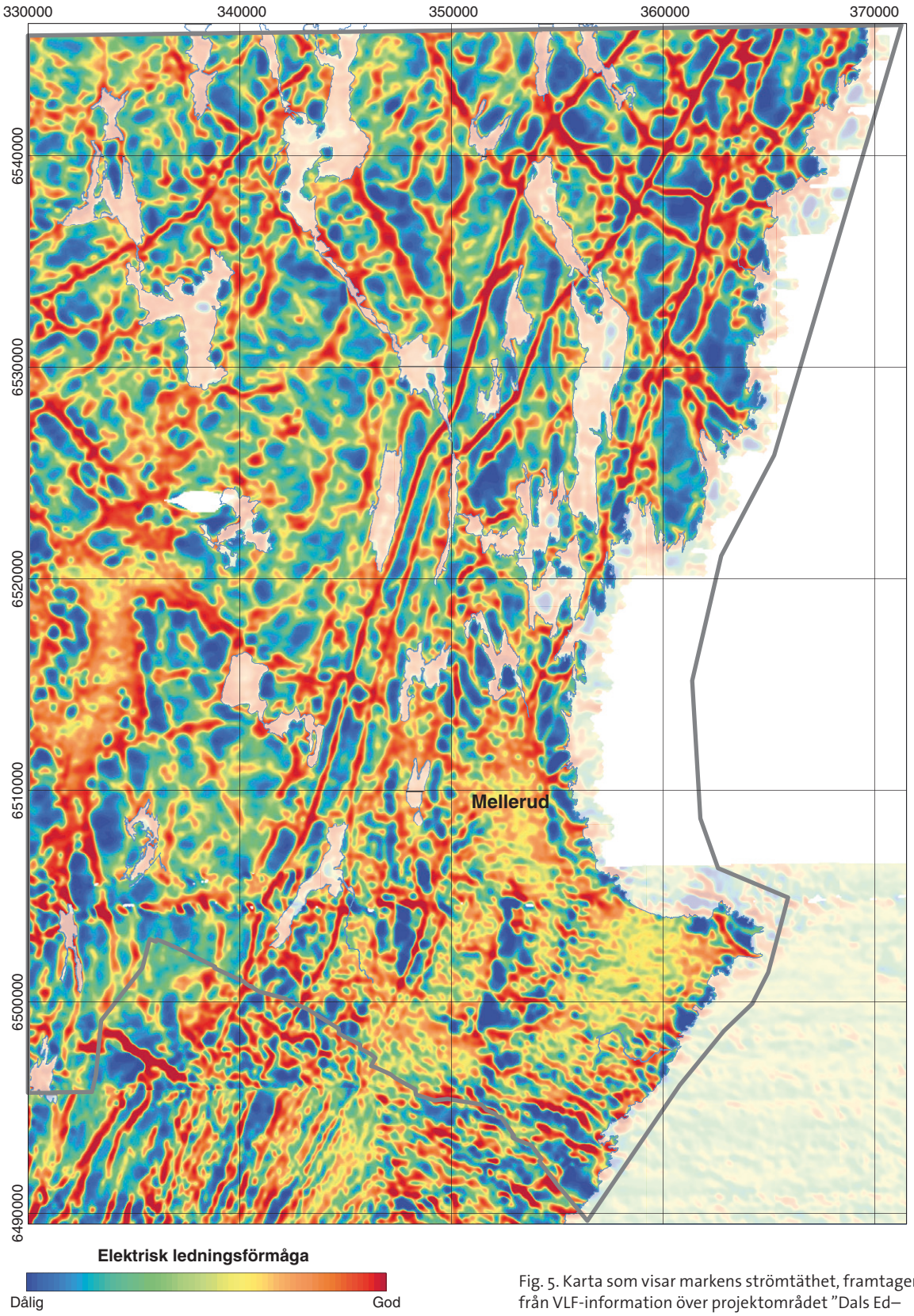


Fig. 5. Karta som visar markens strömtäthet, framtagen från VLF-information över projektområdet ”Dals Ed–Mellerud, berg”. Röd färg visar goda elektriska ledare.

av den åt söder förekommande Hästefjordsplutonen, som uppvisar en bård av magnetiska (och andra geofysiska) anomalier längs sin ytterkant.

Bergartsbeskrivning

Åmålgruppen

I Tösseområdet, beläget i de nordöstra delarna av projektområdet, förekommer texturellt välbevarade vulkaniska och sedimentära bergarter av varierande sammansättning, som ingår i den så kallade Åmålgruppen. Åmålgruppens vulkaniter uppvisar tre distinkta sammansättningsgrupper: ryolit, dacit och basalt till andesit (fig. 6a). Alla tre grupperna kännetecknas av höga kaliumhalter. Vulkaniska texturer visar att bergarterna bildats som lavor eller intrusioner, eller fragmentförande, askhaltiga vulkaniska bildningar (vulkanoklastiter). Generellt gäller att de vulkaniska bildningarna har avsatts på land (det

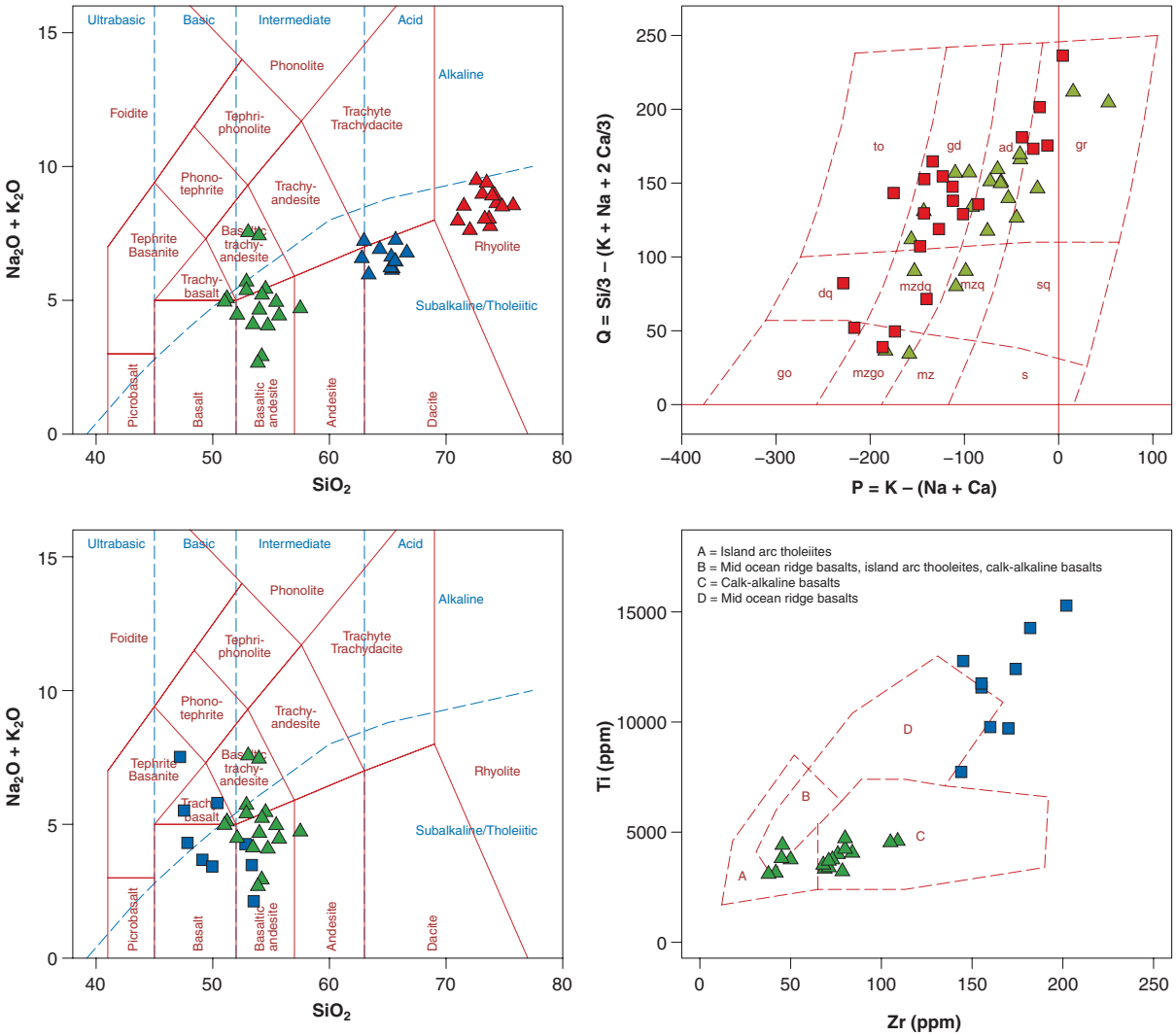


Fig. 6. Geokemiska analysresultat från bergarterna i projektområdet. **A.** TAS-diagram (Le Bas m.fl. 1986) för vulkaniska bergarter i Åmålgruppen, andesit till basalt, (gröna trianglar), dacit (blå trianglar) och ryoliter (röda trianglar). **B.** P-Q-diagram (Debon & Le Fort 1986) för bergarter i Göteborgs- (bruna trianglar) och Hisingenenheterna (röda rektanglar). Go=gabbro, mzgo=monzogabbro, mz=monzonit, s=syenit, dq=kvartsdiorit, mzdq=kvartsmonzodiorit, mzq=kvartsmonzonit, sq=kvartssyenit, to=tonalit, gd=granodiorit, ad=adamellit (monzogranit), gr=granit. **C.** TAS-diagram (Le Bas m.fl. 1986) för basiska vulkaniska bergarter i Åmålgruppen (gröna trianglar) och Dalslandsgruppen (blå kvadrater). **D.** Tektoniskt diskrimineringsdiagram enligt Pearce & Cann (1973) för basiska vulkaniska bergarter i Åmålgruppen (gröna trianglar) och Dalslandsgruppen (blå kvadrater). Medan Åmålgruppen bildats i en subduktionsrelaterad miljö är Dalslandsgruppens basalter bildade i en extensionsrelaterad, kontinental miljö.

finns ignimbriter) eller på grunt vatten (vulkaniska sandstenar med graderad skiktning). Inga större tecken på hydrotermal omvandling har noterats. Vulkaniska bergarter av liknande typ fortsätter som små, isolerade förekomster i Tössebältets förlängning åt söder. Bergarter som fältspatsandsten och kvartsit har bildas av sediment som avsatts under vulkanismens senare skede och samtidigt som vulkanismen.

En kvartsporfyrisk ryolit (IML092027, 6532993/363436) har blivit daterad inom projektet och fått en ålder på 1 615±6 miljoner år, vilket ligger väl i linje med tidigare åldersbestämningar av Åmålgruppens bergarter i området (Lundqvist & Skiöld 1993, Åhäll & Connelly 2008). Denna bergart är en del av en lokal stratigrafi dominerad av ryolitiska vulkaniter, som till stor del tolkas ha varit lavor, vilket antyder en bildningsmiljö i ett centralt, kraternära läge.

Vid Tösse finns en skärgård där mycket välbevarade bergartsled i Åmålgruppen kan studeras. Här exponeras Åmålgruppens stratigrafiskt översta delar som innehåller sedimentära bergarter av olika karaktär, samt även breccior och konglomerat som innehåller klaster av graniter (fig. 7a). Fältspatsandstenar dominerar formationen, men vid flera lokaler ingår ett ryolitiskt askmaterial (rödfärgat, mycket finkornigt och homogent, fig. 7b), vilket kan tolkas som att den ursprungliga sedimentbassängen utgjort ett mer distalt, grundmarint läge som fyllts på genom vulkanutbrott från de mer kraternära miljöerna åt väster. Längre åt söder vid Rolfskärr och Ustön, domineras den sedimentära formationen av kvartsit, vilket indikerar en mer mogen deltamiljö. Vidare åt söder, t.ex. vid Gäddeviksholmen, har den sedimentära formationen ett markant innehåll av ett omlagrat andesitiskt material (fig. 7c). I denna vulkanogena och sedimentära formation uppträder ryolitiska till dacitiska lavor eller intrusioner, både



Fig. 7. Vulkaniska och sedimentära bergarter tillhörande Åmålgruppen i projektområdet. Koordinater i SWEREF99 TM. **A.** Breccia, polymikt med ryolit och granitklaster. Trollholmarna (UJB100033, 6544590/369968). **B.** Ryolitisk inlagring i fältspatsandsten. Sandön (UJB100038, 6541363/368955). **C.** Vulkanisk siltsten, andesitisk sammansättning. Gäddeviksholmen (UJB100081, 6530067/364045). **D.** Dacitisk till ryolitisk, koherent lava eller intrusion. Nässlebackaholmarna (UJB100084, 6527999/364772). Foto: Ulf Bergström.

på fastlandet och på små skär i Vänern (fig. 7d). Sannolikt är dessa den yngsta delen av Åmålgruppen inom projektområdet.

Kappeboformationen

Väster om Dals Rostock uppträder ett nord–sydligt stråk med Kappeboformationens sedimentära och underordnade vulkaniska bergarter. Dessutom uppträder formationens bergarter i små isolerade förekomster vidare åt väster och söder, t.ex. vid Svingsjön och in på kartområdet 8B Vänersborg NO (Gorbatschev 1987).

Kappeboformationen karaktäriseras av en komplex samling sedimentära bergarter, främst omogna sandstenar med ett tillskott av omlagrat, vulkaniskt material (askor, pimpstenar och litiska fragment) tillsammans med mer granitiska komponenter som grova mikroklin- och kvartsxenokrister. Ofta liknar bergarten en blandning av gråvacka och dacitisk vulkanit (fig. 8a). Lokalt ser man att bergarten formats som massflöden med tydlig uppåtstruktur. Ett typiskt inslag är relativt små (1–5 cm), rundade klaster av en fint medelkornig, ljust röd granit som förekommer i det omlagrade materialet (fig. 8b). I några fall uppträder rena konglomerat (Åhäll 1993), exempelvis en typ med bollar av grovporfyriska graniter.

I de stratigrafiskt övre delarna ökar det vulkaniska inslaget i form av andesitiska till basaltiska sandstenar (fig. 8c) och porfyriska lavor, ryolitiska lavaflöden och askavsättningar (fig. 8d). Ett sådant ryolitflöde vid Kabbo har blivit daterat av Åhäll & Connelly (2008) till 1 631 miljoner år. Detta innebär att de kan utgöra underlag för den något yngre Åmålgruppens vulkaniska bergarter eller att de ska räknas in som det understa ledet i Åmålgruppen. Dessa vulkaniter motsvarar sannolikt de så kallade Ellenövulkaniterna längre söderut inom kartområdet 8B Vänersborg NO (Gorbatschev 1987).

Som en konsekvens av åldern på vulkaniterna måste granitbollarna i de konglomeratiska delarna vara en äldre granitenhet än Göteborgssviten. Åhäll & Connelly (2008) kunde också redovisa en datering av en mikroklinporfyrisk granit väster om Kappeboformationens utbredningsgräns till 1 634 miljoner år. Denna granit har inte påträffats vid karteringen, men fokus kommer att läggas på att lokalisera den, då den utgör en viktig enhet som den allra äldsta bergarten. Söder om karteringsområdet identifierade Gorbatschev (1979) en porfyrisk granit med liknande stratigrafiska egenskaper.

Göteborgssviten

Göteborgssviten är mycket heterogen med avseende på utseende, sammansättning och petrologiska associationer. Den vanligaste bergartsgruppen består av rödgrå, mikroklinporfyriska monzograniter till granodioriter (Gåsögranit efter typlokalen på Gåsö, Törnebohm 1870a, fig. 9a). Dessa har en medelkornig grundmassa och mikroklinmegakrister i storleksordningen 1–3 cm. Många gånger uppvisar bergarten omkristallisation av ögonen, t.ex. i anslutning till deformationszoner. En mikroklinporfyrisk monzogranit vid Hallandsberg i undersökningsområdets norra delar har daterats till 1 621±6 miljoner år (PNY090082, 6542856/358904). Denna förekomst ligger nära kontakten till Åmålgruppens vulkaniter och är rik på xenoliter.

I Göteborgssviten ingår också jämnkorniga, rödgrå monzograniter till granodioriter med varierande kornstorlek. Dessa kallas Tössegranit (eller Tössegnejs) efter förslag från Törnebohm (1870a). Vid ett flertal lokaler förekommer Tössegranit som små, subvulkaniska plutoner i Åmålgruppens vulkaniska bergarter. En gråröd, jämnkornig monzogranit vid Vingens hamn (CPN090148, 6528244/362950) är ett exempel på denna granittyp. En åldersbestämning med U-Pb-metoden på zirkon gav en ålder på 1 621±7 miljoner år, vilket är en närmast identisk ålder som för den ovan beskrivna Gåsögraniten. Tössegranit är en mer felsisk variant av den så kallade Åmålsgraniten, som är en grå, jämnkornig till ojämnkornig granodiorit till kvartsmonzodiorit (fig. 9b). Åmålsgranit förekommer bland annat i en pluton i projektområdets nordöstra hörn (mot Åmål), i anslutning till det som Welin & Gorbatschev

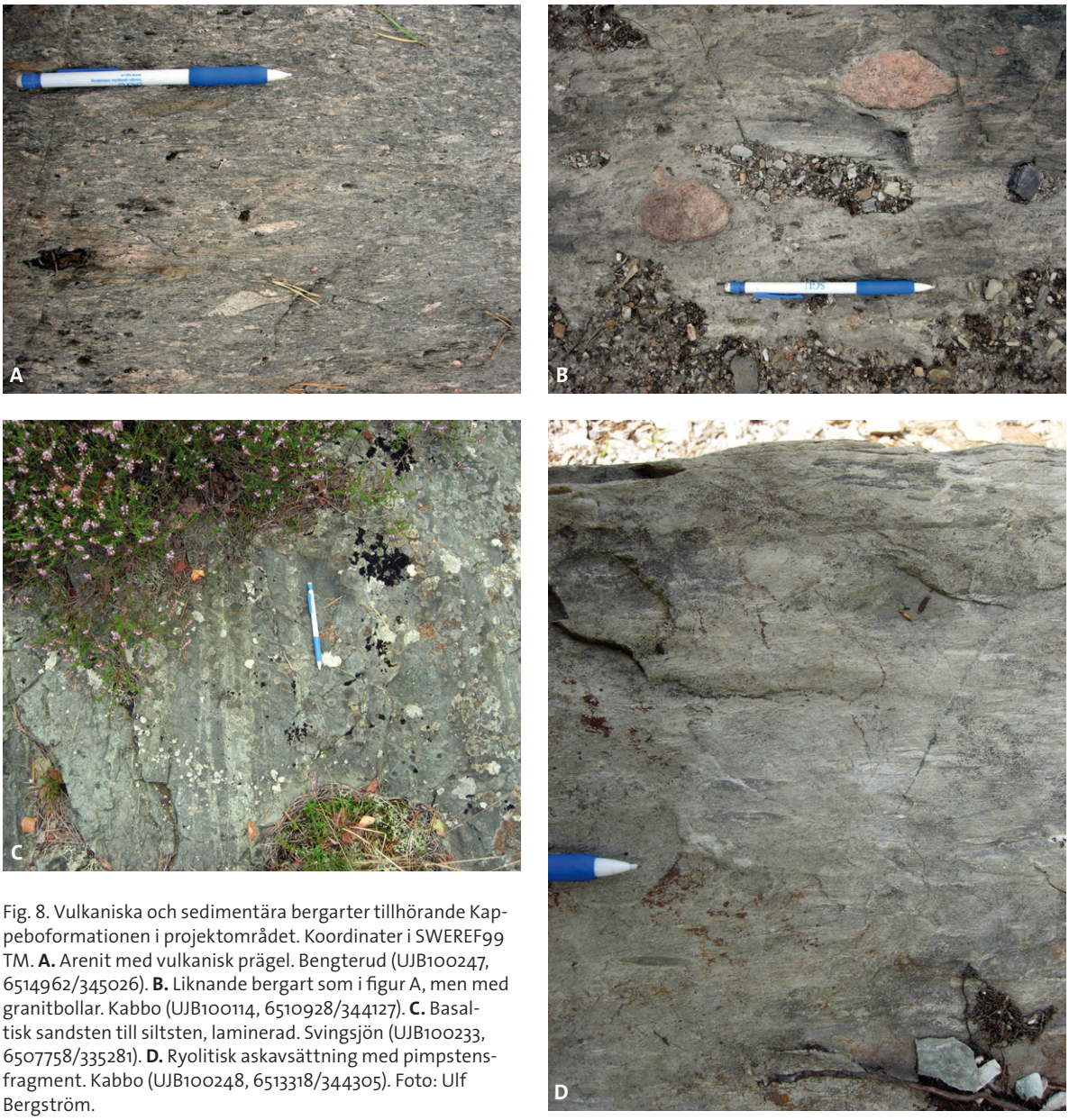


Fig. 8. Vulkaniska och sedimentära bergarter tillhörande Kappeboformationen i projektområdet. Koordinater i SWEREF99 TM. **A.** Arenit med vulkanisk prägel. Bengterud (UJB100247, 6514962/345026). **B.** Liknande bergart som i figur A, men med granitbollar. Kabbo (UJB100114, 6510928/344127). **C.** Basaltisk sandsten till siltsten, laminerad. Svingsjön (UJB100233, 6507758/335281). **D.** Ryolitisk askavsättning med pimpstensfragment. Kabbo (UJB100248, 6513318/344305). Foto: Ulf Bergström.

(1978b) anser vara typlokalen för denna granit. Åmålsgranitliknande bergarter finns också i de södra delarna av projektområdet, t.ex. vid Hällebäck sydväst om Mellerud.

En ljust röd, jämnkornig granit förekommer som gångar och intrusionskroppar inom Göteborgssvitens bergarter. Den varierar en del i kornstorlek, men är vanligen finkornig och ser aplitisk ut. Denna granittyp har sin främsta utbredning i områdena runt Mellerud och söderut.

En specifik granitpluton är en grovporfyrisk granodiorit (”ögongnejs”) som ligger i direkt anslutning till Hästefjordsgraniten vid Örsjöns sydspets (fig. 9c). Bergarten är mörkt grå, relativt kvartsrik och har mikroklinögon (sannolikt omkristalliserade) i storleksordning 2–10 cm. Även denna bergart har gångar av aplitisk granit beskrivna ovan och som indikerar att den tillhör Göteborgssviten. I plutonens nordspets får den också utseende som en mer normal, porfyrisk Gåsögranit med en strökornsstorlek på 1–2 cm och ett uppträdande där den innehåller xenoliter av finkorniga bergarter som tolkas vara Åmålvulkaniter.

Gabbro–dioritintrusioner har en underordnad ställning i Göteborgssviten inom projektområdet. De kan förekomma som små, isolerade kroppar i kontakterna till vulkaniterna i Åmålgruppen och



Fig. 9. Granitiska bergarter i projektområdet. Koordinater i SWEREF99 TM. **A.** Gåsögranit, finporfyrisk. Drängholmen (UJB100040, 6539729/367485). Foto: Ulf Bergström. **B.** Åmålgranit. Torsbyn (UJB092052, 6543337/367084). Foto: Ulf Bergström. **C.** Grovporfyrisk granodiorit (”ögongnejs”). Katteberg (DLL103050, 6502116/343194). Foto: Ulf Bergström. **D.** Kroppefjällsgranit, mikroklinporfyrisk. Häggdenäset (UJB100161, 6505865/339293). Foto: Ulf Bergström. **E.** Lanegranit, röd, jämnkornig. Pöltjärnarna (UJB100160, 6506933/337121). Foto: Ulf Bergström. **F.** Hästefjordengranit, röd, grovt medelkornig. Torbjörbyn (DLL103025, 6500974/343658). Foto: Lena Lundqvist.

uppträder tillsammans med Tössegraniten. I Tössegraniten och i intilliggande vulkaniter och sediment i Åmålgruppen återfinns diabasgångar, som kan vara relaterade till gabbrointrusionerna.

Liksom Åmålgruppens vulkaniter är Göteborgssvitens graniter kaliumrika och dominerade av monzogranitisk till kvartsmonzodioritisk sammansättning (fig. 6b).

Hisingensviten

Hisingensviten är, liksom Göteborgssviten, mycket heterogen med avseende på texturer, strukturer och sammansättning, och bergarter från Göteborgs- och Hisingensviten kan vara svåra att skilja från varandra i fält. Kontakter mellan bergarter ur olika sviter är väldigt sällan observerade. Uppdelningen mellan bergarter i dessa sviter har främst gjorts utifrån strukturella kriterier och dateringar (Gorbatschev 1980, Samuelsson 1985, Åhäll & Connelly 2008).

Hisingensviten innehåller mikroklinporfyriska, rödgrå monzograniter till granodioriter (s.k. Kroppefjällsgraniter, fig. 9d). Mikroklinmegakristerna har ofta en storlek på 1–2 cm och visar ofta tecken på omkristallisation. Grundmassan är fint medelkornig till medelkornig och ofta glimmerrik, vilket ger bergarten ett förskiffrat intryck. Parallellt förekommer jämnkornig, medelkornig, rödgrå monzogranit till granodiorit till kvartsmonzodiorit. Dessa kallas Järbogranit efter typlokalen vid Järbo kyrka. Förekomst av en jämnkornig till ojämnkornig, medelkornig, rödgrå kvartsmonzonit till kvartsmonzodiorit har också noterats i Hisingensviten, framför allt i projektområdets nordvästliga delar.

Bergarter med mafisk sammansättning finns närvarande i Hisingensviten, om än i små mängder. De mafiska bergarterna förekommer dels som enklaver i monzograniter till granodioriter, dels som små isolerade kroppar inom och längs kontakterna till granitplutonerna, men också i gångform. I ett stenbrott nära Högsäter ser man ett exempel på detta där en mafisk magma (idag en 10 m bred amfibolitgång) intruderat en Järbogranit med Kappeboxenoliter. Många mafiska bergarter har genomgått magmablandningsprocesser, och även kvartsmonzonit till kvartsmonzodiorit kan ha bildats genom sådana processer.

I Hisingensviten finns också så kallade Lanegraniter. Dessa blev beskrivna av Gorbatschev (1975), Welin & Gorbatschev (1978a) och Holme (2001), främst genom studier av några typplutoner inom kartområdet 8B Vänersborg NO (Gorbatschev 1987). Lanegraniterna är röda, jämnkorniga och fint medelkorniga till medelkorniga (fig. 9e) och saknar i viss utsträckning de tektoniska textur- och strukturelement (fabric) som annars kännetecknar Hisingensvitens bergarter i projektområdet.

En datering gjordes på en röd, medelkornig, jämnkornig granit vid Dals Långed (UJB092204, 6532917/345548). Denna karaktäristiska granitpluton fick en ålder på 1 564±7 miljoner år, vilket gör den till en del av Hisingensviten.

Hisingensvitens bergarter skiljer sig geokemiskt något från Göteborgssvitens bergarter genom att de är något mindre kaliumanrikade och domineras av granodioritiska sammansättningar. Granitiska sammansättningar representeras enbart av Lanegraniter (fig. 6b).

Yngre graniter

Den yngre granitgenerationen är ca 1 300–1 340 miljoner år och uppträder som mer eller mindre distinkta plutoner (Holme 2001) i ett bälte från Göteborgstrakten till Värmland. Dessa graniter visar i varierande grad sammansättningsvariationer och strukturell överprägling och även dessa graniter kan i fält vara svåra att skilja från de äldre graniterna. Inom projektområdet södra del, vid Torbjörbyn nära Örsjöns sydspets, sticker den så kallade Hästefjordsgranitens norra spets fram i form av en röd, grovt medelkornig, ojämnkornig granit (fig. 9f). Hästefjordsplutonen är daterad av Piontek m.fl. (1998) till $1\,334^{+7}_{-3}$ miljoner år söder om det aktuella projektområdet. Längre åt sydost finns den likåldriga så kallade Ursandsplutonen (Piontek m.fl. 1998, Holme 2001). Inom projektområdet förekommer här gnejsiga, jämnkorniga, ljust röda graniter, som skulle kunna motsvara en jämnkornig, finkornig facies av Ursandsgranit, men de är troligare en del av Göteborgssviten. Vid ett flertal lokaler i detta område uppträder stora hällområden med pegmatit i graniten.

Dalslandsgruppen

Centralt i projektområdet förekommer den så kallade Dalslandsgruppen, vilken består av unga, sedimentära bergarter som kvartsit, skiffer och arkos, samt inlagrade, basaltiska vulkaniter. Dessa sedimentära bergarter är bildade av material avsatt på en erosionsyta senare än 1 300 miljoner år sedan (Lundqvist m.fl. 2003). Dalslandsgruppens bergarter blev i likhet med övriga bergarter tektoniskt överpräglade av den svekonorvegiska orogenesen för ca 1 000 miljoner år sedan.

Under 2010 fortsatte karteringen av Dalslandsgruppens sedimentära bergarter åt söder från de delar som gjordes 2009. De olika sedimentära bergartsleden fortsätter, men variationer i lagrens tjocklek och struktur har noterats. Fördelningen av bergarter inom Dalslandsgruppen ändras också, så att de bergarter som dominerar de stratigrafiskt undre delarna ökar i andel mot söder. Dessa utgörs av konglomerat (fig. 10a) och undre sandsten till kvartsit (fig. 10b).

På ett flertal lokaler har man noterat hur konglomeraten i botten uppträder tillsammans med en arkosliknande bergart som består av ”omlagrade” komponenter från det granitiska underlaget. Arkosen är svår att skilja från graniten i underlaget, men skiljs ut genom förekomsten av klaster (fig. 10c). Intraformationella konglomerat finns som bankar i den undre sandstenen till kvartsiten, och kvartsit är också det dominerande bollmaterialet (fig. 10d). Basaltiska lavor (fig. 10e) uppträder normalt tillsammans med lerskiffer i den mellersta delen av Dalslandsgruppens stratigrafi, men åt söder förekommer basalterna främst i den översta delen av den undre sandstensformationen. Detta gäller t.ex. i Skållerudstrakten, där en mäktig ansamling isoklinalveckade lavaflöden är växellagrade med sandsten. De basaltiska lavorna visar geokemiskt en intrakontinental karaktär och tolkas vara bildade under en period av extension (fig. 6c, d).

De övre delarna av Dalslandsgruppen (övre kvartsit- och Lianeskifferformationerna, fig. 10f), har sin sydligaste utbredningsgräns vid Dals Rostock. Den mellersta lerskifferformationen finns blottad



på några ställen (fig. 10g), t.ex. vid sjön Kolungen där man kan notera karbonatinfiltration (möjligen syntektonisk) i skiffern (fig. 10h). Karbonat är en viktig beståndsdel i vissa lerskifferområden, t.ex. vid Teåkerssjön–Dalskog, och bildar där olika breccieartade bergarter och ibland rena kalkstensbankar. Observationerna vid Kolungen lyfter fram frågan hur mycket av kalken som är synsedimentär och hur mycket som kan ha blivit introducerat senare. Skifferområdena vid Dalskog och Dals Rostock innehåller annars en del välbevarade, kalkfria skiffrar som brutits för framställning av takskiffer under 1800- och 1900-talen. I vissa fall kan de lätt identifieras i radiometriska data som lokala anomalier, eftersom bergarten är kraftigt urananrikad. Ett exempel på detta är i skifferbrottet vid Halängen någon kilometer väster om Dalskog.

Diabaser

Mellan Bäckefors och sjön Erve ligger ett område som uppvisar ett antal nordvästliga, mer eller mindre parallellt löpande magnetfältsanomalier i Hisingensvitens granitoider (fig. 11). Magnetfältsanomalierna är sannolikt orsakade av diabasgångar, men de är inte kontinuerliga utan ofta avbrutna eller med förtjockningar. I viss mån kan detta anomalimönster vara förorsakat av flygriktningen vid datainsamlingen (i detta fall ost–västlig) i kombination med att anomaliorsaken har liten bredd. Eftersom



Fig. 10. Sedimentära och vulkaniska bergarter tillhörande Dalslandsgruppen i projektområdet. Koordinater i SWEREF99 TM. **A.** Bottenkonglomerat, polymikt, två typer med olika oxidationsgrad(?). Grävlingekullen (UJB100092, 6512395/341082). **B.** Undre sandsten till kvartsit med böljeslagsmärken. Teåkerssjön (UJB100074, 6514250/341400). **C.** Granitisk bottenarkos med granitbollar. Sjöbotten (UJB100104, 6511900/343127). **D.** Intraformationellt konglomerat i undre sandsten till kvartsit. Dalskog, (UJB100128, 6514600/343885). **E.** Basalt med amygduler. Gullkanerud (6513350/346100). **F.** Arkos till gråvacka (Lianeskiffer) med S0 och S1-ytor. Årbolsfjället (UJB100136, 6514306/347004). **G.** Lerskiffer med sandlinser. Gunnersbyn (UJB100131, 6514290/342071). **H.** Lerskiffer, karbonatomvandlad. Ersättning (replacement) av brun karbonat längs S0/S1-ytor. Kolungen (UJB100058, 6510271/348741). Foto: Ulf Bergström.

de omgivande granitoiderna i sig har mycket heterogena magnetiska egenskaper kan signalen från dessa diabasstråk lokalt ”drunkna” i bakgrundsfältet. Flera av dessa anomala områden undersöktes i fält och det visade sig att anomalierna är bundna till topografiska sänkor med riktningen västnordväst

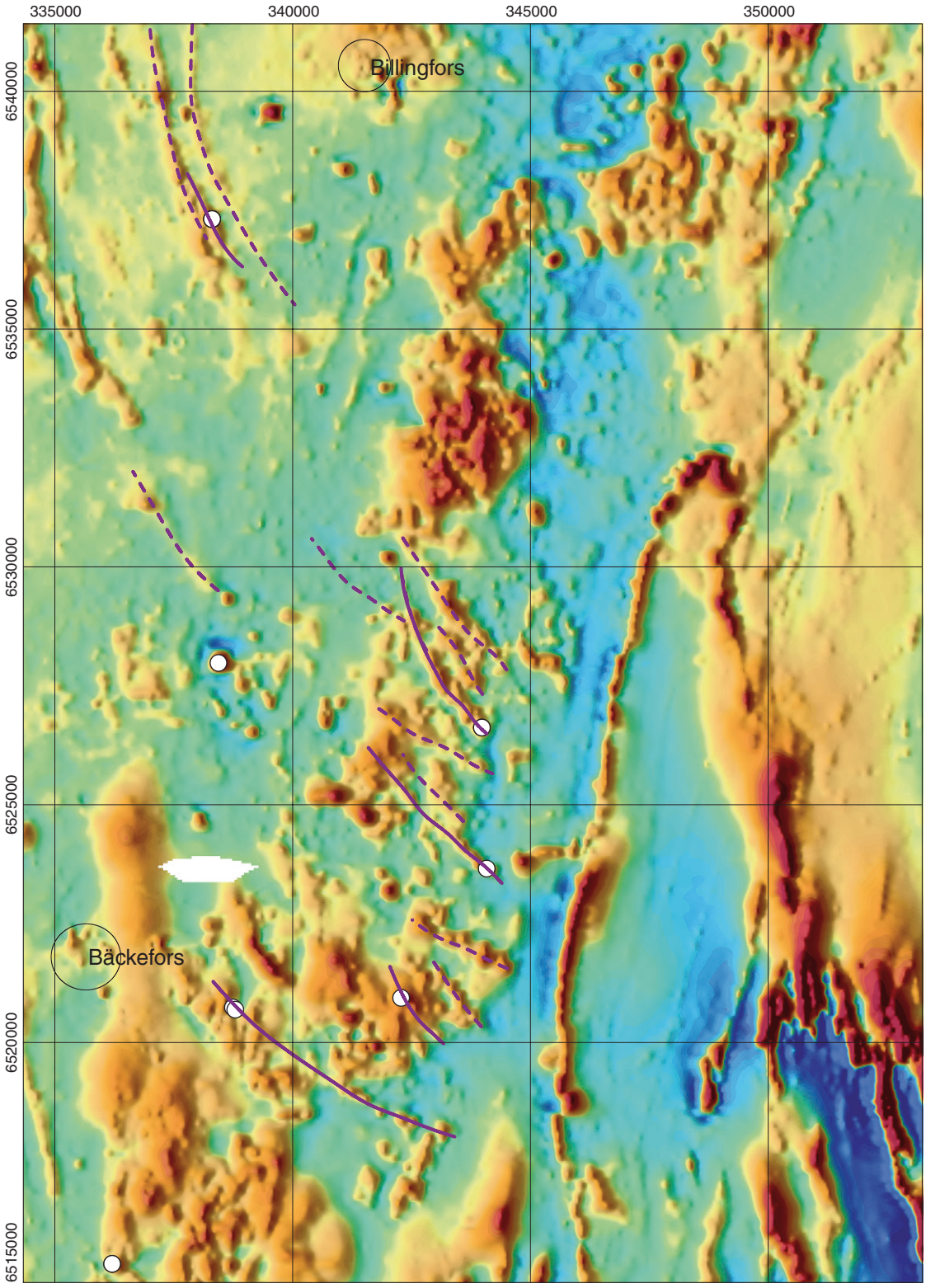


Fig. 11. Diabaser öster om Bäckefors markerade på magnetisk anomalikarta. Vita cirklar visar läget för hällobservationer av diabaser. Heldragna linjer motsvarar diabasgångar som har bekräftats genom hällobservation, medan streckade linjer motsvarar tolkade diabasgångar.

till nordväst. I några fall kunde finkornig, massformig diabas lokaliseras i fast klyft vid branta raviner vilket antyder ett samband mellan diabaser och senare sprödtektoniska zoner.

I ett stenbrott vid Ängen, i de sydvästra delarna av projektområdet, kan man se en tydlig intrusionskontakt mellan en flera meter bred diabas och en kvartsmonzodiorit av Järbotyp. Susceptibiliteten varierar från $1\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter till $22\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter och remanensen från 0,05 till 6 A/m. I området strax öster om Svingsjön uppträder finkorniga amfiboliter längs liknande anomalistråk, och visar där tecken på magmablandning med omgivande Hisingensvitens graniter. Amfiboliterna härrör från en diabasgeneration som troligtvis intruderat i slutfasen av Hisingensvitens utveckling, och de skulle därmed vara äldre än diabaserna nämnda ovan.

Lokala geofysiska uppföljningsmätningar

Tösse

Ingen av strålningsmätningarna på de olika bergartsleden kring Tösse ger aktivitetsindex på 2 eller högre (fig. 12). Däremot finns det en pegmatitgranit precis vid projektområdets norra gräns (6545659/364807) som i medeltal håller halterna 6,4 % kalium, 35 ppm uran och 580 ppm torium. De höga halterna ger aktivitetsindex 14 och radiumindex 2,2. Pegmatitgraniten uppträder endast som mindre partier i en berggrund som för övrigt domineras av tonalit till granodiorit av Åmålstyp, och omfattande hybridisering mellan dessa granitoider och små gabbrointrusioner.

Köpmannebro

Vid Köpmannebro finns ett högstrålande område som syns på urankartan (fig. 13). Drygt två kilometer åt nordnordost, på Stora Hästön, finns också en framträdande strålningsanomali. Under karteringen 2010 gjordes kontrollmätningar inom båda anomaliområdena. Inom det södra anomaliområdet gjordes mätning på två lokaler på en gnejsig, porfyrisk granit av Gåsötyp. Bergarterna är kraftigt folierade i nord–sydlig riktning. Strålningsmätningar på häll med gammaspektrometer visar att bergarterna vid båda lokalerna innehåller i medeltal 4,6 % kalium, 11 ppm uran och 24 ppm torium. På Stora Hästön finns samma typ av gnejsiga, porfyriska granit som där dock uppvisar något högre halter: 4,8 % kalium, 17 ppm uran och 38 ppm torium. Radiumindex för graniten på Stora Hästön är strax över 1, medan aktivitetsindex är strax under 2.

Björkön

På Björkön (fig. 13) finns lerskiffer tillhörande Dalslandsgruppen som generellt har låga strålningsnivåer. Vanligtvis innehåller lerskiffern 3–4 % kalium, 2–3 ppm uran och 8–13 ppm torium. Dock finns det mer högstrålande partier i lerskiffern på Björköns nordvästra udde. Dessa partier är relativt små, mindre än 1 m^2 i hällyta, och strålningsmätning på häll på ett sådant parti resulterade i halterna 4 % kalium, 42 ppm uran och 11 ppm torium.

Fengersfors

Ungefär 5 km väster om Fengersfors finns en antydan om en till ytan begränsad strålningsanomali på urankartan (fig. 14). Strålningsanomalin observerades i data från en enda flygmätlinje. Vid fältundersökning lokaliserades anomalin till ett sprickplan i en berghäll vars ena sida består av en 2 meter bred ryolithorisont tillhörande Åmålgruppen. Anomala strålningsvärden kan mätas längs ett tiotal meter av sprickplanet. Den uppmätta uranhalten hos ryoliten är i medeltal 270 ppm, men mätgeometrin var mycket dålig eftersom sidan på berghällen lutade kraftigt.

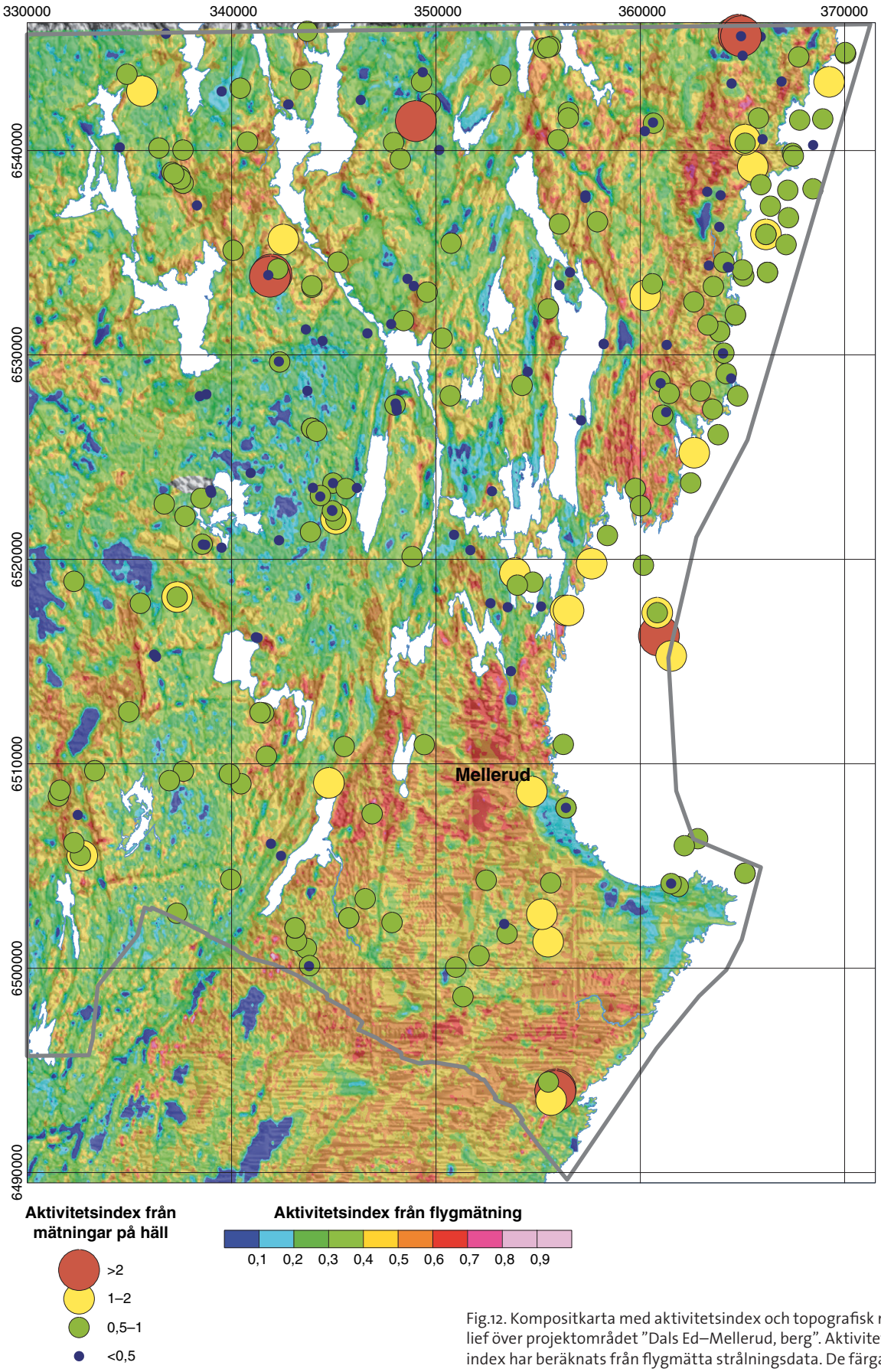


Fig.12. Kompositkarta med aktivitetsindex och topografisk relief över projektområdet ”Dals Ed–Mellerud, berg”. Aktivitetsindex har beräknats från flygmätta strålningsdata. De färgade cirklarna representerar aktivitetsindex beräknade ur data från strålningsmätning på berghällar.

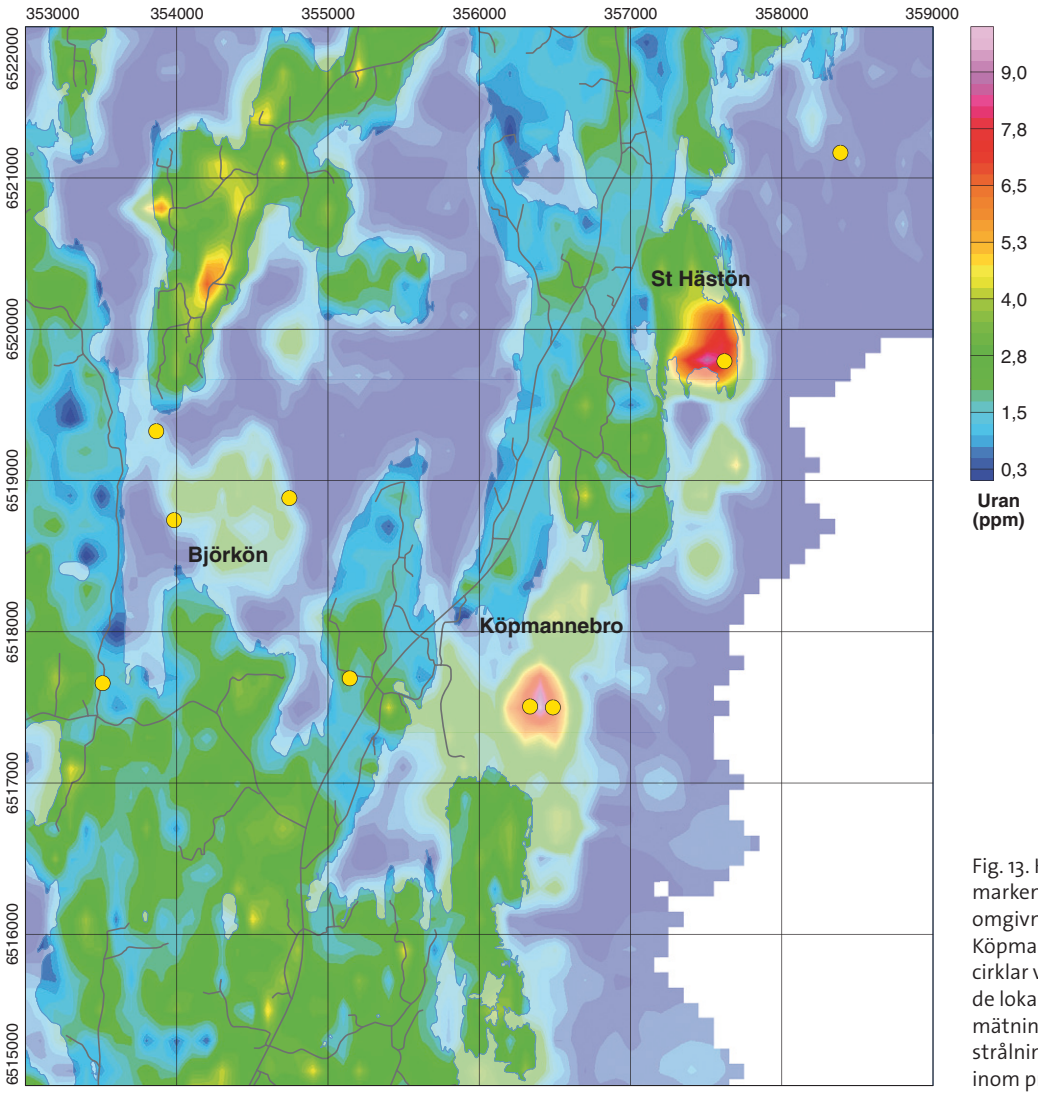


Fig. 13. Karta över markens uranhalt i omgivningarna kring Köpmannebro. Gula cirklar visar läget för de lokaler där markmätning av gammastrålning har gjorts inom projektet.

Kräklingarna

På ögruppen Kräklingarna, ca 5 km utanför Dalslandskusten, dominerar två typer av granit. I den södra och centrala delen av ögruppen finns en deformerad, porfyrisk granit som innehåller 5,6 % kalium, 10–18 ppm uran och 37 ppm torium. Aktivitetsindex är strax över 2 för mätningen mitt i ögruppen. Denna granit är mycket lik Hästefjordsgraniten i projektområdets södra delar. Vid ögruppens norra del finns en mörkare, porfyrisk granit tillhörande Göteborgssviten, samma som återfinns vid Yttre Bodane på fastlandet rakt norrut. Den senare graniten innehåller 4,2 % kalium, 3,7 ppm uran och 17 ppm torium.

Bolstadområdet

Vid projektområdets sydligaste gräns finns intressanta anomalier (fig. 15a–c). Dels den markanta, kraftigt positiva, magnetiska anomalin som kommer från sydväst för att sedan böja av och fortsätta rakt norrut, dels den förhöjda strålningen precis öster om denna ovan nämnda magnetiska anomali. Under 2010 gjordes uppföljningsmätningar av både magnetfälts- och strålningsanomalier i området. Bergarterna i området är olika typer av deformerad granit. Trots att det finns relativt mycket häll inom det högmagnetiska anomaliområdet så visar in situ-mätning inga förhöjda värden. Istället är

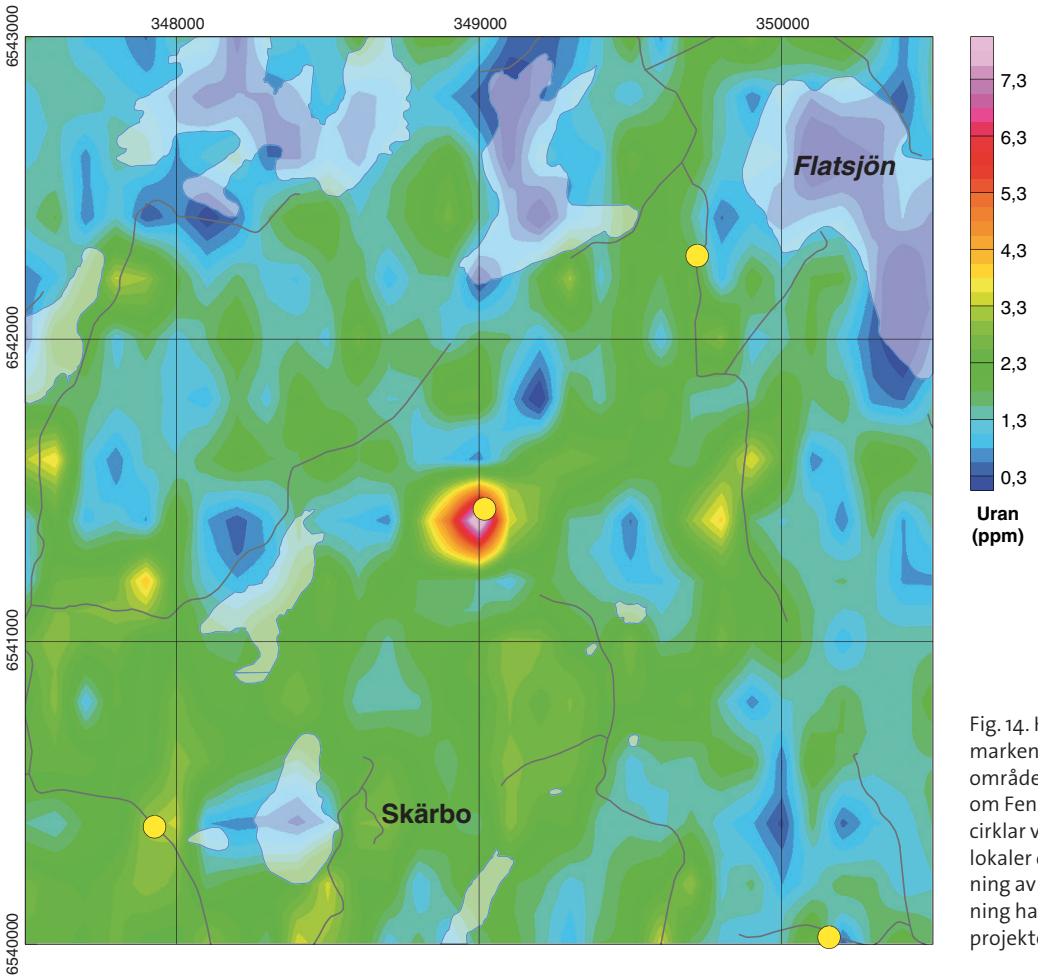


Fig. 14. Karta över markens uranhalt i området ca 5 km väster om Fengersfors. Gula cirklar visar läget för de lokaler där markmätning av gammastrålning har gjorts inom projektet.

susceptibiliteten hos bergarten mindre än 30×10^{-5} SI-enheter. Ett prov för bestämning av petrofysiska egenskaper (JJR100049) togs vid lokalen som är markerad med siffran ”1” i figur 15a–c. Den remanenta magnetiseringen hos provet uppgår till 3,18 A/m, vilket resulterar i ett q-värde (förhållandet mellan den remanenta och inducerade magnetiseringen, också kallad Königsbergerkvoten) på 340. Om den remanenta magnetiseringen har samma riktning som det jordmagnetiska fältet så kan det i grova drag förklara anomalin.

Fenomenet med låg inducerad magnetisering och hög remanens har även uppmätts på provet PNY100166 som togs 7 km längre norrut längs samma högmagnetiska stråk.

Den förhöjda strålningen i området (fig. 15b–c) kan följas längs ett stråk som ligger strax öster om den starkt positiva, magnetiska anomalin och i stort sett parallellt med densamma. Under 2010 gjordes strålningsmätning vid tre lokaler på den mer högstrålande granitiska bergarten. Två av lokalerna ligger nära varandra på platsen för den mest framträdande urananomalin, som är markerad med siffran ”2” i figur 15a–c. Bergarten vid område ”2” innehåller i medeltal 4,7 % kalium, 20 ppm uran och 44 ppm torium. Aktivitets- och radiumindex för bergarten är beräknade till 2,2 respektive 1,2. Det gjordes även en strålningsmätning ca 500 m åt sydsydväst längs samma högstrålande struktur (markerad med siffran ”3” i fig. 15a–c) som visade liknande halter för kalium och torium men med en lägre uranhalt (11 ppm) vilket gör att aktivitets- och radiumindex för den lokalen är 1,8 respektive 0,7.

Klöveskogområdet

I närheten av Klöveskogs kyka ca 1,5 mil sydost om Mellerud följer en mycket kraftigt positiv, magnetisk anomali en nord–sydlig riktning. Den starkt deformerade granitoiden (mylonitiserad, med utpräglad

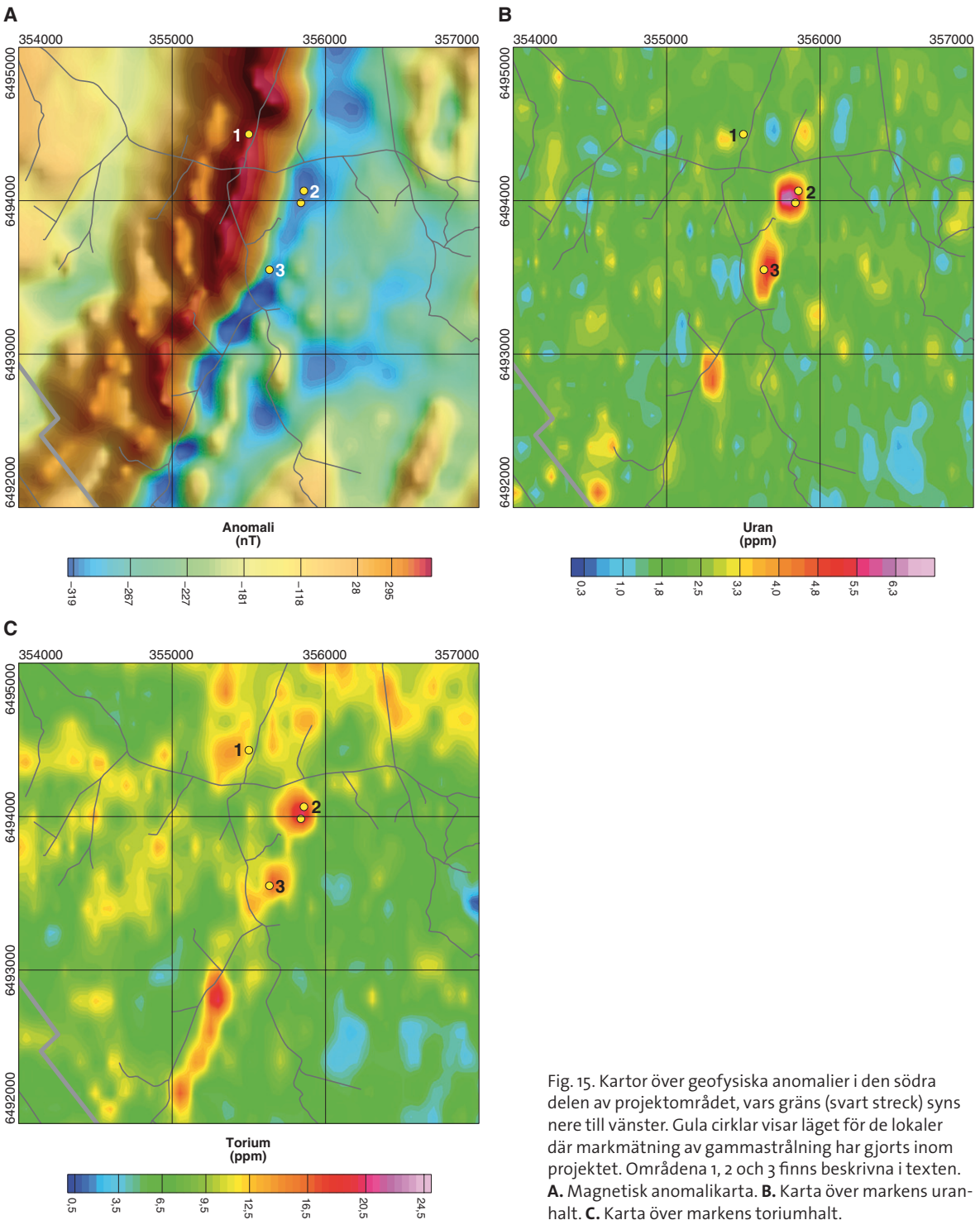


Fig. 15. Kartor över geofysiska anomalier i den södra delen av projektområdet, vars gräns (svart streck) syns nere till vänster. Gula cirklar visar läget för de lokaler där markmätning av gammastrålning har gjorts inom projektet. Områdena 1, 2 och 3 finns beskrivna i texten. **A.** Magnetisk anomalikarta. **B.** Karta över markens uranhalt. **C.** Karta över markens toriumhalt.

nord–sydligt orienterad stänglighet), uppvisade låg susceptibilitet (<60 × 10^{-5} SI-enheter) vid in situ-mätning. Resultaten från laboratoriemätning gav samma låga susceptibilitetsvärden, men 1,5 A/m för den naturliga remanensen. Q-värdet är kring 400. Från detta prov (LUK102191) samt från ett av de ovan nämnda proverna (PNY100166) från området med ett av de nord–sydliga anomalistråken några kilometer åt väster, separerades den magnetiska fasen och underkastades röntgendiffraktionsanalys. Den enda järnhaltiga oxidfasen som detekterades var den endast svagt ferrimagnetiska hematiten (egentligen antiferromagnetisk). Därför kan man anta att de extrema, magnetiska egenskaperna här-

rör från så kallad lamellär magnetism förorsakad av inblandning av ilmenit i hematit eller vice versa (Fabian m.fl. 2008).

REFERENSER

Alm, E., 2000: *Sveconorwegian metallogenesis in Sweden*. Doktorsavhandling, Stockholms universitet. 165 s.

Bergström, U., Jönberger, J., Kübler, L., Lundqvist, I., Nysten, P. & Rasmussen, K., 2010: Dals Ed–Mellerud. *I* H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2009. *Sveriges geologiska undersökning SGU-rapport 2010:2*, 7–16.

Debon, F. & Le Fort, P., 1982: A chemical-mineralogical classification of plutonic rocks and associations. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh Earth Sciences 73*, 135–149.

Fabian, F., McEnroe, S.A., Robinson, P. & Shcherbakov, V.P., 2008: Exchange bias identifies lamellar magnetism as the origin of the natural remanent magnetization in titanohematite with ilmenite exsolution from Modum, Norway [www]. Elsevier. Hämtat från <http://www.sciencedirect.com> 13 april 2011 genom doi:10.1016/j.epsl.2008.01.034. *Earth and Planetary Science Letters 268*, 339–353.

Gorbatschev, R., 1975: Fundamental subdivisions of Precambrian granitoids in the Åmål mega-unit and the evolution of the south-western Baltic Shield, Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 97:2*, 107–114.

Gorbatschev, R., 1979: The basement of the Åmål supracrustals, south-western Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 101:1*, 71–73.

Gorbatschev, R., 1980: The Precambrian development of southern Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 102:2*, 129–136.

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

Holme, K., 2001: *Geochemical development of Proterozoic granites in the SW Baltic Shield*. Doktorsavhandling, Lunds Universitet, 123 s.

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.

Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A. & Zanettin, B., 1986: A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology 27*, 745–750.

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.

Pearce, J.A. & Cann, J.R., 1973: Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth Planetary Sciences Letters 19*, 290–300.

Piontek, J., Connelly, J.N. & Åhäll, K.-I., 1998: 1.3 Ga anorogenic magmatism in southwestern Sweden. *Abstracts with programmes. Geological Society of America 30:7*, 293.

Samuelsson, L., 1985: Beskrivning till berggrundskartan Göteborg NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 136*, 104 s.

Törnebohm, A.E., 1870a: Några ord till upplysning om bladet Åmål. *Sveriges geologiska undersökning Aa 34*, 66 s.

Törnebohm, A.E., 1870b: Några till upplysning om bladet Wingershamn. *Sveriges geologiska undersökning Aa 36*, 14 s.
Törnebohm, A.E., 1870c: Några till upplysning om bladet Upperud. *Sveriges geologiska undersökning Aa 37*, 90 s.
Welin, E. & Gorbatschev, R., 1978a: Rb-Sr age of the Lane granites in south-western Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm förhandlingar 100:1*, 101–102.
Welin, E. & Gorbatschev, R., 1978b: An Rb-Sr age of the Åmål granite at Åmål, Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm förhandlingar 100:4*, 401–403.
Wik, N.-G., Lundqvist, I., Selinius, 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., 1993: Geologi i Dalsland. *Känn ditt Dalsland 4, Dalslands Turistråd*, 48 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.

Eskilstuna, berg

Torbjörn Bergman & Lutz Kübler

Projektet ”Eskilstuna, berg” är ett av SGUs berggrundskarteringsprojekt som utförs med inriktning mot prospekteringsintressanta områden. Projektet avser att utföra berggrundskartering inom de delar av kartområdet 10G Eskilstuna SV och SO som tidigare inte är kartlagda av SGU med en kvalitet motsvarande den för SGUs lokala berggrundskartor i skala 1:50 000. Eskilstuna kommun är relativt nyligen kartlagd inom projektet ”Västra Mälardalen” (Perssson m.fl. 2010) och täcker de norra delarna av kartbladsrutorna 10G Eskilstuna SV och SO. Dessa delar innefattas således inte av föreliggande projekt.

Figur 1 visar det aktuella området som har en yta på ca 790 km^2. Karteringen bedrivs enligt SGUs modell GUBStB, vilken innebär att 2–3 km^2 undersöks per geolog och dag. Den framtagna kartan ska harmonisera mot intilliggande kartområden vilket kan innebära att ändringar även kan behöva göras för dessa områden i SGUs befintliga kartdatabas.

Under den inledande fältsäsongen 2010 har en blygsam insats gjorts och ca 90 km^2 har kartlagts inom den sydligaste delen av kartområdet 10G Eskilstuna SO (fig. 1). Totalt har 280 fältobservationer gjorts, vars uppgifter har lagrats i SGUs hälldatabas. De geofysiska fältundersökningarna har under 2010 varit begränsade och har omfattat enstaka kontrollmätningar av magnetiska anomalier. Projektet kommer att vara vilande under 2011 och beräknas att återupptas 2012.

TIDIGARE GEOLOGISKA OCH GEOFYSISKA ARBETEN

De äldsta sammanställningarna av projektområdets geologi är de kombinerade jordarts- och berggrundskartorna Aa 12 Hellefors (Kugelberg 1864) och Aa 9 Säfstaholm (Sidenbladh 1864) i skala 1:50 000. I övrigt finns endast regionala sammanställningar där den mest moderna är inventeringen av Södermanlands malmer, industriella mineral och bergarter (Wik m.fl. 1999). Projektområdet ligger inom det så kallade Bergslagsområdet, och för en regional beskrivning och översikt av områdets geologi rekommenderas också

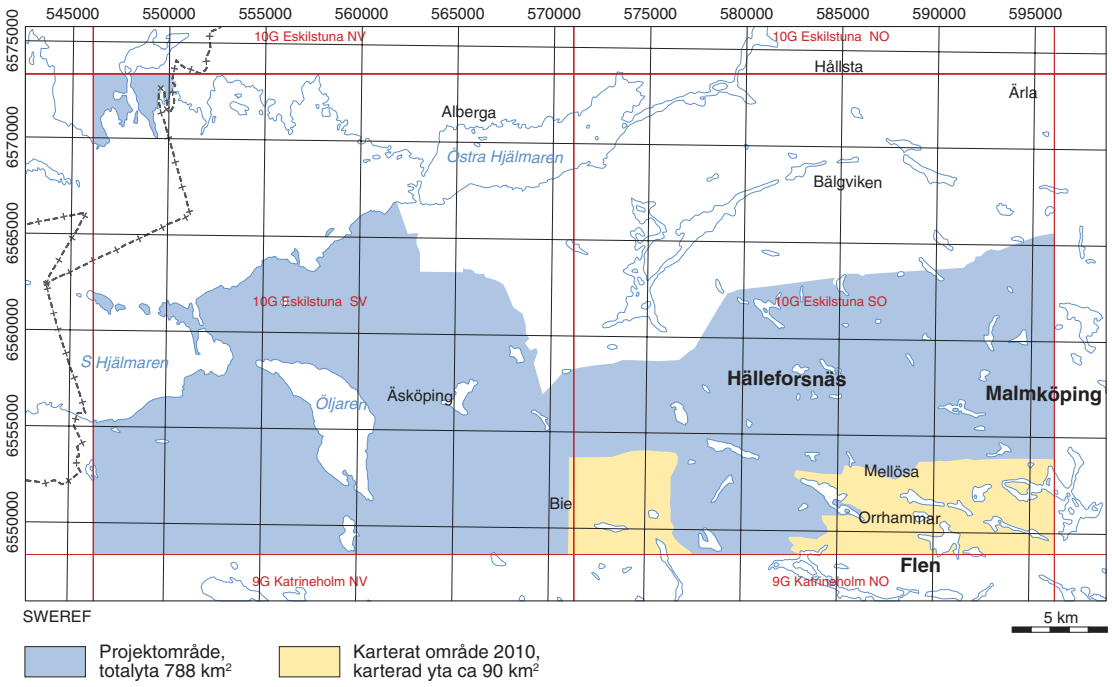


Fig. 1. Projektområde och kartlagt område 2010.

beskrivningen till ”Bergslagsprojektet” (Stephens m.fl. 2009). Detaljstudier av diabasgångar, delvis inom området, har utförts av Gorbatschev (1961) och Lopez-Montano & Nisca (1987).

Moderna magnetfältsdata samt radiometriska och elektromagnetiska (VLF-) data från flygmätningar finns att tillgå för hela projektområdet. De geofysiska flygmätningarna utfördes 1975 och 1977 i nord–sydlig riktning på 30 m flyghöjd. Flyglinjeavståndet var 200 m. De flesta tyngdkraftsmätningarna utfördes år 2000 med ett genomsnittligt mätpunktsavstånd av 1,5 km. 2010 mättes tyngdkraften längs en profil över Hälleforsdiabasen med ett punktavstånd av 500 m.

Tidigare petrofysiska mätdata (magnetisk susceptibilitet, remanent magnetisering och densitet) inom projektområdet föreligger enbart från mätning på prover från Hälleforsgången. Dessa prover samlades in 1981 och följer bland annat samma profilsträckning som tyngdkraftsprofilen från 2010.

BERGRUNDSGEOLOGI

Projektområdet ligger inom den svekokarelska orogenen och domineras av kraftigt omvandlade metasedimentära och metavulkaniska bergarter, samt tidigorogena djupbergarter. Bergarterna bildades för ca 1 900–1 870 miljoner år sedan och omvandlades (metamorfoserades) och veckades kraftigt under den svekokarelska orogenesen för ca 1 850 miljoner år sedan. Metamorfosen har gett upphov till olika bergartsvarieteter i området som t.ex. måttligt ådrade djupbergarter, sedimentådergnejs (metatexit) och diatexistisk migmatit. Pegmatiter och ojämnkornig, leukokratisk granit förekommer också lokalt i mindre områden. Efter den svekokarelska orogenesen har området intruderats av två generationer diabas, vilka bildades för ca 1 520 respektive ca 930 miljoner år sedan.

Metodik och nomenklatur

Stora delar av det nykarterade området utgörs av migmatitiska bergarter. Den migmatitiska karaktären varierar dock beroende på varierande grad av uppsmältning (anatexis) och bildning av smälta (leukosom) under metamorfosen. Inom stora delar av området uppträder leukosomet som band i de migmatitiska bergarterna och bergarten har då betecknats som metatexit följt av namnet på den tolkade ursprungsbergarten. I andra områden, där den lokala uppsmältningen har gått så långt att även de mörka mineralen har involverats i smältan, betecknas bergarten diatexit (Wimmenauer & Bryhni 2007). Namnet anger att bergarten har genomgått så kallad diatexis – ett långt gånget stadium av anatexis, där smältan inte har flyttat sig från sin ”ursprungsplats”. Inom det hittills kartlagda området har denna beteckning bara varit tillämplig för migmatiterna som bedömts vara av gråvackeursprung, samt de sura, metavulkaniska bergarterna. Detta relativt moderna sätt att indela migmatiter har så långt som möjligt tillämpats för det hittills karterade området.

Bergarternas sammansättning har ännu inte verifierats med modalanalyser eller geokemisk karaktärisering, men detta kommer att utföras på samtliga bergenheter inom området. De bergartsnamn som anges i den följande texten grundar sig således på uppskattningar gjorda i fält.

Bergarter inom det nykarterade området

Ytbergarter och migmatiter av ytbergartsursprung

Den sydöstra delen av området domineras av fin- till medelkorniga, metadacitiska till metabasaltiska ytbergarter (fig. 2). De metadacitiska delarna är vanligtvis relativt välbevarade och är endast lokalt ådrade. Stora delar av de metabasaltiska bergarterna är amfibolitomvandlade och har betecknats som ”amfibolit, sannolikt av metabasaltursprung”.

En stor del av det nykarterade området utgörs av bergarter som antas ursprungligen vara bildade som metagråvackor. Den kraftiga regionalmetamorfosen har gett upphov till metatexitiska migmatiter

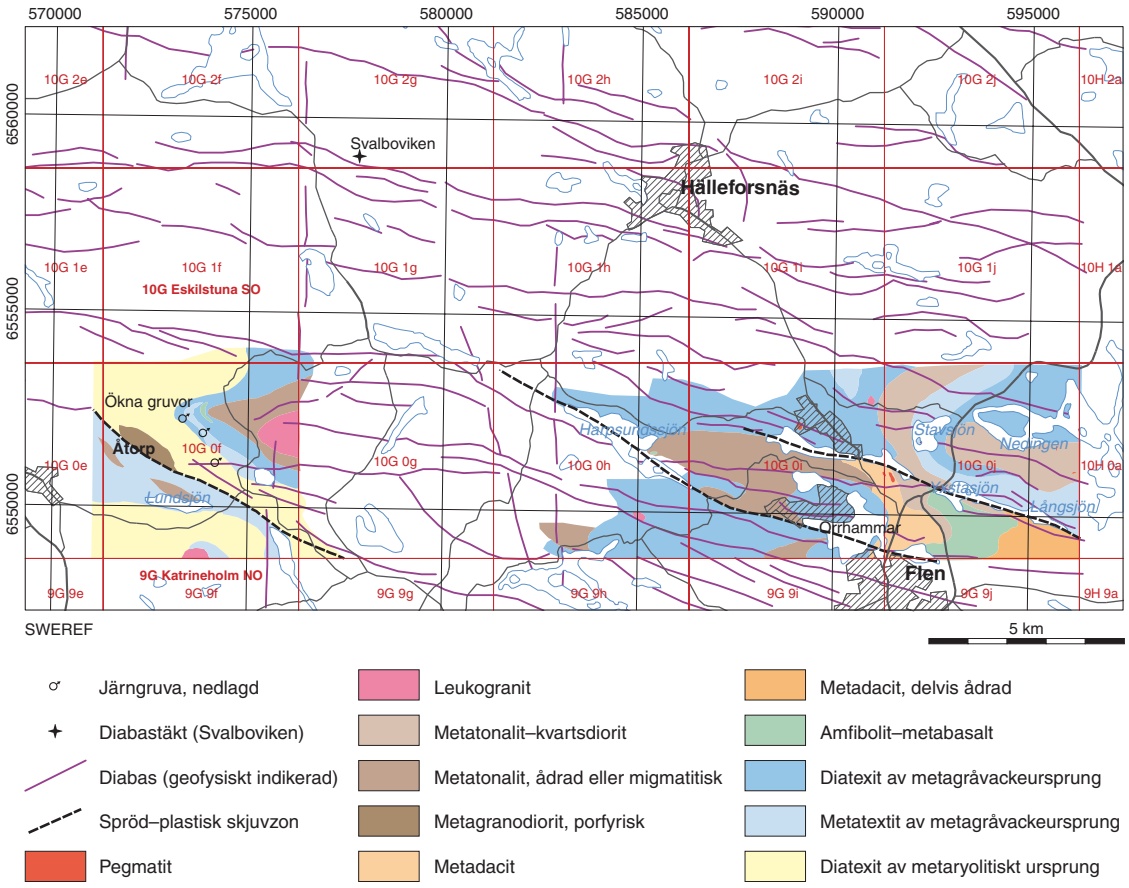


Fig. 2. Preliminär berggrundskarta över det kartlagda området.

(fig. 3a), vilka är centimeterbandade bergarter med omväxlande biotitdominerade band och kvarts-fältspatdominerade band (så kallad sedimentådergnejs enligt äldre benämning). Granat är vanligt förekommande i den metatexitiska gnejsen. Metatexit av gråvackeursprung förekommer huvudsakligen runt Stavsjön och Yxstasjön, samt i den västligaste delen av området runt Åtorp och Lundsjön.

Gränsdragningen mot ytterligare mer omvandlad och många gånger helt uppsmält metagråvacka, så kallad diatexit, är svår. Gränsen har i den preliminära berggrundskartan satts när den bandade, metatexiska texturen inte längre är dominerande utan bergarten är mer homogen (fig. 3b). Diatexiten är vanligtvis grovkorning och har varierande mängd kalifältspatmegakrister fördelade i grundmassan. Sammansättningen bedöms vara granodioritisk. Diatexiten är i vissa delar svår att skilja från en måttligt migmatitiserad djupbergart. Ett karaktärsdrag är dock förekomsten av decimeter- till meterstora linsformade inneslutningar av grå, finkornig metaarenit (fig. 3c). Inneslutningarna har bedömts utgöra rester av den ursprungliga metagråvackan (restit). Förekomsten av dessa inneslutningar är det starkaste argumentet för tolkningen att diatexiten är bildad genom uppsmältning av metagråvacka. Bergartstypen täcker stora områden och är vanligt förekommande i den centrala delen runt Orrhammaren och från Mellösa och västerut mot Harpsundssjön.

I områdets västligaste del förekommer ett par större områden med röd kvarts- och kalifältspatrik gnejs. Gnejsen har antagits vara av metavulkaniskt ursprung och har betecknats ”diatexit av metaryolitursprung” (fig. 3d). Bergarten är vanligtvis ojämnkorning och varierar från finkornig till grovkornig. Lokalt strax söder om Skarendalsgruvan har på grovkorniga till pegmatitiska partier kraftigt förhöjda halter av uran och torium uppmätts vid föreliggande undersökning (mer än 700 ppm uran och 450 ppm torium). Att döma av radiometriska data från flygmätningar och enstaka markmätningar visar bergarten generellt något anomala toriumhalter, dvs. mer än 20 ppm torium, men normala uranhalter

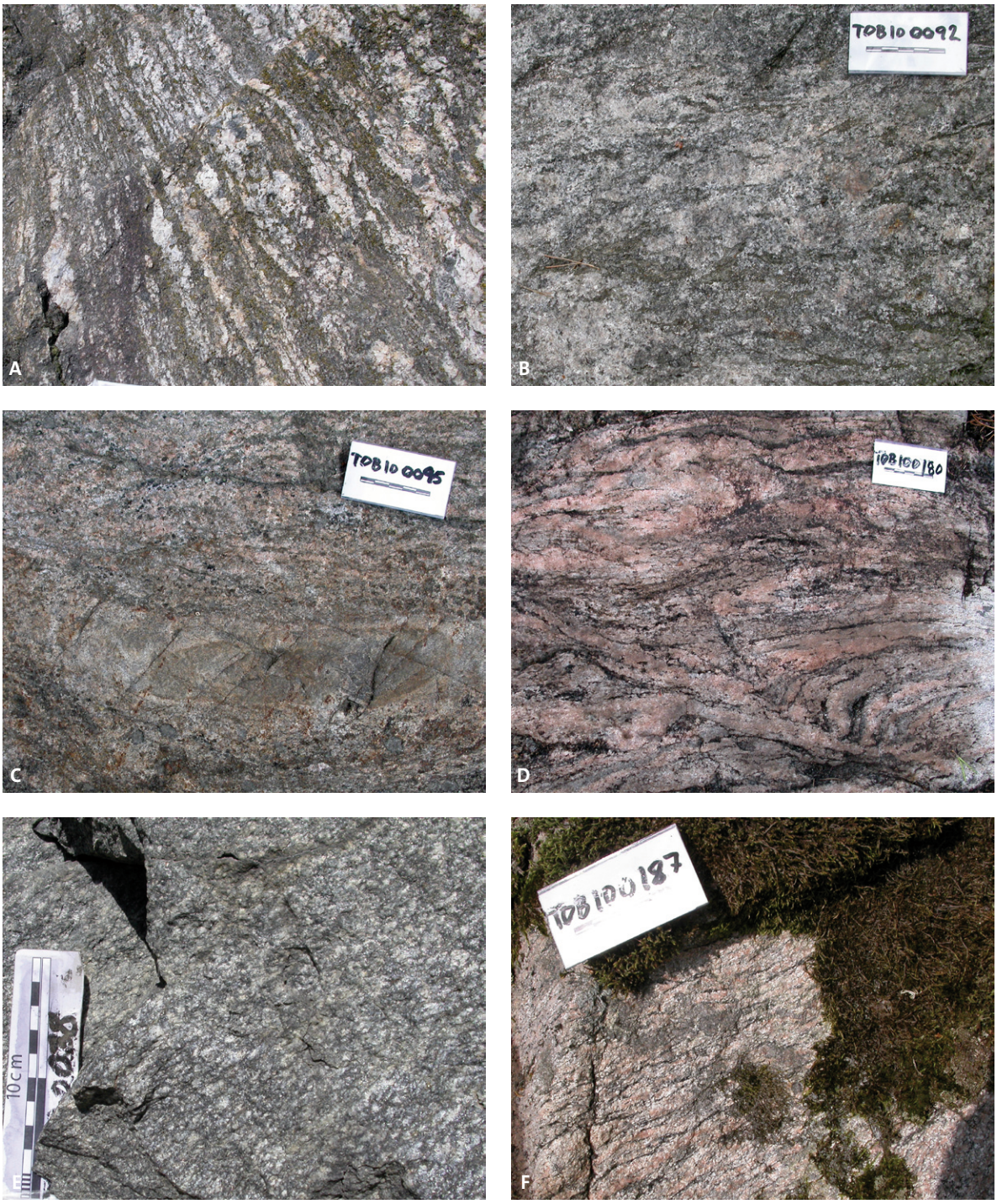


Fig. 3. Typiska bergarter från det karterade området. **A.** Metatexit av metagråvackeursprung. Yxstaholm (6550566/593646). **B.** Diatexit av metagråvackeursprung. Skogstorp ca 1 400 m nordost om Mellösa (6553151/590999). **C.** Diatexit av metagråvackeursprung med inneslutning (restit) av metaarenit. Brostugan ca 450 m nordost om Mellösa (6552659/590219). **D.** Diatexit av metavulkaniskt ursprung. Cirka 1 km sydväst om Lundsjön (6549024/571918). **E.** Medelkornig, jämnkornig metatonalit till kvartsdiorit. Vägskärning nordväst om Yxstasjön (6550771/ 592739). **F.** Folierad, medelkornig, kalifältspatporfyrisk metagranit till granodiorit. Åtorp (6551414/572351). Foto: Torbjörn Bergman.

(5–10 ppm). Vanligt förekommande är också millimeter- till centimeterstora magnetitblaster i den röda diatexiten. Det antagna metavulkaniska ursprunget grundar sig till stor del på det faktum att ett flertal skarnrika magnetitmineraliseringar uppträder i detta stråk (bland annat Ökna gruvor inom området, se nedan). Det mineraliserade stråket har sin fortsättning både åt sydost och nordväst och

dess omfattning markeras, på grund av bergarternas magnetiska egenskaper, av en kraftigt positiv magnetisk anomali (fig. 4).

Tidigorogena djupbergarter, leukograniter och pegmatiter

Vanligt inom området är också grå, medelkornig, jämnkornig metatonalit till kvartsdiorit. Bergarten förekommer inom ett flertal områden och är vanligtvis relativt välbevarad och endast lokalt något ådrad. Ett undantag är dock området väster om Orrhammar där bergarten i det närmaste kan beskrivas som tonalitisk gnejs. I de två stråken i den östra delen av området är bergarten homogen och endast lokalt ådrad (fig. 3e).

I den västligaste delen av området, norr om Lundsjön, förekommer ett område med relativt kraftigt folierad, medelkornig, kalifältspatporfyrisk metagranit till granodiorit (fig. 3f). Bergarten är lokalt ådrad och gränsdragning mot den omgivande diatexiten av metaryolitiskt ursprung är svår.

Lokalt förekommer inom några områden leukokratisk, ojämnkornig, gråvit granit. Bergarten antas vara bildad ur lokala, mobiliserade smältor som bildats i samband med migmatitisering av de omgivande metatexiterna av gråvackeursprung och metatonaliterna.

Pegmatit förekommer både som klippande gångar och som konkordanta skivor i metatexiterna och är vanligtvis 1–5 dm breda. Lokalt förekommer också pegmatit i större områden och har på flera platser kunnat följas mer än 200 m i flera närliggande hällar. Dessa områden har följaktligen markerats som ytor på berggrundskartan.

Diabas

I det förberedande arbetet inför sommarens fältarbete gjordes en geofysisk tokning av flygmätta magnetiska data med avseende på utbredning av diabasgångar inom projektområdet (fig. 4). Den preli-

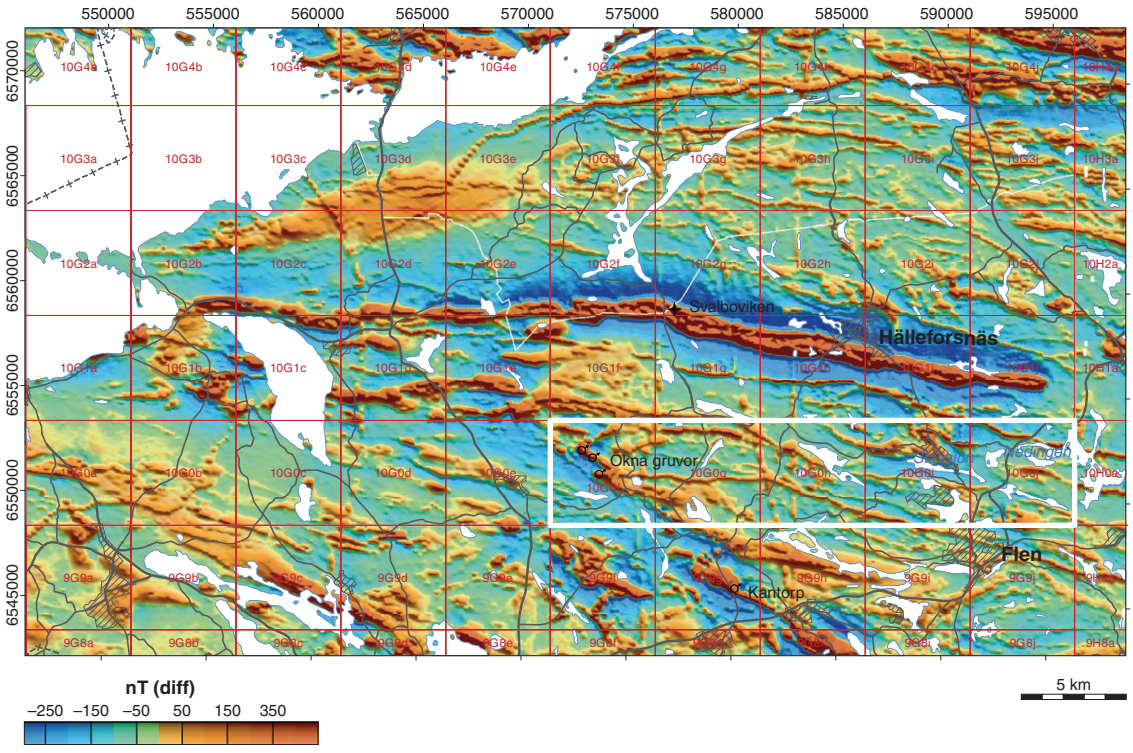


Fig. 4. Magnetisk anomalikarta över hela projektområdet. Vit rektangulär ram i sydost visar området som bearbetades under 2010. Magnetfältsdata har reducerats till pol och bearbetats så att responsen från ytnära bergartsenheter visas, dvs. från ett djupskikt mellan 0 och 1000 meter.

minära tolkningen finns presenterad i figur 2 och visar två dominerande riktningar. De ost–västligt orienterade gångarna uppträder som en gångsvärm som skärs av ett fåtal nord–sydligt orienterade, men utbredningsmässigt desto ihålligare, diabaser. De sistnämnda tillhör Blekinge–Dalarnadiabaserna (BDD). Den mest iögonenfallande magnetiska anomalin inom området härrör från den så kallade Hälleforsgången, som går i mer eller mindre ost–västlig riktning strax söder om Hälleforsnäs. Hälleforsgången är ca 500 m bred och kan följas över en sträcka av ca 40 km. Bergarten är daterad till 1 518 miljoner år (Patchett 1978).

De mindre gångarna kan antas vara 10–20 m breda och har verifierats på ett flertal platser under sommarens kartering. Diabaserna i gångarna är vanligtvis finkorniga och innehåller ofta synliga mängder magnetit och magnetkis. I ett fall, strax söder om Yxstaudden i sjön Nedingen, har även synliga mängder kopparkis noterats.

DEFORMATION OCH STRUKTURER

De äldre bergarterna inom området är storskaligt veckade och uppvisar vanligtvis tydlig foliation, gnejsighet eller dessutom minerallineation. Veckstrukturen kan följas i magnetfältsdata tack vare enskilda högmagnetiska horisonter i dels de ryolitiska metavulkaniterna i väster, dels i diatexiter och metadaciter i öster (fig. 4). Emellertid interfererar veckstrukturen i anomalimönstret med det av diabaserna förorsakade och helt dominerande anomalimönstret, så att tolkningen av strukturerna blir ofullständig.

En sammanställning av fältsäsongens mätningar är presenterad i figur 5. Mätningarna indikerar en regionalt veckad foliation eller gnejsighet med flackt stupande veckaxlar åt ostsydost. I de centrala delarna av de större veckstrukturerna är en tydlig mineralorientering utbildad i bergarterna vilken också sammanfaller med de veckaxelorienteringar som mätts i häll.

För att visa bergrundens strukturella drag har strukturella formlinjer markerats i berggrundskartan i figur 2. Formlinjerna grundar sig på de foliationsmätningar som gjorts inom området, se figur 5.

Lokalt överpräglas de äldre gnejsiga strukturerna av nordväst–sydostgående, spröd-plastiska skjuvzoner, se figur 2. Detta har noterats i häll bland annat i anslutning till Långsjön, söder om Yxstaholm, i områdets östra del och strax norr om Åtorp i områdets västligaste del. Bergarterna är i dessa stråk kraftigt spröd-plastiskt deformerade eller mylonitiska med vertikal eller brant stupning åt norr.

MINERALISERINGAR, INDUSTRIMINERAL OCH BERGTÄKTER

I den västra delen av det karterade området uppträder ett stråk med nedlagda järnmalmsgruvor. Gruvorna förekommer inom en sträcka av ca 1 500 m och utgör del av ett betydligt längre järnmalmsstråk som går att följa ca 50 km från strax söder om Flen i sydost till Hjälmaren i nordväst.

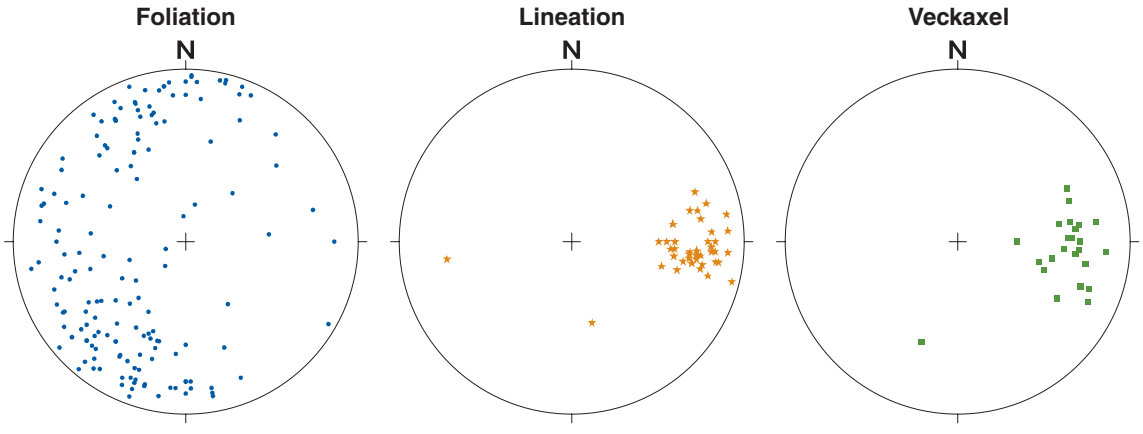


Fig. 5. Samtliga strukturmätningar plottade i stereogram, undre hemisfären.

Gruvorna inom det kartlagda området bröts i liten skala i mitten av 1800-talet och är från nordväst mot sydost Annagruvorna, Gruvstuggruvan och Skarendalsgruvan (Wik m.fl. 1999). Fältbesök har gjorts vid gruvhålen i samband med sommarens fältarbete och av varpen att döma så utgörs mineraliseringarna i huvudsak av magnetitimpregnation som uppträder i skarnig och gnejsig metavulkanit. I vissa partier uppträder också svavelkis och magnetkis i synliga mängder.

Gruvhålen är vattenfyllda och det största, tillhörande Annagruvorna, är ca 20 m långt och 5 m brett. Den största gruvan i regionen (strax söder om det karterade området) är Kantorps gruva som bröts av Boliden fram till 1967 med ett totalt uttag på 6,5 miljoner ton järnmalm (Wik m.fl. 1999).

I Svalboviken bryts sedan 1997 diabas i liten skala i en täkt tillhörande Svalboviken AB. Bergarten krossas och används som fyllnadsmaterial i asfalt (Wik m.fl. 1999). Täkten har idag en diameter på ca 100 m och kantas av ca 30 m höga väggar. Ett studiebesök har gjorts i samband med sommarens fältarbete, men någon dokumentation av området har inte rymts inom fältarbetstiden.

REFERENSER

Gorbatschev, R., 1961: Dolerites of the Eskilstuna region. *Sveriges geologiska undersökning C 580*, 39 s.

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

Lopez-Montano, R. & Nisca, D., 1987: Geology of the Eskilstuna SW and SE map-sheets, south central Sweden: interpretation of aeromagnetic maps. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 109*, 159–163.

Patchett, P., 1978: Rb/Sr ages of Precambrian dolerites and syenites in southern and central Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C 747*, 63 s.

Persson, L., Antal Lundin, I. & Reginiussen, H., 2010: Kortfattad beskrivning till berggrundskartan Eskilstuna kommun. *Sveriges geologiska undersökning K 275*.

Sidenbladh, E., 1864: Några ord till upplysning om bladet ”Säfstaholm”. *Sveriges geologiska undersökning Aa 9*, 55 s.

Stephens, M., 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.

Wik, N.-G., Sundberg, A. & Wikström, A., 1999: Malmer, industriella mineral och bergarter i Södermanlands län. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 100*, 199 s.

Wimmenauer, W. & Bryhni, I., 2007: *Towards a unified nomenclature of metamorphic petrology: 6. Migmatites and related rocks. A proposal on the behalf of the IUGS Subcommisson on the Systematics of metamorphic Rocks.* Web version of 01.02.2007 [www]. Hämtat från <http://www.bgs.ac.uk/scmr/docs/papers/paper_6.pdf> 23 mars 2011.

Boden–Jäkkvik, berg

Benno Kathol, Martiya Sadeghi, Sven Aaro, Johan Jönberger & Daniel Larsson

Projektet ”Boden–Jäkkvik, berg” omfattar kartområdena 26H Jäkkvik NO, SV och SO och 25L Boden (fig. 1). Syftet är att skapa berggrundsgeologiskt underlag för en långsiktigt hållbar resurshantering inom delar av Norrbottens län samt att skapa planerings- och beslutsunderlag för företag, kommuner, länsstyrelser och allmänheten. Resultaten kommer att redovisas i form av berggrundsgeologiska och geofysiska databaser samt berggrundskartor i skala 1:50 000. Arbetet genomförs enligt rutin GUBStB i SGUs karteringsprocesser berg. Under sommaren 2010 har karteringen inom projektet pågått i kartområdena 26H Jäkkvik NO och delar av SV, samt 25L Boden SV och delar av SO. Inom kartområdet 26H Jäkkvik har ca 420 km^2 karterats. Tillsammans med fältinsatserna år 2008 och 2009 är nu 1 258 km^2 karterade. Inom kartområdet 25L Boden har 725 km^2 karterats under sommaren 2010 och sedan undersökningarna börjat sommaren 2009 är 1 650 km^2 karterade.

De geologiska fältarbetena inom kartområdet 26H Jäkkvik NO har utförts av Daniel Larsson (SGU) och extrageologerna Stefan Persson, Carl-Henrik Pettersson (Stockholms universitet) och Jan

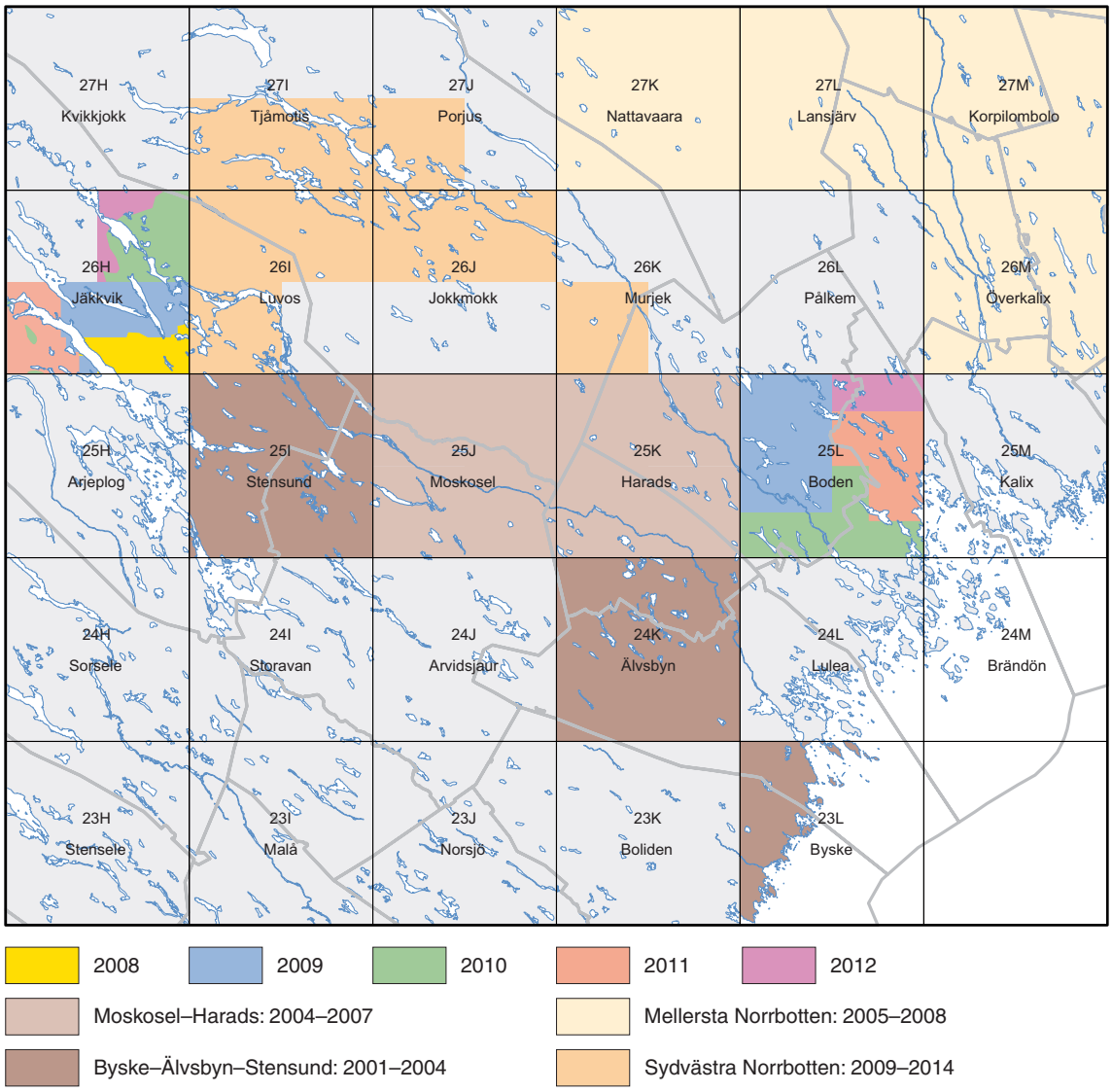


Fig. 1. Genomförd och planerad karteringsverksamhet inom ”Boden–Jäkkvik, berg”.

Ehrenborg. De geofysiska undersökningarna har utförts av Johan Jönberger (SGU), och Stefan Persson har delvis biträtt som extrageofysiker. Benno Kathol (SGU) har undersökt delar av fjällberggrunden inom kartområdena 26H Jäkkvik SV. De geologiska fältarbetena inom kartområdet 25L Boden har utförts av Martiya Sadeghi (SGU) med biträde av extrageologerna Charlotta Brandt, Paul Evins och Risto Kumpulainen. De geofysiska undersökningarna har utförts av Sven Aaro (SGU) och Christina Nysten har biträtt som extrageofysiker. Mineralfyndigheterna har inom båda områdena kontrollerats och sammanställts av Daniel Larsson (SGU).

Det geofysiska fältarbetet har inriktats huvudsakligen på strålningsmätning med gammaspektrometer på berghällar för bestämning av kalium-, uran- och toriumhalter, samt provtagning för bedömning av fysikaliska bergartsegenskaper. Magnetiska data från flygmätningen har använts som underlagsmaterial i planering av markmätning längs profiler. De har gjorts i syfte att mer i detalj kartlägga deformations- och sprickzoner samt bergartskontakter. Fältarbetenas och provtagningens omfattning för respektive område framgår av tabell 1 och 2.

Bearbetning av materialet som samlades in 2008 och 2009 i kartområdet 26H Jäkkvik SO och SV (Kathol m.fl. 2010), har påbörjats i liten skala under hösten 2008 respektive 2009. Vidare bearbetning

Tabell 1. Sammanställningen av de geologiska och geofysiska fältinsatserna samt provtagningen inom kartområdet 26H Jäkkvik (2008–2010).

Tidsperiod	2010	2008–2010
Extrageologer och projektanställda	16 personveckor	49 personveckor
Extrageofysiker*	4 personveckor	9 personveckor
Kartbladsgeologer**	11 personveckor	37 personveckor
Kartbladsgeofysiker	6 personveckor	16 personveckor
Karterad yta	420 km^2	1 258 km^2
Observerade hällar och hällområden	572	1 855
Observationslokaler, geofysik	161	393
Strålningsmätningar	342	937
Bergartsprov för petrofysiska mätningar	121	275
Geofysiska mätprofiler	7	12
Bergartsprov geologi	150	480
Tunnslip	0	52
Kemiska analyser	44	139
Bergartsprov för U-Pb-zirkondatering***	6 (1)	13 (4)

* Extrageofysikerns arbetsuppgifter har tagits över av en av extrageologerna.
** Inklusive undersökningen av mineralfyndigheterna.
*** Siffrorna i parentes anger genomförda dateringar.

Tabell 2. Sammanställningen av de geologiska och geofysiska fältinsatserna samt provtagningen inom kartområdet 25L Boden (2009–2010).

Tidsperiod	2010	2009–2010
Extrageologer och projektanställda	26 personveckor	54 personveckor
Extrageofysiker	10 personveckor	17 personveckor
Kartbladsgeolog*	9 personveckor	18 personveckor
Kartbladsgeofysiker	4 personveckor	8 personveckor
Karterad yta	725 km^2	1 650 km^2
Observerade hällar och hällområden	895	1 812
Observationslokaler, geofysik	174	304
Strålningsmätningar	498	848
Bergartsprov för petrofysiska mätningar	86	142
Geofysiska mätprofiler	8	14
Bergartsprov geologi	212	488
Tunnslip	50	90
Kemiska analyser	39	81
U-Pb-zirkondateringar	1	6
Sm-Nd analyser	4	4

*Inklusive undersökningen av mineralfyndigheterna

av materialet från fältsäsongerna 2008, 2009 och 2010 har pågått under hösten 2010 och fortsätter under våren 2011. Hela arbetsområdet, dvs. kartområdena 26H Jäkkvik NO, SV och SO, ska vara färdigkarterat i slutet av sommaren 2012. Resultaten kommer att redovisas i SGUs serie K och man beräknar att de publiceras under 2013.

Lägena för hällobservationerna, provtagningspunkterna för U-Pb-zirkondateringarna och de geokemiska analyserna samt en sammanställning av de geofysiska fältinsatserna över motsvarande områden visas i figurer i respektive avsnitt.

KARTOMRÅDET 26H JÄKKVIK

Berggrunden

Berggrunden i den östra delen av kartområdet 26H Jäkkvik (fig. 2) tillhör den fennoskandiska skölden. Fjällområdena i områdets västra och nordvästra del byggs däremot 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 berggrund.

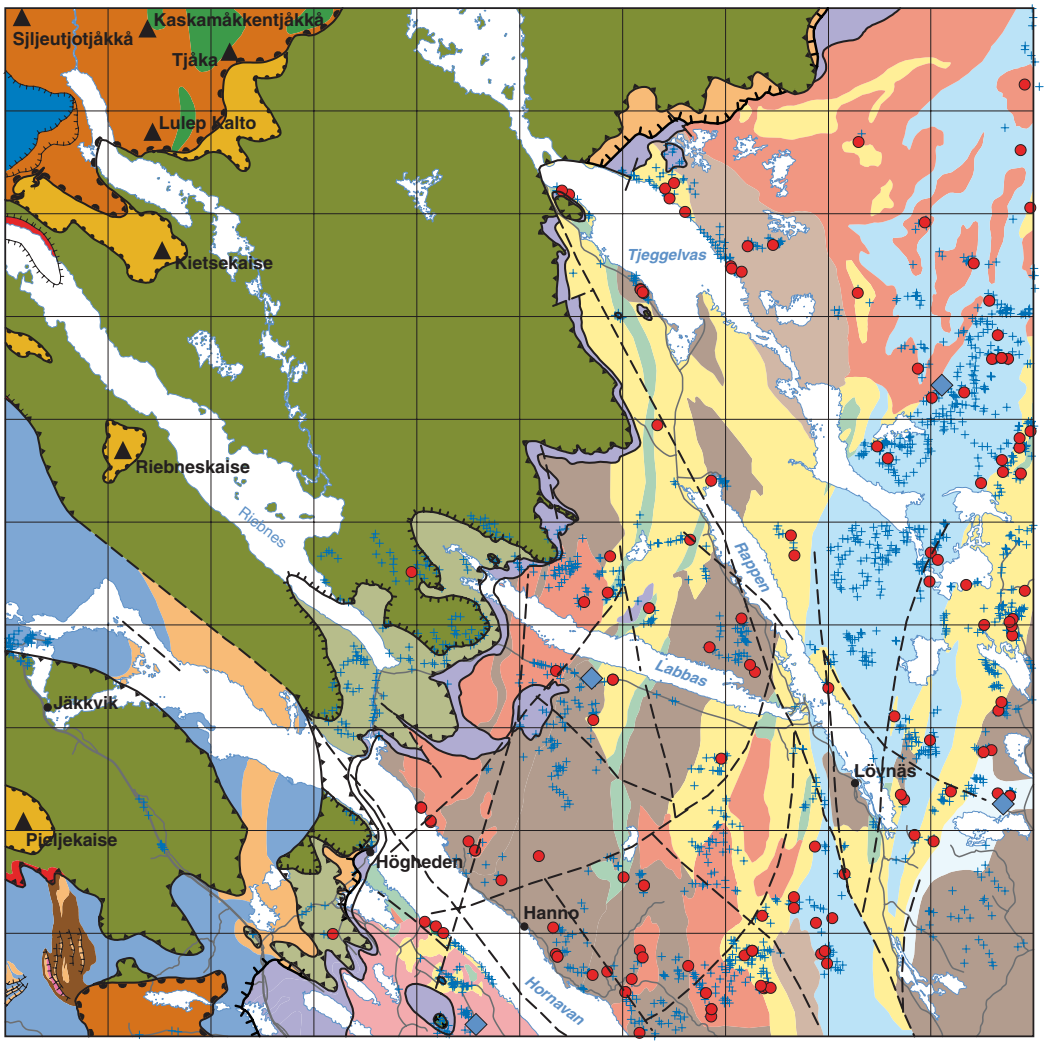
Den paleoproterozoiska berggrunden domineras av tidigsvekokarelska och sen- till postsvekokarelska djupbergarter (pertitmonzonitsviten och Jörn GI-sviten resp. Lina- och Revsundssviten) och huvudsakligen landavsatta (subaeriska) 1,88 till 1,86 miljarder år gamla vulkaniska och underordnat sedimentära ytbergarter (Arvidsjaurgruppen). Dessa ytbergarter överlagras i områdets östra del av en sekvens av i varierande grad omvandlade kvarts- och fältspatsandstenar (Snavva–Sjöfallsgruppen).

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

Under en sen fas av den svekokarelska orogenesen intruderades den deformerade berggrunden av stora mängder magma som stelnade till utsträckta granit- till monzonitintrusioner. Beroende på magmornas ursprung indelas dessa sen- till postsvekokarelska bergarter i Linasviten och i bergarter som hör till Revsundsviten. De senare räknas till det så kallade transskandinaviska magmatiska bältet.

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 av Willdén (1980) delats in i fältspatrika 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 i väster. Inom kartområdet 26H Jäkkvik tillhör de flesta skollenheterna huvudsakligen den undre och mellersta skollberggrunden. Bergarter tillhörande den övre skollberggrunden uppträder i kartområdets nordvästra del.



FJÄLLKEDJAN

Övre skollberggrunden

Seve-skollkomplexet

- Marmor, kalksilikatbergart med eklogit till granatamfibolit
- Amfibolit och grönskiffer
- Granatförande glimmerskiffer och kvarts-fältspatgnejs, marmor
- Bas för övre skollberggrunden

Mellersta skollberggrunden

- Metaarenit med diabasgångar (Särvskollan)
- Bas för Särvskollan
- Meta-arkos, metagråvacka, kvartsit, fyllit, fyllonit
- Fyllit, fyllonit, metagråvacka, meta-arkos, kvartsit
- Granit, syenit, monzonit, tonalit
- Bas för mellersta skollberggrunden

Undre skollberggrunden

- Fyllit till grafitfyllit, gråvacka och slamsten
- Alunskiffer och grafitfyllit
- Kvartsit, kvartsarenit, slamsten och fyllit
- Proterozoisk granitoid
- Bas för undre skollberggrunden

ROTFAST SEDIMENTÄR PÅLAGRING

- Kvartsarenit, kvartsit, slamsten och alunskiffer
- Primär diskordans

FENNOSKANDISKA SKÖLDEN

Sen- till postsvekokarelska djupbergarter

- Granit, Revsundssviten
- Gabbro, ultramafit, pertitmonzonitsviten
- Granit, Linasviten

Tidigsvekokarelska djupbergarter

- Granit, pertitmonzonitsviten
- Granodiorit till tonalit, Jörn GI-sviten

Svekofenniska ytbergarter

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

- Överskjutning inom skollenhet
- Deformationszon, ospecificerad
- Provpunkt för radiometrisk datering
- Provpunkt för geokemisk analys
- Hällobservation

Tidigare geologiska arbeten

Urbergsdelen i kartområdet 26H Jäkkvik 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 under flera omgångar. För kartor och rapporter som upprättades under prospekteringen hänvisas till SGUs Georegister. De här berörda kartområdena omfattas också av en digital karta (opublicerad) över urberget i norra Sverige, som sammanställdes av T. Sjöstrand och H. Henkel under den senare delen av 1980-talet vid SGU.

Tidigare och pågående 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. År 1972 flygmätte SGU kartområdet 26H Jäkkvik SO och delar av 26H Jäkkvik SV. Från den senare mätningen finns dock endast magnetfältsdata tillgängliga. År 1981 utförde Luossavaara–Kiirunavaara AB (LKAB) flygmätningar i en del av området 26H Jäkkvik NO samt den norra delen av 26H Jäkkvik SO. Då mättes magnetfält, 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 som omfattade magnetfältet och gammastrålningen samt det elektromagnetiska fältet (en-frekvens slingram samt, till skillnad från 1981, tvåvägs VLF). Samtliga flygmätningar fram till 1980-talet har gjorts i ost–västlig riktning och på 30 m höjd över marken och med ett linjeavstånd av ca 200 m mellan varje flygstråk.

Under sommaren 2009 flygmättes kartområdena 26H Jäkkvik SV och NV samt de delar av 26H NO som inte hade information om det elektromagnetiska fältet. Mätningarna omfattade magnetfältet, gammastrålningen och det elektromagnetiska fältet (tvåvägs VLF). De gjordes i ost–västlig riktning och på 60 m höjd över markytan och med ett linjeavstånd av ca 200 m mellan varje flygstråk.

Tyngdkraftsmätningar i området har utförts främst under 1970-talet samt under vårvintern och sommaren 2009. Mätpunkterna som fanns innan 2009 var främst lokaliserade längs större vägar samt sjöstränder. Över stora delar av kartområdet 26H Jäkkvik har markmätningar av magnetfältet, elektromagnetiska fält (slingram och VLF) samt inducerad polarisation (IP) gjorts. Materialet finns både som kartor vid SGUs kontor i Malå samt i digital form. Från tidigare prospekteringsverksamhet i kartområdet 26H Jäkkvik finns 614 koordinatsatta bergartsprover. De har analyserats med avseende på densitet, susceptibilitet och Königsbergerförhållandet (q-värdet), samt i vissa fall på remanensens riktning.

Dateringsresultat

En subvulkanisk ryolit vid Rimpos norr om Suobdekjaure (7360490/634495) uppvisar intrusiva kontakter mot starkt folierade paragnejser. Ryoliten har daterats till 1 862±27 miljoner år vilket innebär

Fig. 2. Preliminär geologisk karta över kartområdet 26H Jäkkvik. Hällobservationer samt provpunkter för U-Pb-zirkondateringar och geokemiska analyser i kartområdena 26H Jäkkvik SO, SV och NO framtagna under fältsäsongerna 2008, 2009 och 2010 är markerade. Den geologiska bakgrunden inom området av den fennoskandiska skölden är tagen och delvis modifierad från Koistinen m.fl. (2001). Den geologiska kartbilden över fjällberggrunden och den sedimentära pålagringen mellan Labbas och Högheden är resultat av 2009 års kartering och sammanställd av L. Albrecht (Kathol m.fl. 2010) samt modifierad år 2010. I de andra delarna av fjällberggrunden och den sedimentära pålagringen visas T. Thelanders sammanställning över Kaledoniderna i norra Sverige (Thelander 2009).

att den fas av deformationen och metamorfosen som omvandlade sedimentbergarterna till paragnejser är äldre än den svekokarelska orogenesens huvudfas vid ca 1 830 miljoner år.

En massformig, ljust grå, medel- till grovkornig, svagt porfyrisk kvartsmonzonit (fig. 3a) från ett litet stenbrott vid Lillraudok (7349445/609001), öster om Laisvikberget, har provtagits för U-Pb-datering. Denna datering har gett en kristallisationsålder på 1 803±5 miljoner år (SGU, opublicerad).

För en granit som har provtagits för datering (fig. 3b) i ett stenbrott (7366337/614409) söder om sjön Labbas kunde ingen ålder tolkas som entydig kristallisationsålder. Däremot visar dateringen på existensen av en geologisk händelse med en ungefärlig ålder av ca 1 860 miljoner år (SGU, opublicerad). Detta innebär att graniten måste ha funnits vid denna tidpunkt och därför inte kan tillhöra den sen- till postsvekokarelska Linasviten, som tidigare antagits (Koistinen m.fl. 2001), utan snarare kan korreleras med den 1,90–1,85 miljarder år gamla Vuolvojauregraniten (Berndtsson 1983, Berndtsson m.fl. 1984, Silvennoinen m.fl. 1987).

Tillsammans tyder dateringsresultaten från Lillraudok och Labbas på att sjön Hornavan markerar en större, strukturell diskordans. Den kan antingen vara en intrusivkontakt som klipper de strukturella dragen nordost om sjön eller en större deformationszon. Om diskordansen tolkas som en större deformationszon krävs det förskjutningsbelopp av flera mil för att kunna förklara skillnaden i det strukturella mönstret nordost respektive sydväst om Hornavan.

Resultat från karteringen 2010 av Fennoskandiska skölden

Karteringen av den fennoskandiska sköldens berggrund inom kartområdet 26H Jäkkvik NO har under sommaren 2010 för det mesta utförts från tältläger som nåddes antingen med helikopter eller med båt. Detta arbete har inte varit genomförbart i det omfång det var tänkt på grund av det dåliga vädret med mycket regn och även snöfall, vilket medförde att området som tillhör den fennoskandiska skölden inte kunnat karteras i sin helhet. Större, ej undersökta områden är de väster om Skierfajaure, mellan Skierfajaure och Vuolle Måskejaure, mellan Munkajaure och Pällajaure samt delar av det låglänta området nordost om Tjeggelvas. Den följande beskrivningen av bergarterna grundar sig således enbart på de år 2010 undersökta områdena.

Sedimentära bergarter

Sedimentära bergarter förekommer huvudsakligen i den östra delen av kartområdet 26H Jäkkvik NO. De bildar ett nordnordost–sydsydvästligt strykande stråk av sandstenar och kvartsiter, gråvackor,

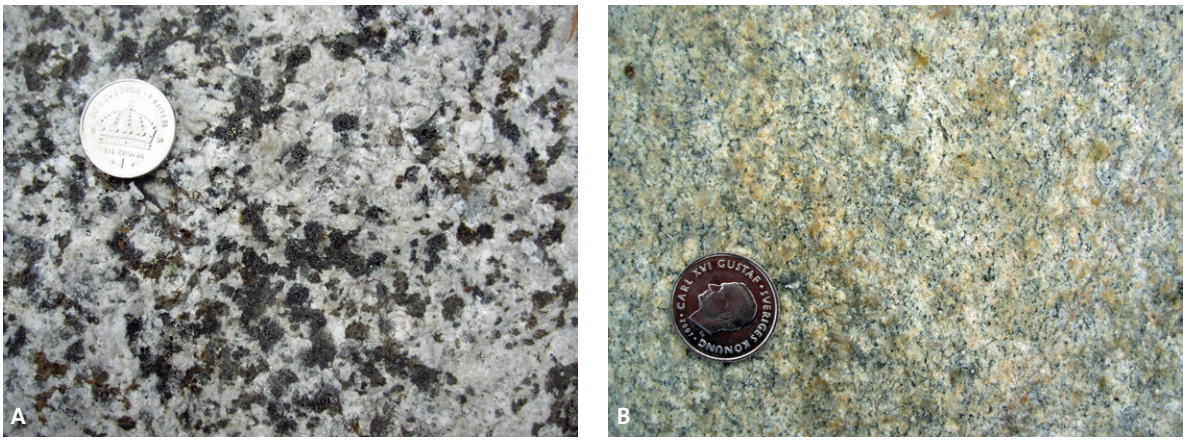


Fig. 3. Daterade bergarter från kartområdet 26H Jäkkvik SO. **A.** Kvartsmonzonit. Lillraudok, ca 1,7 km öster om Laisvikberget (7349445/609001). **B.** Svagt folierad granit. Stenbrott söder om Labbas, ca 13,7 km västnordväst om Lövnäs (7366337/614409). Foto: Benno Kathol.

arkoser samt underordnat paragnejser och amfiboliter. Dessa bergarter tillhör den så kallade Snavva–Sjöfallsgruppen (Lindström m.fl. 2000) som sträcker sig från Hornavan i söder till Stora Sjöfallet i norr. I den norra delen av kartområdet 26H Jäkkvik NO genomsätts Snavva–Sjöfallsgruppen av mindre granitintrusioner som räknas till den sen- till postsvekokarelska Linasviten.

Den vanligaste bergarten i Snavva–Sjöfallsgruppen inom kartområdet 26H Jäkkvik NO är sandsten (fig. 4a). Tillsammans med sandsten förekommer kvartsit eller övergångar till kvartsit i den västra delen av det stora stråket mellan Sarvatj och Skierfajaure och dessutom norr om Vuoksak. Arkoser har observerats på spridda ställen mellan Sarvatj och Skierfajaure samt söder om Sjuvajaure (fig. 4b). Gråvacka uppträder huvudsakligen på Vuotsas och söder om Siepmer. Paragnejs förekommer väster om Muorjak och sydväst om Pällajaure, medan amfibolit uppträder norr om Sarvatj, öster om Muorjak och söder om Pällajaure.

Metamorfosgraden inom hela Snavva–Sjöfallsgruppen ökar generellt mot söder. Inom kartområdet 26H Jäkkvik NO är migmatitisering vanligt förekommande utom på Vuotsas och i området mellan sjöarna Tapmuk och Pällajaure. Svag migmatitisering kännetecknas av granitiska ådror i sandsten eller kvartsit (fig. 5a). Vidare uppträder stromatisk migmatit (fig. 5b), nebulitisk migmatit (fig. 5c) och diatexit (fig. 5d).

Rikligt med sillimanit har observerats runt bergen Pällatjåkka, Siepmer (fig. 6) och Sarvatj; i något mindre utsträckning förekommer sillimanit i sydostsluttningen av Vuotsas och söder om Sjuvajaure. På Sarvatj och berget söder om Hapakjauratj uppträder cordierit tillsammans med sillimanit. I området runt Pällatjåkka och Siepmer förekommer cordierit däremot huvudsakligen väster om sillimanitområdet i den västligaste delen av det stora stråket med Snavva–Sjöfallsgruppens bergarter. På Vuotsas har ingen cordierit observerats. Granat förekommer på berget norr om Vuotsas och på sluttningen söder om Siepmer. Skarnkonkretioner med amfibol och epidot har observerats strax sydväst om Pällajaure.

Geokemiska diagram av Pettijohn m.fl. (1972), Herron (1988) och Bhatia & Crook (1986) visar inga signifikanta skillnader mellan bergarterna i Snavva–Sjöfallsgruppen och vulkanoklastiter och vulkaniska sandstenar i Arvidsjaurgruppen (fig. 7 a–d). Detta kan antyda att de sedimentära bergarterna i Snavva–Sjöfallsgruppen härstammar från den underliggande Arvidsjaurgruppen. För att säkerställa detta antagande behövs dock provenansstudier på zirkon.

Vulkaniska bergarter

De vulkaniska bergarterna i kartområdet 26H Jäkkvik NO räknas till den svekofenniska, 1,88–1,86 miljarder år gamla Arvidsjaurgruppen och antas underlagra de sedimentära bergarterna i Snavva–

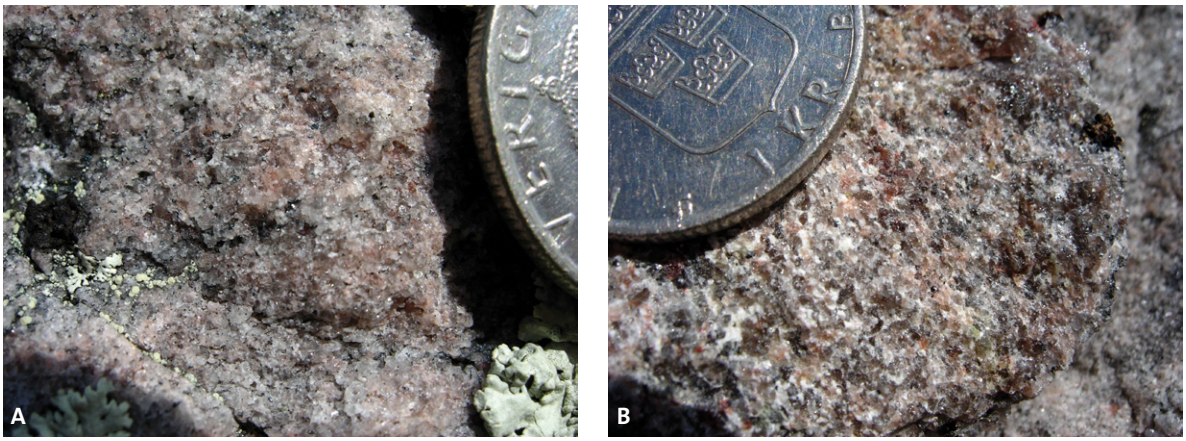


Fig. 4. Bergarter från Snavva–Sjöfallsgruppen inom kartområdet 26H Jäkkvik NO. **A.** Sandsten. Siepmer, ca 19,5 km nordnordost om Lövnäs (7380154/632903). **B.** Arkos. Sarvatj, ca 23 km nordonordost om Lövnäs (7383820/633402). Foto: Carl-Henrik Pettersson.

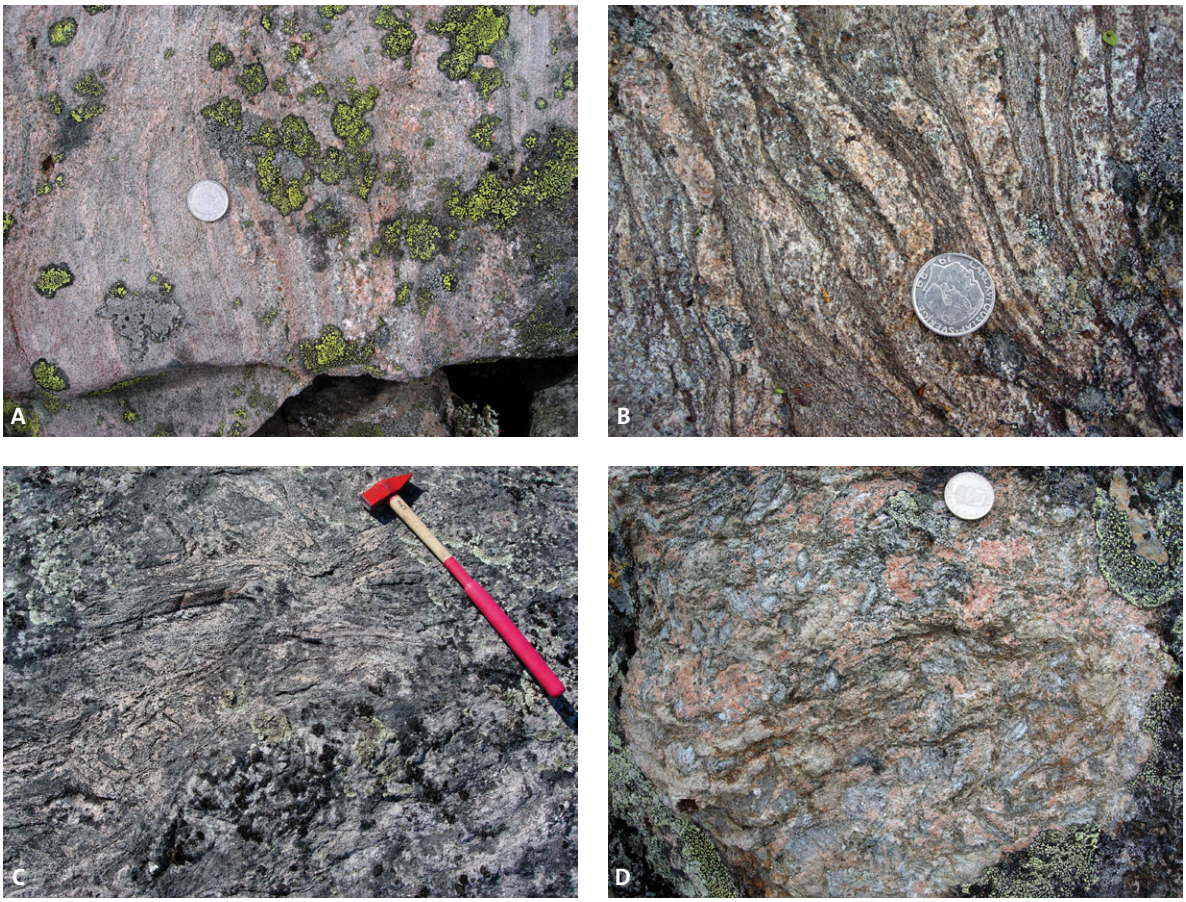


Fig. 5. Migmatitiserade bergarter från Snavva–Sjöfallsgruppen inom kartområdet 26H Jäkkvik NO. **A.** Granitiska ådror i kvartsit. Sydväst om Sarvatj, ca 22,5 km nordnordost om Lövnäs (7383471/632282). **B.** Stromatisk migmatit. Namnlöst berg sydost om Hapakjauratj, ca 21,7 km nordnordost om Lövnäs (7381896/635396). **C.** Nebulitisk migmatit. Pällatjåkka, ca 16,7 km nordnordost om Lövnäs (7377934/630580). **D.** Diatexit. Tapmuk, ca 20,2 km nordnordost om Lövnäs (7380920/632803). Foto: Carl-Henrik Pettersson.

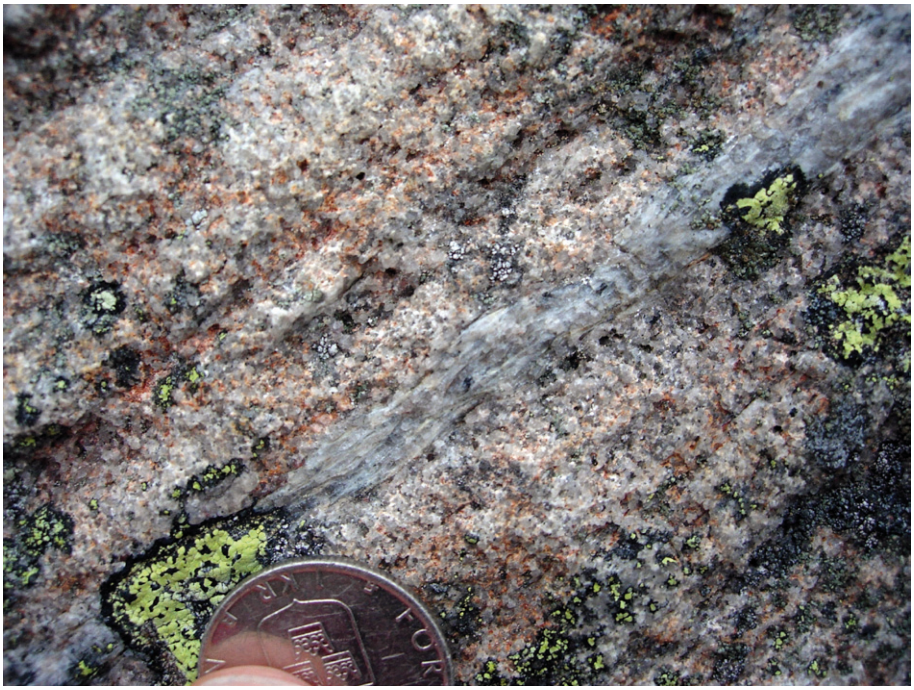


Fig. 6. Fibrös sillimanit i arkos från Snavva–Sjöfallsgruppen. Tapmuk, ca 20,2 km nordnordost om Lövnäs (7380796/632206). Foto: Carl-Henrik Pettersson.

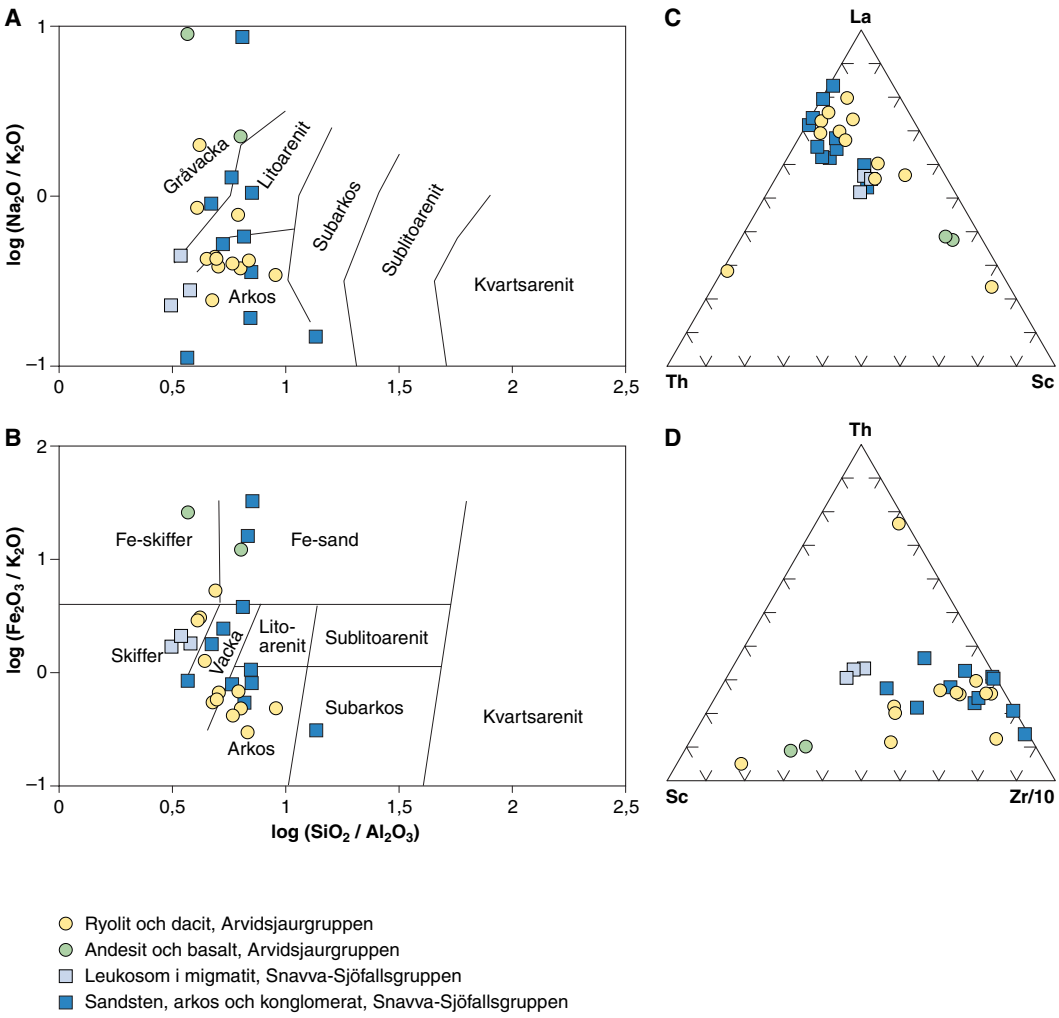


Fig. 7. Geokemidiagram med analysvärden från Snavva–Sjöfallsgruppen och vulkanoklastiter i Arvidsjaurgruppen. **A.** Klassificeringsdiagram för sedimentära bergarter enligt Pettijohn m.fl. (1972). **B.** Klassificeringsdiagram för sedimentära bergarter enligt Herron (1988). **C** och **D.** Ternärdiagram enligt Bhatia & Crook (1986).

Sjöfallsgruppen. De flesta observationerna av vulkaniska bergarter gjordes sydost om Ramanj, nordost om Ardnastjåkka och på Vuotsas. Vulkaniterna är för det mesta vulkanoklastiska ryoliter (fig. 8a) och underordnat daciter (fig. 8b). Till färgen är de omväxlande grå, röda eller rödbruna. Koherenta ryoliter och daciter har rapporterats från området öster om Ramanj och från stranden av Tjeggelvas norr om Ardnastjåkka. Andesiter uppträder på Vuotsas. Vulkaniterna i kartområdet 26H Jäkkvik NO är till övervägande del folierade och uppvisar i något mindre utsträckning en minerallineation. De är vanligen porfyriska men jämnkorniga varieteter finns också. Vulkanisk sandsten är en relativt vanlig bergart bland vulkaniterna.

Intrusivbergarter

Felsiska intrusivbergarter förekommer över hela kartområdet 26H Jäkkvik NO. De räknas dels till den tidigsvekokarelska Jörn GI-sviten (Kathol & Weihed 2005) och pertitmonzonitsviten (Witschard 1984) och dels till den sen- till postsvekokarelska Linasviten.

Berggrunden i det låglänta området nordost om Tjeggelvas består av övervägande folierad och ställvis ådrad eller migmatitiserad granodiorit, granodiorit till tonalit och underordnat granit och tonalit. Berndtsson (1983) och Berndtsson m.fl. (1984) beskriver det nämnda området som ett magnetiskt



Fig. 8. Bergarter från Arvidsjaurgruppen inom kartområdet 26H Jäkkvik NO. **A.** Vulkanoklastisk ryolit. Sydost om Hapakjauratj, ca 19 km nordnordost om Lövnäs (7382130/634445). Foto: Carl-Henrik Pettersson. **B.** Dacit. Tjeggelvas strand, ca 500 m öster om Örnvik (7390218/612414). Foto: Daniel Larsson.

ganska väl avgränsat område vars berggrund består av grå intermediära gnejser. De sammanfattar dessa gnejser under namnet Tjeggelvasgnejs eller Tjeggelvas gnejsformation och betecknar dem som äldst inom kartområdet 26H Jäkkvik NO norr om Piteälven. Ödman (1957) beskriver dessa bergarter som svioniska (svekokarelska) Arvidsjaurdioriter och -kvartsdioriter. Silvennoinen m.fl. (1987) inkluderar bergarterna i den tidigsvekokarelska Haparandasviten. Koistinen m.fl. (2001) hänför dessa bergarter till en supersvit av tidigsvekokarelska, 1,91–1,88 miljarder år gamla granodioriter, tonaliter graniter, monzoniter och syeniter. Öster om karteringsområdet inkluderar denna supersvit både Jörn GI- och Haparandasviten (Kathol & Weihed 2005, Ödman 1957, Ödman m.fl. 1949).

De nämnda bergarterna nordost om Tjeggelvas är jämnkorniga till ojämnkorniga och endast underordnat porfyriska. De är finkorniga till fint medelkorniga med några undantag som är medelkorniga eller relikt medelkorniga. Bergarterna är ställvis migmatitiska (fig. 9a).

I närheten av Tjeggelvas strand nordväst om Silpikjaure observerades upp till 20 m stora inneslutningar av finkornig, folierad, amfibolförande tonalit (fig. 9b). Om dessa inneslutningar är xenoliter, enklaver eller fragmenterade gångar är oklart.

Intrusioner tillhörande pertitmonzonitsviten uppträder inom hela kartområdet 26H Jäkkvik i rumsligt samband med vulkaniter ur Arvidsjaurgruppen. Detta samband tyder på ett komagmatiskt ursprung för bergarterna från båda enheterna. Inom kartområdet 26H Jäkkvik NO är det tre skilda mindre intrusioner som utgörs av dessa bergarter. Bergarterna i de två undersökta intrusionerna norr om Gibnotjåkka och norr om Rappens nordligaste del är graniter. Dessa är vanligen massformiga, men en svag foliation uppträder dock ställvis öster om Rappens nordligaste vik, och en minerallineation förekommer norr om Gibnotjåkka (fig. 9c).

Graniterna norr om Gibnotjåkka är medelkorniga och för det mesta jämnkorniga. De är ljust grå till rödgrå. Graniterna norr om Rappens nordligaste del är ojämnkorniga, grovt medelkorniga till grovkorniga. De är rödgrå till gråröda.

Graniter som tillhör den sen- till postsvekokarelska Linasviten utgör berggrunden i kartområdets 26H Jäkkvik NO nordöstra del. De uppträder dels som en större kropp direkt väster om stråket bestående av Snavva–Sjöfallsgruppens bergarter, dels som mindre, isolerade kroppar i de senare.

Graniterna i Linasviten är gråröda till röda och övervägande medelkorniga (fig. 9d). Texturen varierar från jämnkornig över ojämnkornig till porfyrisk. De är övervägande massformiga, men en ställvis uppträdande foliation har troligen samband med större deformationszoner. Flytande övergångar till pegmatitiska partier är vanliga.



Fig. 9. Intrusivbergarter från kartområdet 26H Jäkkvik NO. **A.** Migmatitiserad granodiorit till tonalit av Jörn GI-sviten. Silpikjaure, ca 5 km nordost om Stenudden (7386457/620911). Foto: Stefan Persson. **B.** Inneslutning av finkornig tonalit i delvis migmatitiserad granodiorit till tonalit. Silpikjaure, ca 5 km nordost om Stenudden (7386457/620911). Foto: Stefan Persson. **C.** Granit av pertitmonzonitsviten med minerallineation. Norr om Gibnotjåkka, ca 6,8 km sydost om Örnvik (7385099/616681). Foto: Jan Ehrenborg. **D.** Medelkornig granit av Linasviten. Vuoksak, ca 34,7 km nordnordost om Lövnäs. Foto: Carl-Henrik Pettersson.

Gångbergarter

Inom kartområdet 26H Jäkkvik NO är granit- och pegmatitgångar den vanligaste gångtypen. Underordnat förekommer gångar av aplit och mafiska gångar. Runt hälften av alla granit- och pegmatitgångar har observerats inom Snavva–Sjöfallsgruppen. Den andra hälften uppträder i granodiorit- till tonalitintrusionen av Jörn GI-sviten och i Arvidsjaurgruppens vulkaniter. Från graniterna av Linasviten har inga granit- eller pegmatitgångar rapporterats.

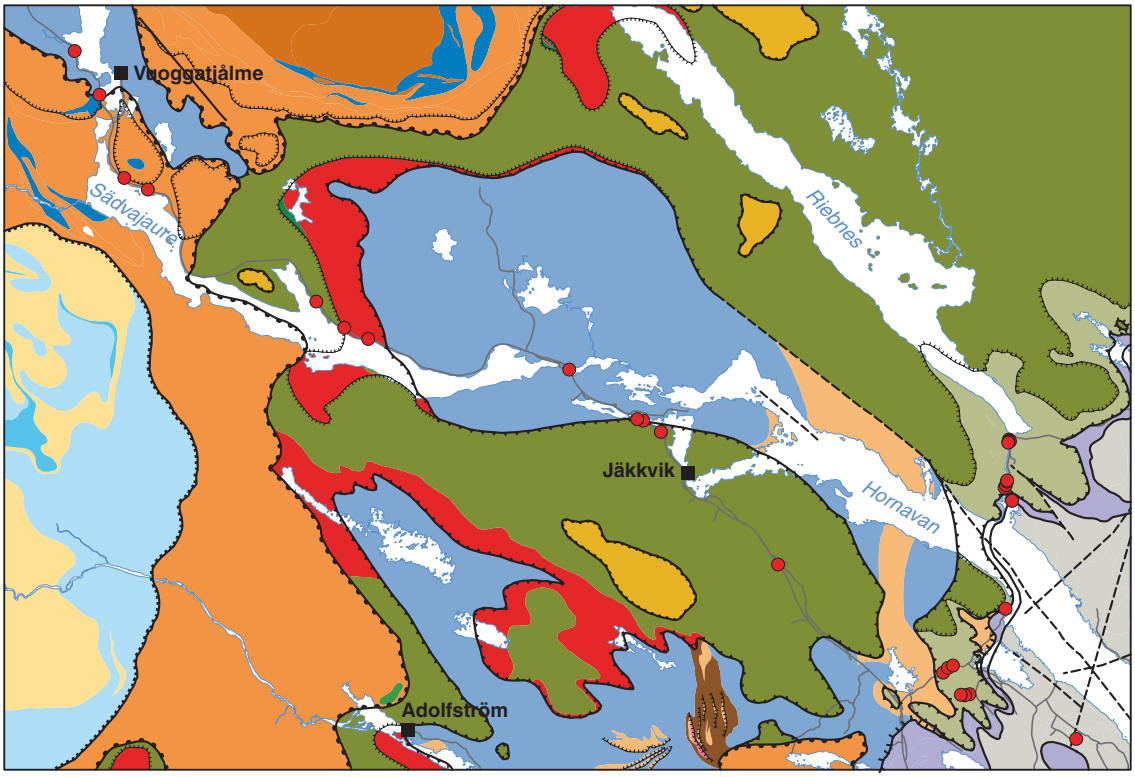
Mafiska gångar består av diabas, gabbro eller amfibolit. Norr om Gibnotjåkka uppträder de i granit av pertitmonzonitsviten, norr om Silpikjaure i granodiorit till tonalit av Jörn GI-sviten och norr om Ardnastjåkka samt sydost om Ramanj i vulkaniterna av Arvidsjaurgruppen.

Resultat från undersökningen 2010 av fjällberggrunden

Undersökningen av fjällberggrunden påbörjades med en tre dagar lång arbetsexkursion som berörde både den undre, mellersta och övre skollberggrunden. Under exkursionen besöktes ett 30-tal lokaler längs Silvervägen, Riebnesströmmen och vägen till Högheden samt norr om Fabmoberget. I exkursionen deltog, förutom Benno Kathol, Lena Albrecht (Boliden), Reinhard Greiling (Karlsruhe i Tyskland) och Risto Kumpulainen (Stockholm). De besökta lokalerna visas i exkursionskartan som baseras på en preliminär berggrundskarta över delar av kartområdena 26H Jäkkvik SV och 26G Pieljekaise (fig. 10).

Under exkursionen reviderades den enhet som i Kathol m.fl. 2010 betecknades som ”Undre allokton”. Denna enhet kunde enligt R. Greiling och R. Kumpulainen korreleras med Stalonskollan längre i söder som tillhör den mellersta skollberggrunden. I den här rapporten hänförs därför denna enhet till den mellersta skollbergrunden och urskiljs som en undre enhet inom denna (fig. 2).

Efter exkursionen ägnade Benno Kathol en vecka för att undersöka profilen längs Silvervägen mellan Höghedsvägen vid Garviksberget och Ringselet nordväst om Jäkkvik samt att kartera området norr och



ÖVRE SKOLLBERGGRUNDEN

Köli-skollkomplexet

- Kvartsit till glimmerskiffer
- Kalksten
- Grafitfyllit, kalksten, tuffit, kvartsfyllit till glimmerskiffer
- Bas för Köli-skollkomplexet

Seve-skollkomplexet

- Metavulkanisk bergart delvis omvandlad till glimmerskiffer samt eklogit till granatamfibolit
- Marmor, kalksilikatbergart med eklogit till granatamfibolit
- Amfibolit och grönskiffer
- Bas för Seve-skollkomplexet

- Överskjutning inom skollenhet
- Primär diskordans
- Deformationszon, ospecificerad
- Exkursionslokal
- Fennoskandiska skölden, odifferentierad

MELLERSTA SKOLLBERGGRUNDEN

- Metaarenit med diabasgångar (Särvskollan)
- Bas för Särvskollan
- Meta-arkos, metagråvacka, kvartsit, fyllit, fyllonit
- Fyllit, fyllonit, metagråvacka, meta-arkos, kvartsit
- Grönsten, gabbro eller diorit
- Granit, syenit, monzonit, tonalit
- Bas för mellersta skollberggrunden

UNDRE SKOLLBERGGRUNDEN

- Fyllit till grafitfyllit, gråvacka och slamsten
- Alunskiffer och grafitfyllit
- Kvartsit, kvartsarenit, slamsten och fyllit
- Proterozoisk granitoid
- Bas för undre skollberggrunden

ROTFAST SEDIMENTÄR PÅLAGRING

- Kvartsarenit, kvartsit, slamsten och alunskiffer

Fig. 10. Geologisk karta över exkursionsområdet längs Silvervägen. Den geologiska kartbilden över fjällberggrunden och den sedimentära pålagringen mellan Högheden vid Hornavan och området öster om Riebnes är resultat av 2009 års kartering och sammanställd av L. Albrecht (Kathol m.fl. 2010) samt modifierad år 2010. I de andra delarna av fjällberggrunden och den sedimentära pålagringen visas T. Thelanders sammanställning över Kaledoniderna i norra Sverige (Thelander 2009).

väster om Jäggaure. Området norr om Jäggaure består av en väl bevarad sedimentär bergartssekvens tillhörande den undre skollberggrunden. Denna sekvens utgörs huvudsakligen av gråvackor med enstaka tjockare inlagringar av sandsten och arkos. Kornstorleken i gråvackorna varierar mellan lera och finsandsten. Typisk för gråvackorna är utfällningar, ådror och sprickfyllnader av ljust brunt vittrande karbonat (fig. 11a). De fåtaliga sandstens- och arkosinlagringar som finns är finsandiga; sandsten med kornstorleken mellansand har enbart observerats i ett sandstenslager i områdets norra del.

Gråvackorna är i allmänhet folierade, och foliationen stryker i allmänhet ost–väst med medelbrant stupning mot norr. Lagringen i gråvackesekvensen är troligen omorienterad och ligger nu mer eller mindre parallellt med foliationen. På enstaka ställen förekommer dock en veckning av lagringsytorna med tillhörande axialplansförskiffring. Där lagringen var välbevarad kunde konstateras att den består av en växellagring mellan sandiga–siltiga och siltiga–leriga skikt i 5–10 cm skala. På två ställen antyder graderad skiktning med tydliga sandiga baser (fig. 11b) att lagerserien blir yngre mot nordnordväst respektive norr dvs. att den ligger rättvänd.

Den basala överskjutningen av den mellersta skollberggrunden är inte direkt blottad i det här området. Det enda stället där denna överskjutning har observerats under sommaren är i klipporna strax nordost om Högheden (fig. 12). Däremot är de basala enheterna av den mellersta skollberggrunden (Jäkkvikskollan) blottade längs Silvervägen väster om Jäggaure och på halvön öster om Njuonekjauratj. Längst i väster uppträder en starkt deformerad och veckad ortognejs (fig. 13a, b) ovanför den mellersta skollberggrundens basala överskjutning. Längre åt öster, vid Njuonekjauratj, utgörs den basala delen av den mellersta skollberggrunden av starkt folierade, protomylonitiska, glimmerrika (fyllitiska), grå till gröngrå arkoser med enstaka, upp till 1 mm stora granater. Foliationen är veckad i centimeterskala.

Vid Rimobäcken är de centrala delarna av Jäkkvikskollan blottade. Bergarten här är en tjockbankad (0,2–2 m), homogen arkos (fig. 13c). Lagringen antyds enbart svagt genom förekomsten av upp till 30 cm tjocka, mera glimmerrika, knottriga skikt eller genom ansamlingar av tungmineral i den annars homogena arkosen. Växellagringen mellan sandiga och leriga skikt syns bättre i hällar med vittrade ytor som finns på sydvästra sidan av vägen, ca 450 m sydost om lokalen vid Rimobäcken.

Även i de starkt folierade arkoserna i den mellersta skollberggrunden vid Biessetj antyds en lagring genom en växellagring mellan leriga, knottriga skikt och mera sandiga skikt. Knottrigheten uppstår genom riklig förekomst av granat (almandin), som i vissa skikt utgör upp till 7 % av bergarten. Lagringen är subparallell med foliationen. Upp till 8 cm tjocka kvartslinser, möjligen omorienterade sprickfyllnader, är vanliga i det här området och uppträder mer eller mindre parallellt med foliationen och lagringen (fig. 13d).



Fig. 11. Gråvackor från undre skolleberggrunden vid Jäggaure. **A.** Vittrad karbonat på sprickytor i gråvacka. Sydöstra viken av Harrselet, ca 3,9 km nordnordväst om Jäkkvik (7368119/586304). **B.** Graderad skiktning i gråvacka. En tydlig sandig bas syns nedanför pennan. Bilden är tagen mot norr. Väghåll norr om Jäggaure, ca 3,4 km nordnordväst om Jäkkvik (7367941/586982). Foto: Benno Kathol.



Fig.12. Den basala överskjutningen av den mellersta skollberggrunden över den undre skollberggrunden. Högheden, ca 17,5 km sydost om Jäkkvik (7358005/603775).Foto: Benno Kathol.

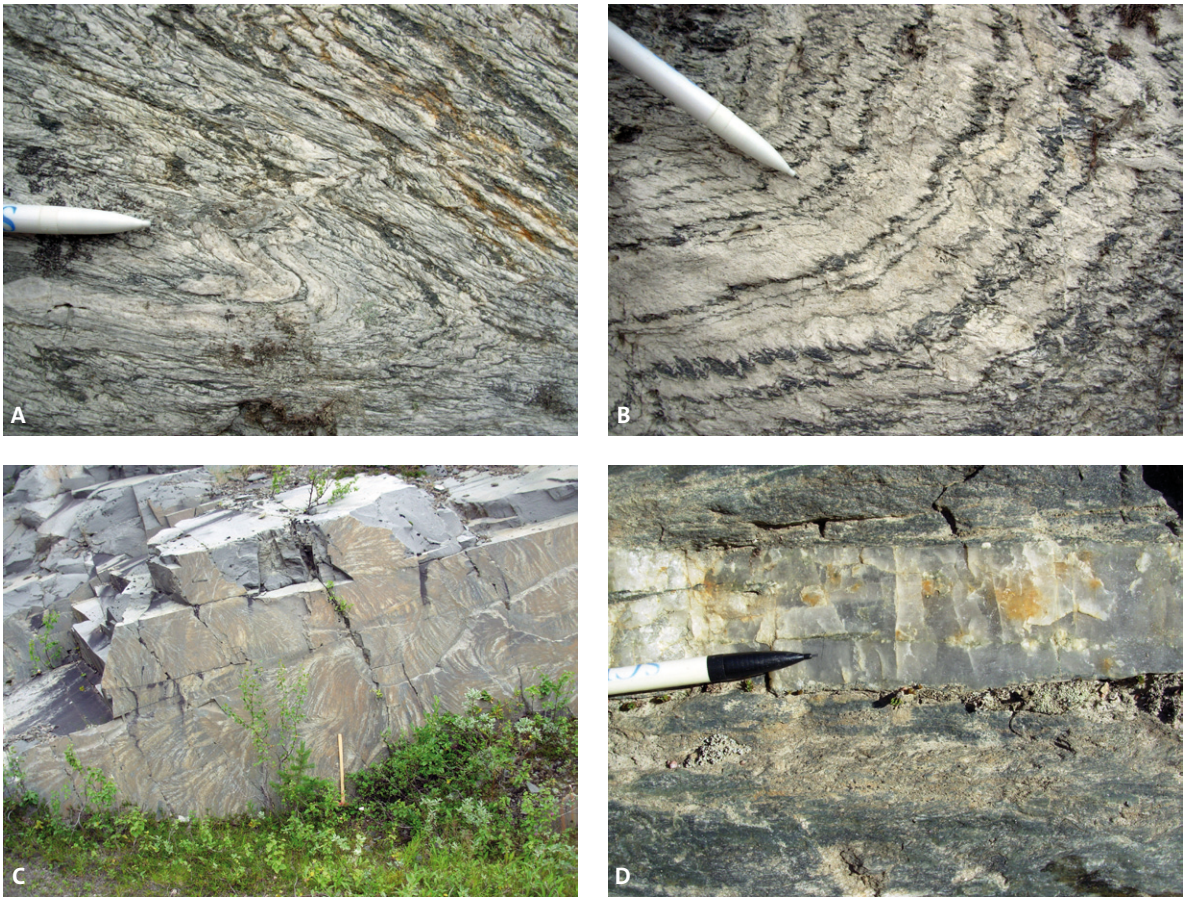


Fig. 13. Bergarter i mellersta skollberggrunden. **A**. Veckmönster i ortognejs med granitoid som protolit. Vitträsket, ca 3,7 km nordväst om Jäkkvik (7367431/585467). **B.** Axialplansförskiffring i veckad ortognejs. Vitträsket, ca 3,7 km nordväst om Jäkkvik (7367431/585467). **C.** Tjockbankad arkos med fjädermönstrad brottstruktur (plume structures) på klyftytorna. Rimobäcken, ca 6,5 km sydost om Jäkkvik (7360190/592483). **D.** Lagrings- och foliationsparallell kvartslins i arkos. Biessetj, ca 8,8 km sydost om Jäkkvik (7357956/593615). Foto: Benno Kathol.

Geofysik

På den magnetiska anomalikartan över kartområdet 26H Jäkkvik (fig. 14) syns de magnetiska strukturerna tydligt främst i den östra delen där berggrunden tillhör den fennoskandiska skölden, medan den överskjutna skollberggrunden i de västra och nordvästra delarna släcker ut den magnetiska responsen från urberget. De större deformationszonerna i kartområdet sträcker sig huvudsakligen i nordväst–sydostlig samt nordnordost–sydsydvästlig riktning. På kartan över markens elektriska ledningsförmåga (fig. 15) framträder t.ex. spröda, vattenförande deformationszoner, men även utbredningen av fjällens skollberggrund och den rotfasta sedimentära pålagringen norr om sjön Tjeggelvas syns tydligt. Ett framträdande område med god elektrisk ledningsförmåga syns sydost om sjön Riebnes (markerat med svart ram i fig. 15). Det finns inga hällblottningar i det här området, men eftersom den fysikaliska signaturen skiljer sig markant från omgivande granitisk berggrund, kan berggrunden med den högre ledningsförmågan utgöras av ovan nämnda skollberggrund eller pålagring.

Många av bergartsleden i de östra delarna av kartområdet 26H Jäkkvik har fysikaliska egenskaper som kan följas på både den magnetiska anomalikartan och på tyngdkraftskartan (fig. 16). Ett stort område mellan sjöarna Hornavan och Labbas uppvisar ett homogent mönster med låga magnetfältsnivåer, vilket sammanfaller väl med negativa anomalier på tyngdkraftskartan, något som talar för att anomalierna orsakas av granitintrusioner. Liknande magnetfälts- och tyngdkraftsanomalier finns vid

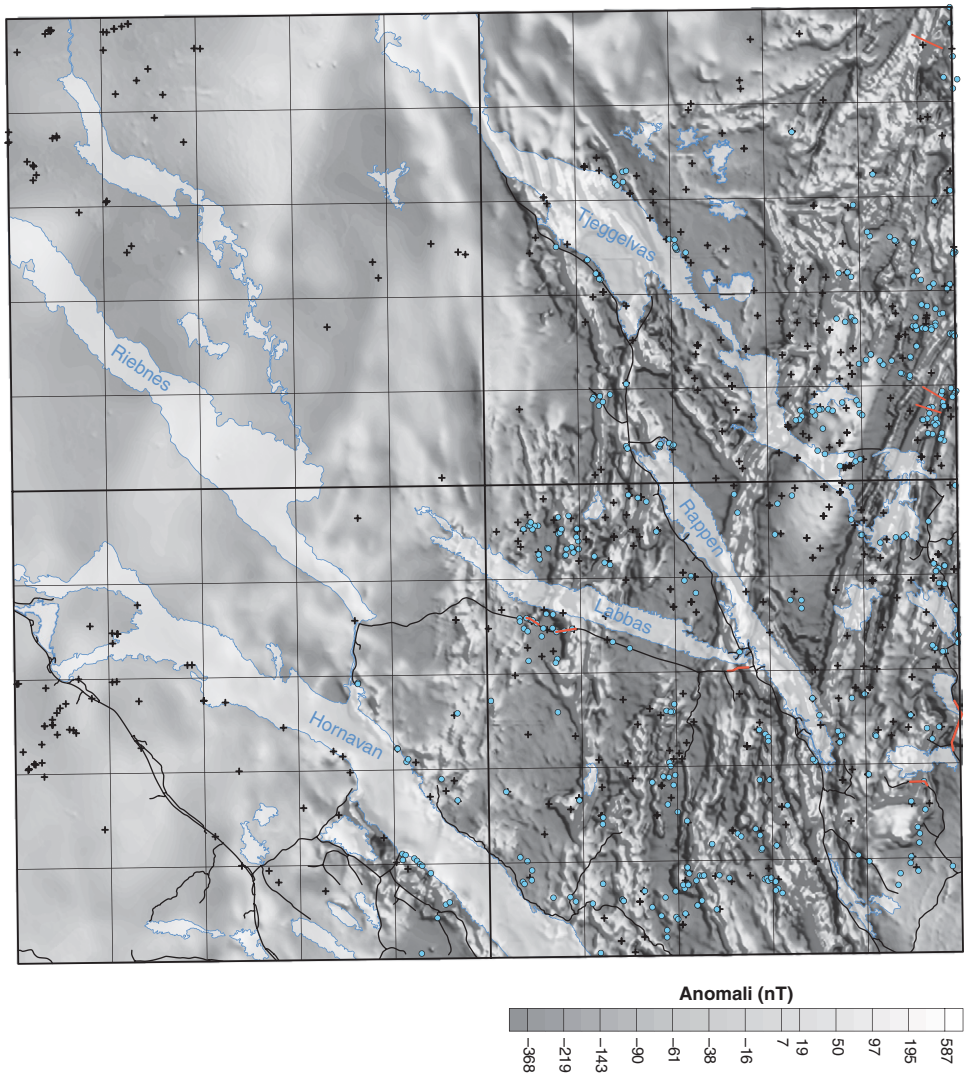


Fig.14. Magnetisk anomalikarta över kartområdet 26H Jäkkvik. Gröna punkter visar lägen för strålningsmätningar eller provtagningspunkter för petrofysiska analyser. Svarta plustecken visar lägen för äldre, petrofysiska provtagningspunkter. Röda linjer visar lägen för mätprofiler för markmätning av magnetfältet eller det elektromagnetiska fältet.

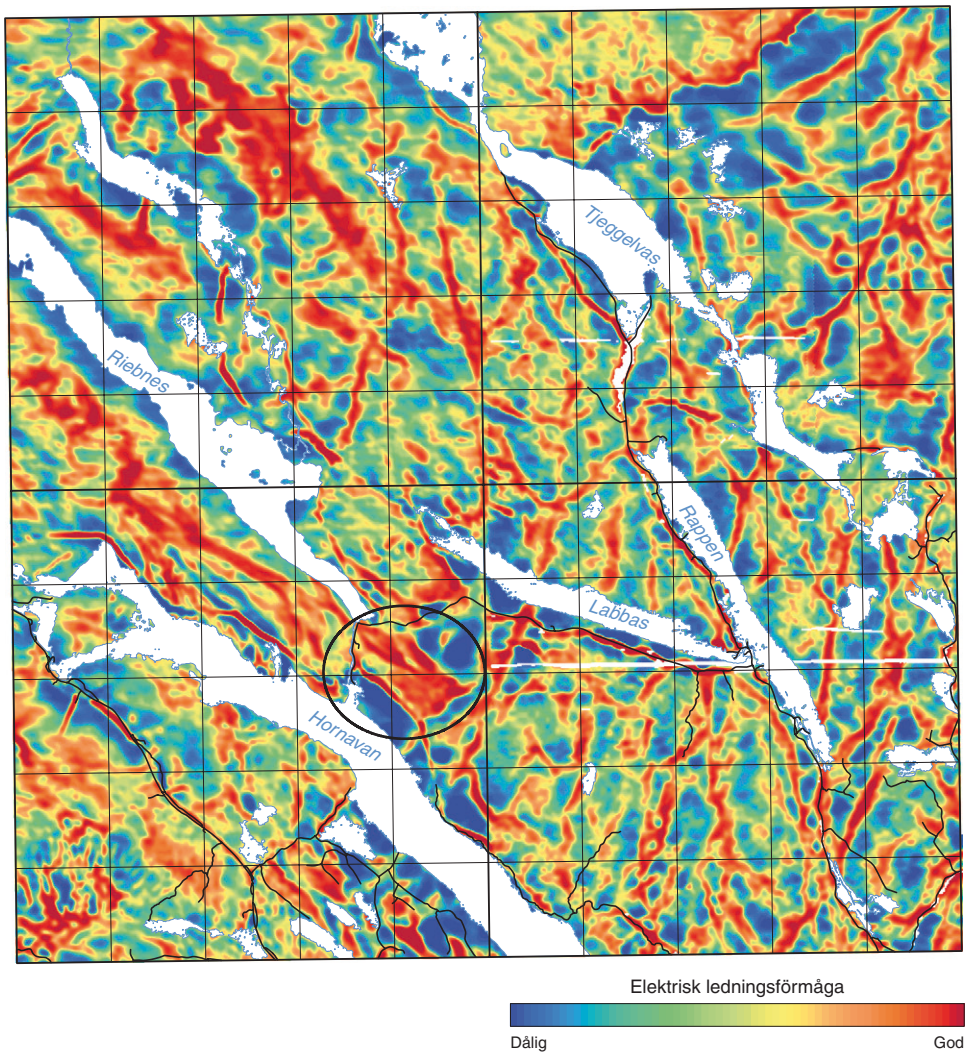


Fig. 15. Karta över markens strömtäthet framtagen från VLF-information inom kartområdet 26H Jäkkvik. Området inom svart ram finns beskrivet i texten.

berget Allebuouda och vid kartområdets sydöstra del där berggrunden utgörs av så kallad Hällnäsgranit som tillhör den tidigsvekokarelska pertitmonzonitsviten.

En starkt positiv, magnetisk anomali, som sammanfaller väl med ett massöverskott på tyngdkraftskartan, sträcker sig från västra Skierfajaure vidare åt sydsydväst till Sundnäs, en liten by som är belägen där Labbas har sitt utlopp mot Rappen. I Sundnäs finns en häll i området för den magnetiska anomalin som består av andesit till basalt. Susceptibilitetsmätningar på hällen gav värden på ca $14\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter, och ett bergartsprov från platsen har densiteten 2 942 kg/m^3.

I de östra delarna av kartområdet 26H Jäkkvik har de magnetiska strukturerna en bandad karaktär. Berggrunden inom det här området består främst av sedimentära bergarter tillhörande Snavva–Sjöfallsgruppen. En av de mer utmärkande, positiva magnetanomalierna i området orsakas av en kvartsbandad järnmalm (banded iron formation, BIF). Vid en lokal med den här bergarten vid sjön Rappens östra strand uppgick medelvärdet för susceptibilitetsmätningarna till $62\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter. Kvartsbandad järnmalm påträffades även strax norr om Allebuouda.

Den naturliga gammastrålningen är generellt hög inom de centrala delarna av kartområdet 26H Jäkkvik NO och syns som ett område med förhöjd strålning i kompositkartan (fig. 17). Området ligger i en bergssluttning ner mot småsjöarna öster om Tjeggelvas och består främst av gigantiska blockhav. Stora blockansamlingar kan ge den här typen av strålningssignatur på grund av stor ytexponering. Även i området mellan sjöarna Hornavan och Labbas uppträder vidsträckta blockansamlingar som ger förhöjda strålningsnivåer enligt flygmätningen.

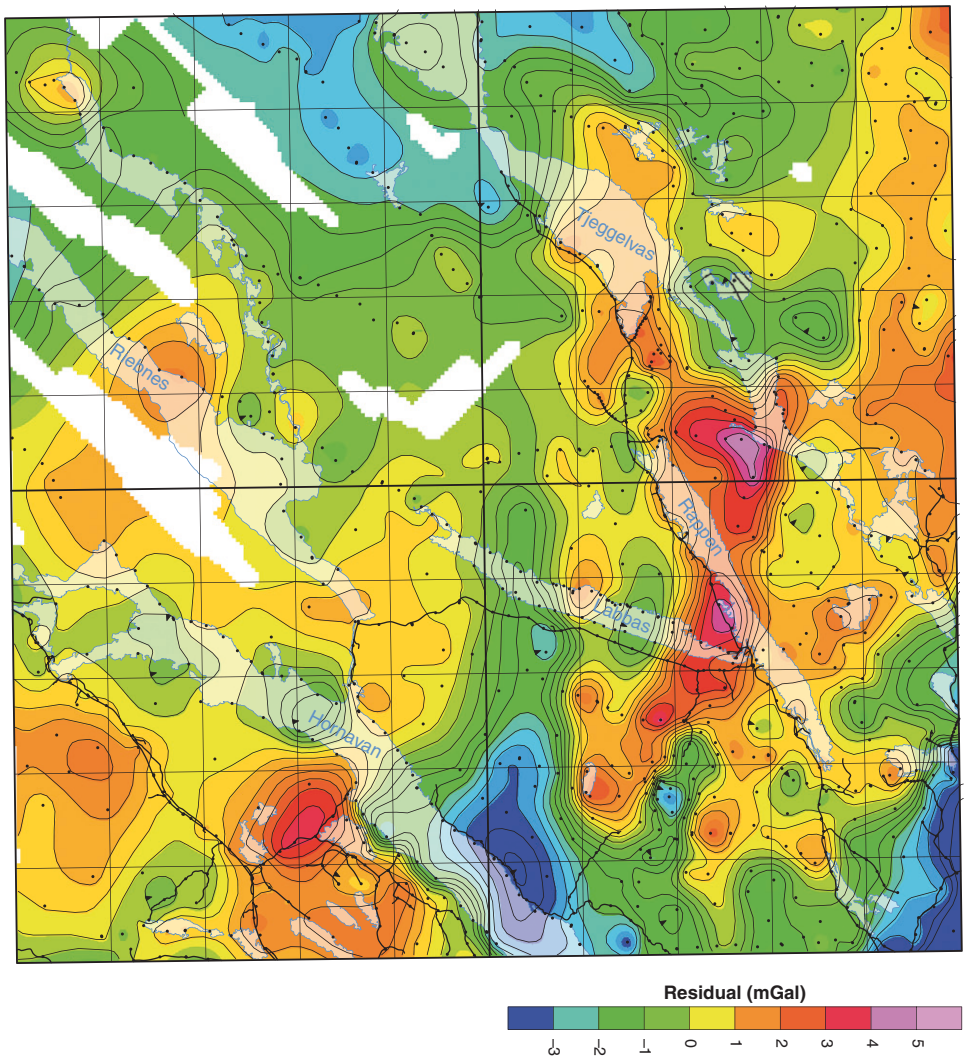


Fig. 16. Karta över tyngdkraftens residualfält med befintliga tyngdkraftsmätpunkter inom kartområdet 26H Jäkkvik. Isolinjernas ekvidistans är 0,5 mGal. Röda linjer är vägar.

Resultat av de geofysiska undersökningarna 2010

På den magnetiska anomalikartan över kartområdet 26H Jäkkvik NO (fig. 18) syns högmagnetiska stråk i den sydöstra delen vid berget Vuotsas (inom den svarta rektangeln i fig. 18). Strukturerna stryker i nordnordost–sydsydvästlig riktning, och den mest positiva magnetanomalin orsakas av gråvackor och arkoser som tillhör Snavva–Sjöfallsgruppen. Båda bergarterna har generellt mycket höga kaliumhalter som för gråvackorna ligger inom intervallet 5–7,5 % medan arkoserna innehåller 6–8 % kalium. Gråvackornas susceptibilitet är upp till $20\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter, medan arkoserna har susceptibilitetsvärden mellan 5 000 och $10\,000 \times 10^{-5}$ SI-enheter. Snavva–Sjöfallsgruppens sandstenar och kvartsiter i det nämnda området har vanligen låga susceptibilitetsvärden. Markmätningar av magnetfält och elektrisk ledningsförmåga gjordes över området som orsakar anomalin, men resultaten har inte hunnit tolkas än.

Många av strålningsmätningarna, utförda på graniter, pegmatiter eller pegmatitgraniter öster om sjön Tjeggelvas, visar höga värden som ger aktivitetsindex över 2, vilket är åskådliggjort på kompositkartan (fig. 17). I den sydöstra delen av området med förhöjd strålning öster om Tjeggelvas (delruta 1 i kartan över markens uranhalt, fig. 19) finns bland annat en högstrålande granit med halter på 5,2–5,7 % kalium, 16–32 ppm uran och 57–80 ppm torium.

Nära gränsen till kartområdet 26I Luvos NV finns två distinkta strålningsanomalier. Vid den norra anomalin (delruta 2 i kartan över markens uranhalt, fig. 19) orsakas de förhöjda strålningsnivåerna

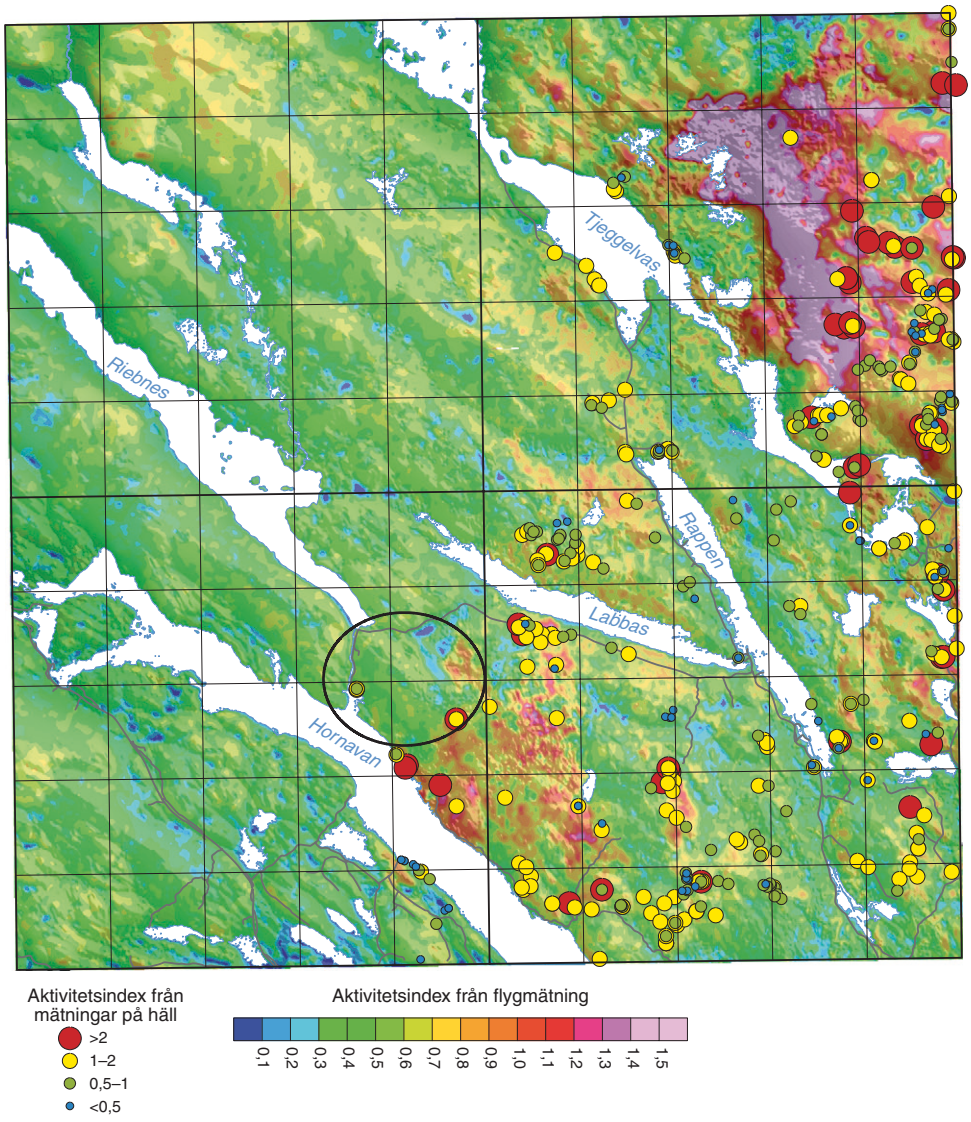


Fig. 17. Kompositkarta med aktivitetsindex och topografisk relief inom kartområdet 26H Jäkkvik. Aktivitetsindex har beräknats från flygmätta strålningsdata. Symbolerna representerar aktivitetsindex från strålningsmätningar på berghällar.

främst av vidsträckta blockhav. Strålningen från ett av blocken i de centrala delarna av anomaliområdet liknade den som uppmättes på en granithäll precis i den nordvästligaste kanten av anomalin. För graniten i häll uppmättes halter på 6 % kalium, 26 ppm uran och 90 ppm torium. Den södra anomalin (delruta 3 i kartan över markens uranhalt, fig. 19) sammanfaller med stora hällområden bestående av granit som i medeltal innehåller 4,5 % kalium, 15 ppm uran och 90 ppm torium.

Strax öster om den högmagnetiska anomalin vid Vuotsas (inom den svarta rektangeln i fig. 18) finns en uranmineralisering i sandsten med uranhalter på 300 ppm. Det bör nämnas att sandstenen mest sannolikt innehåller mer uran, eftersom mätgeometrin var mycket dålig. Vid Vuotsas finns pegmatiter med uranhalter mellan 75 och 90 ppm och toriumhalter mellan 45 och 60 ppm.

Graniterna norr om Gibnotjåkka och norr om Rappens nordligaste del innehåller betydligt lägre halter av uran och torium jämfört med de graniter som finns öster om Tjeggelvas. De som finns norr om Gibnotjåkka håller medelhalter på 4,3 % kalium, 7 ppm uran och 26 ppm torium, medan graniterna som finns norr om Rappens nordligaste del uppvisar ännu lägre nivåer, med medelhalter på 4,5 % kalium, 4 ppm uran och 14 ppm torium.

Strålningsnivåerna för de felsiska vulkaniterna inom kartområdet 26H Jäkkvik NO är relativt låga vilket innebär halter av kalium, uran och torium som ligger betydligt närmare graniterna väster om Tjeggelvas än de som finns öster därom. Ingen av strålningsmätningarna som har gjorts på ryoliter

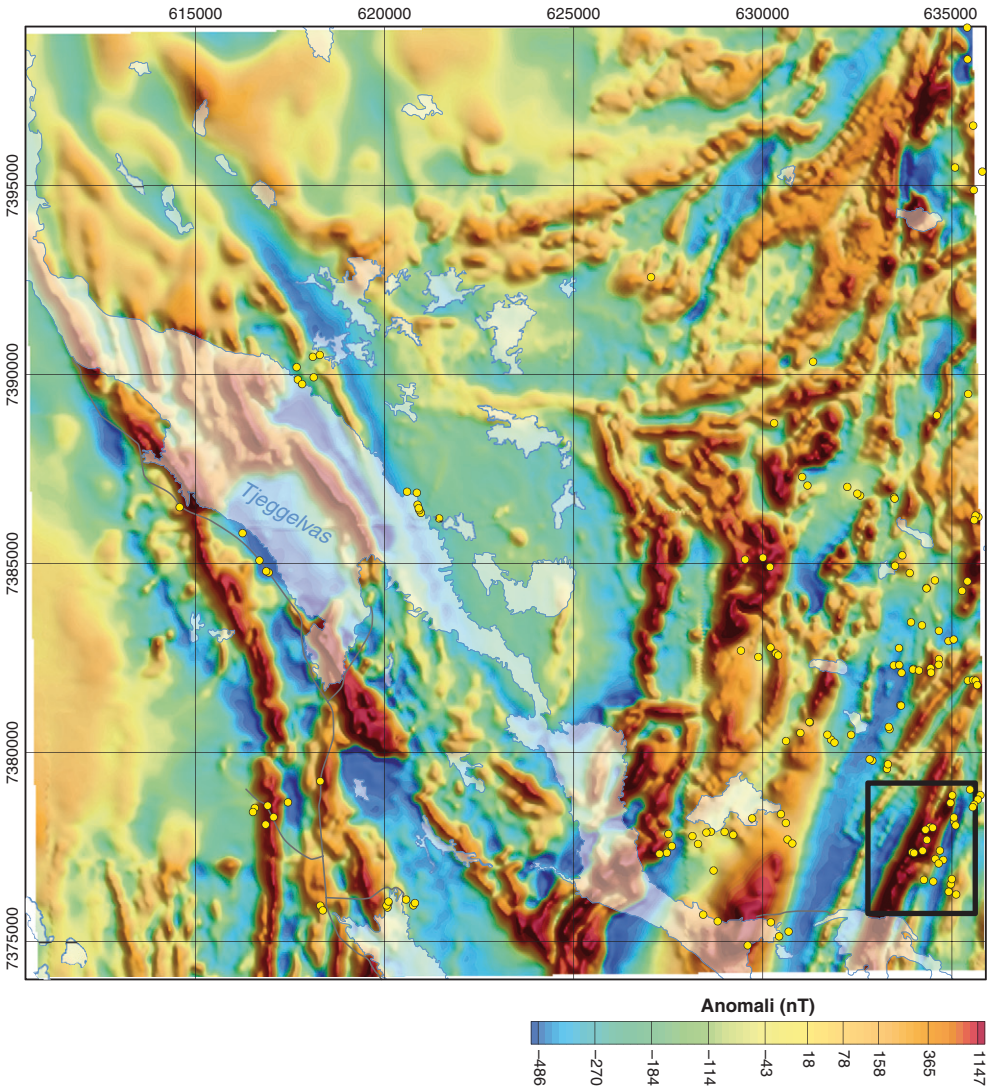


Fig. 18. Magnetisk anomalikarta över kartområdet 26H Jäkkvik NO. Gula punkter visar lägen för geofysiska observationslokaler. Området inom svart ram finns beskrivet i texten.

inom kartområdet 26H Jäkkvik NO har gett värden som ger ett radiumindex över 1 eller ett aktivitetsindex över 2.

Pegmatiterna är i flera fall högstrålande och har höga halter av uran och torium. Över den nordligaste delen av Abmohalvön syns ett område med förhöjd strålning på kartan över markens uranhalt (fig. 19, delruta 4). I området finns pegmatiter som innehåller 100–170 ppm uran.

Mineraliseringar

En molybdenmineralisering i Munkaområdet (7385800/627800) är av samma typ som den vid Allebuouda (7359000/620000, Kathol m.fl. 2010). Vid båda mineraliseringarna förekommer molybdenglans som dissemination eller större ansamlingar i aplit eller aplitisk granit som intruderat metamorfa, gnejsiga ytbergarter. Mineraliseringen vid Munka består av ett antal parallella linser vilka har en känd utsträckning på ungefär 800 m. Mellan åren 1973 och 1988 borrades i området 67 hål på sammanlagt ca 10 000 m. Sveriges geologiska undersökning (SGU) uppskattade mineraltillgången ned till 100 m djup till 1,7 miljoner ton med 0,156 % molybden (Einarsson 1977).

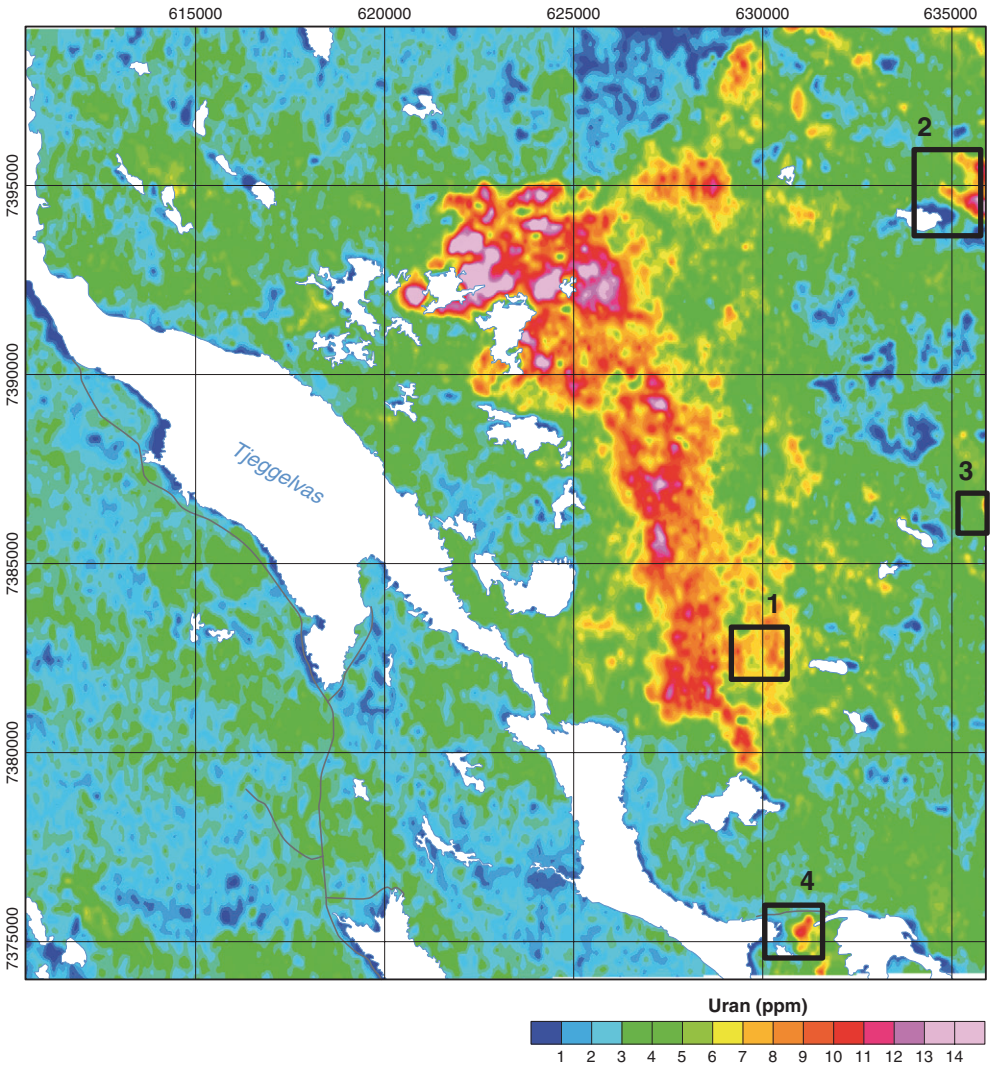


Fig. 19. Karta över markens uranhalt inom kartområdet 26H Jäkkvik NO. Gula punkter visar lägen för geofysiska observationslokaler. Respektive område med svart ram finns beskrivet i texten.

Vid Skarjaviken (7386400/614650) strax söder om sjön Tjeggelvas förekommer molybdenmineraliseringar där molybdenglans uppträder som impregnation och ränder i en hydrotermalt omvandlad, breccierad vulkanit. Den största av två mineraliseringar innehåller 0,12–0,15 % molybden i ett tonnage på 75 000 ton enligt uppskattningar baserade på analys av borrkärnor, vilka borrades av SGU under åren 1972 till 1974. En liten sektion i borrkärna 74004 vid 72,11 m uppvisar radioaktivitet, med en högsta aktivitet på 1 200 µR/h (mikroröntgen per timme).

I ett område 2 km sydost om Skarjaviken vid Tjeggelvas strand (7385700/616350) förekommer molybden- och wolframmineraliseringar som är associerade med kvartsläkta sprickor eller kvartskörtlar. Det förekommer även dissemination av molybdenglans i värdbergarten, som är en grå granit (Einarsson m.fl. 1990). Sonderande borrningar utfördes av SGU och Luossavaara–Kiirunavaara AB (LKAB) mellan åren 1976 och 1981. LKAB drog vid avslutande borrningar slutsatsen att malm eventuellt finns på botten av Tjeggelvas, men är oåtkomlig (Johansson 1982).

Koppar- och guldmineraliseringar förekommer mellan gårdarna Ardnas och Örnvik nära sjön Tjeggelvas västra strand (7388600/614000) samt vid sjön Tjuoiva öster om Tjeggelvas (7391000/617400). De består av ådror och sprickfyllnader av kopparkis, ofta tillsammans med flusspat. Båda lokalerna ligger nära den rotfasta sedimentära pålagringen och överskjutningsfronten av fjällkedjans skollberggrund.

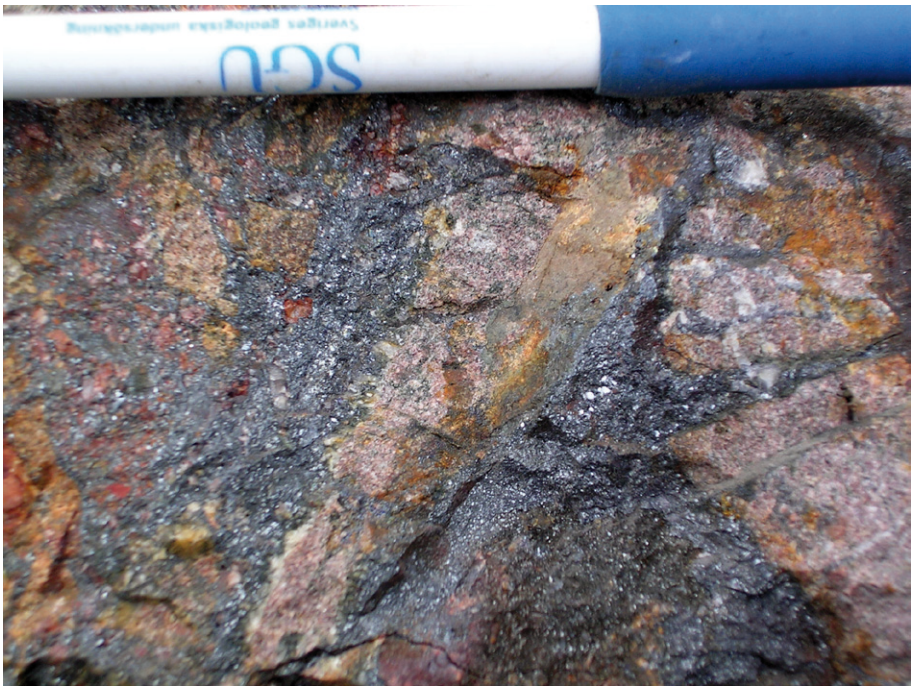


Fig. 20. Hematitläkt breccia. Alep Tjuoiva, ca 5,5 km ostnordost om Örnvik (7390946/617564). Foto: Daniel Larsson.

Kopparuppslaget vid Tjuoiva förekommer huvudsakligen i en hematit- eller kvartsläkt, breccierad mafisk bergart (fig. 20). Mycket rika blockfynd med upp till ca 20 % koppar föranledde kärnborrning av 10 borrhål under åren 1991 och 1992, varvid endast låga halter av upp till 0,13 ppm guld och 3 % koppar påvisades vid analys. Hematit förekommer däremot ställvis rikligt (Einarsson m.fl. 1991, Ljung 1992). En nyligen utförd analys av en hematitläkt breccia indikerar även anomala halter av wolfram (521 ppm) och lätta, sällsynta jordartsmetaller (514 ppm cerium).

Vid Hornavans södra strand vid vattenbrynet (7354400/606450), nära sjöarna Tjålmåk och Grutaure, hittades under pågående kartering flera hällar med lagrade basiska och ultramafiska intrusivbergarter. Lager med mycket hög susceptibilitet visade sig enligt analys innehålla 41,1 % Fe_2O_3 och 8,4 % TiO_2.

Ett antal mindre uranmineraliseringar förekommer strax norr om Piteälven nära Övre Måskejaure. Av dessa är Blocklund (7375000/635700) och Vuotsas (7377900/635400) undersökta genom kärnborrning 1983.

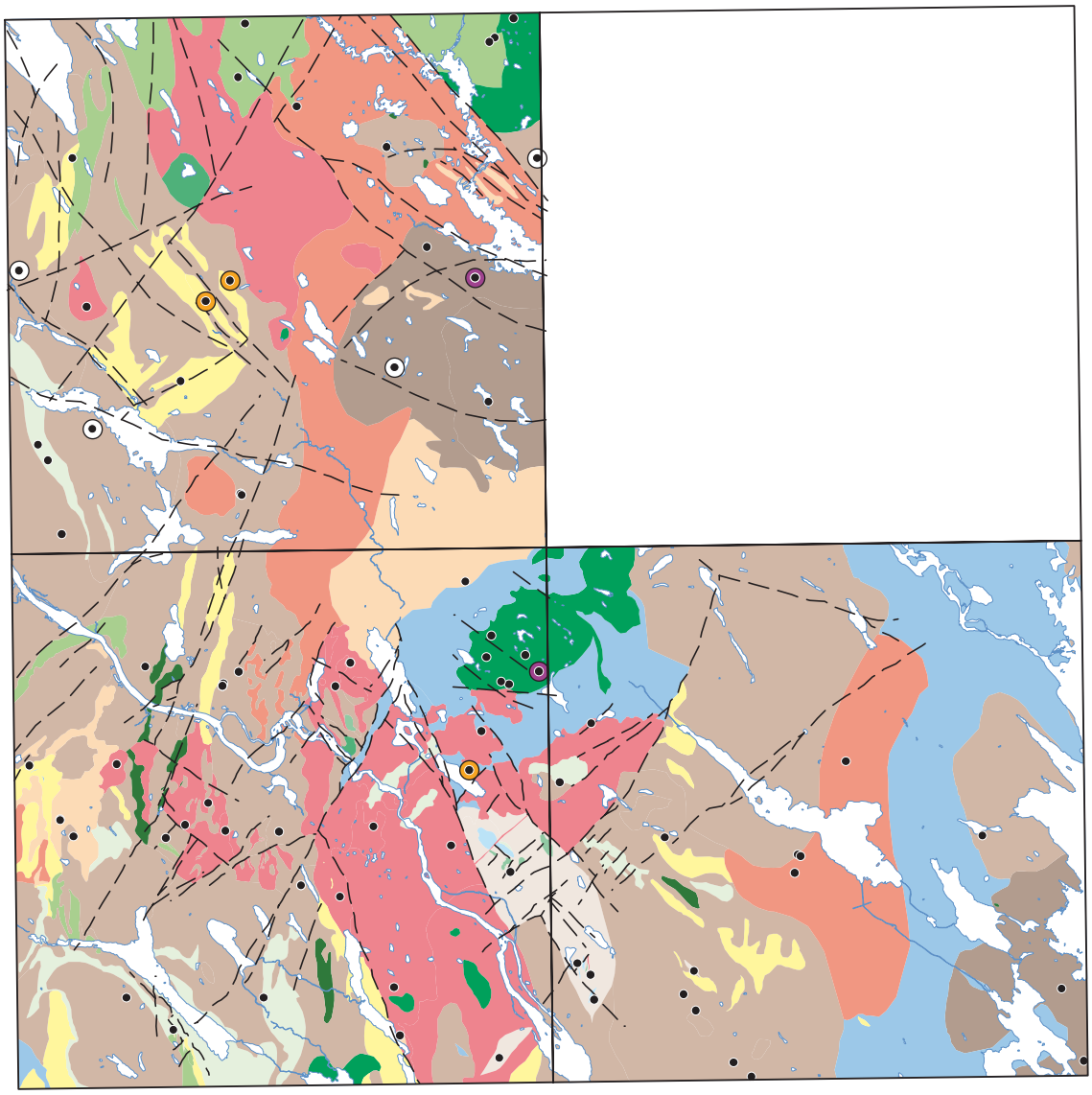
KARTOMRÅDET 25L BODEN SV OCH SO

Berggrunden

Berggrunden inom kartområdena 25L Boden SV och den södra delen av området 25L Boden SO (fig. 21) kännetecknas främst av djupbergarter med varierande ålder samt olika bergarter med vulkaniskt ursprung. Arkeisk berggrund har nyligen upptäckts i de centrala delarna av området 25L Boden SV och SO och visar att utvecklingen i området har varit mer komplex än vad som tidigare antagits.

Arkeiska bergarter

Förekomsten av arkeisk berggrund inom kartområdet konstaterades för första gången vid tidigare kartering och forskning (Lundqvist m.fl. 1996b, Mellqvist m.fl. 1999, Wikström & Söderman 2000a, b). Under nuvarande kartering har arkeisk berggrund upptäckts på flera lokaler i närheten av Boden. De hällar som anses bestå av arkeisk berggrund förekommer i Sunderbyområdet (Lindvallsmyran,



Provpunkt för geokemisk analys
ICP-datering
SIMS-datering
Sm-Nd-analys
Deformationszon, ospecifierad

Sen- till postsvekokarelska djupbergarter

Granit, kvartssyenit till syenit, Edeforssviten
Diorit till gabbro, Edeforssviten
Granit, pegmatit, aplit, Linasviten

Tidigsvekokarelska djupbergarter

Alkalifältspatgranit, granit till monzonit, pertit-monzonitsviten
Granit, granodiorit till tonalit, kvartsdiorit, Haparandasviten
Diorit till gabbro, Haparandasviten

Svekofenniska ytbergarter

Ryolit till dacit, Arvidsjaurgruppen
Andesit, amfibolitisk, Arvidsjaurgruppen
Andesit till basalt, vulkanoklastiskt konglomerat, Arvidsjaurgruppen
Migmatit
Paragnejs, gråvacka, arenit, arkos, skiffer, kvartsit, Bottniska supergruppen

Arkeiska bergarter

Granit till granodiorit, fältspatporfyrisk, gnejsig
Gråvacka
Andesit till basalt, vulkanoklastisk
Gabbro

Fig. 21. Preliminär geologisk karta över det år 2009 och 2010 karterade området. Hällobservationer samt provpunkter för U-Pb-zirkondateringar, Sm-Nd-analyser och geokemiska analyser är markerade.

fig. 22a), området vid Gruvberget och Unbyn (fig. 22b, c) och i Markbergsområdet. Uppträdandet av dessa rester av arkeiska bergarter varierar från några få decimeter till åtskilliga meter stora xenoliter till storskaliga tektoniska block i kilometerskala. De senare är tämligen opåverkade av yngre magmatism (Mellqvist 1999) i motsats till xenoliterna som uppvisar en intrusivkontakt till proterozoiska, magmatiska bergarter. De blottade arkeiska bergarterna är porfyriska granodioriter till monzoniter i enlighet med K-P-diagrammet av Debon & LeFort (1983). Den största förekomsten av arkeisk berggrund är blocket i Gruvberget–Unbynområdet i höjd med Markberget. Troligen arkeiska graniter har intruderat en ytbergartssekvens av dels metasedimentära bergarter såsom vulkanoklastiskt konglomerat och gråvacka, dels amfiboliter på Gruvberget (fig. 22d).

Paleoproterozoiska sedimentära bergarter

De äldsta paleoproterozoiska, sedimentära bergarterna är förmodligen marint avsatta gråvackor och areniter. Områdena där berggrunden består av metasedimentära bergarter i det karterade området av kartbladen 25L Boden visade sig vara mycket mindre än vad som tidigare markerats på kartan. En del migmatitisering uppträder i området, och provtagning av en migmatit från bergtäkten norr om Brännan vid Legerberget (fig. 23a) har planerats för åldersbestämning. Migmatitiserad gråvacka till arenit, som innehåller granat, uppträder även i södra delen av kartområdet, norr om Svallmyran i

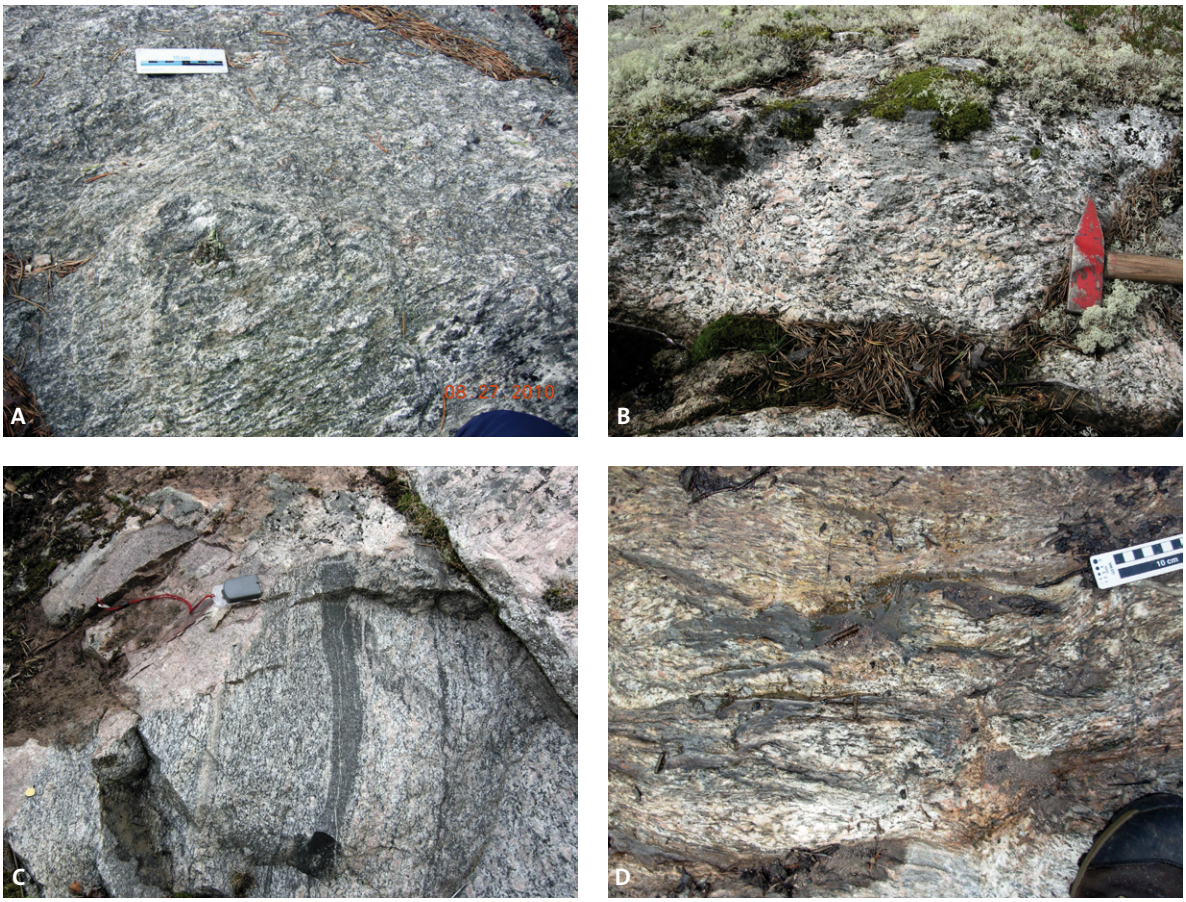


Fig. 22. Arkeiska bergarter från kartområdet 25L Boden SV och SO. **A.** Porfyrisk, deformerad, troligen arkeisk granitoid. Lindvallsmyran (7306667/818309). Foto: Martiya Sadeghi. **B.** Ögongnejs med granitoid sammansättning. Gruvberget (7311555/809489). Foto: Risto Kumpulainen. **C.** En tydligt folierad, porfyrisk granitoid som innehåller mafiska band och smala skjuvzoner parallellt med bandningen. Denna tektoniska bandning är skuren av en finkornig kvartssyenit till granit tillhörande Edeforssviten. Unbyn, vid Lillberget (7302608/809224). Foto: Risto Kumpulainen. **D.** Troligen arkeiska graniter som har intruderat metasedimentära bergarter (vulkanoklastiskt konglomerat och gråvacka) och amfibolit. Gruvberget (7312367/809204). Foto: Paul Evins.

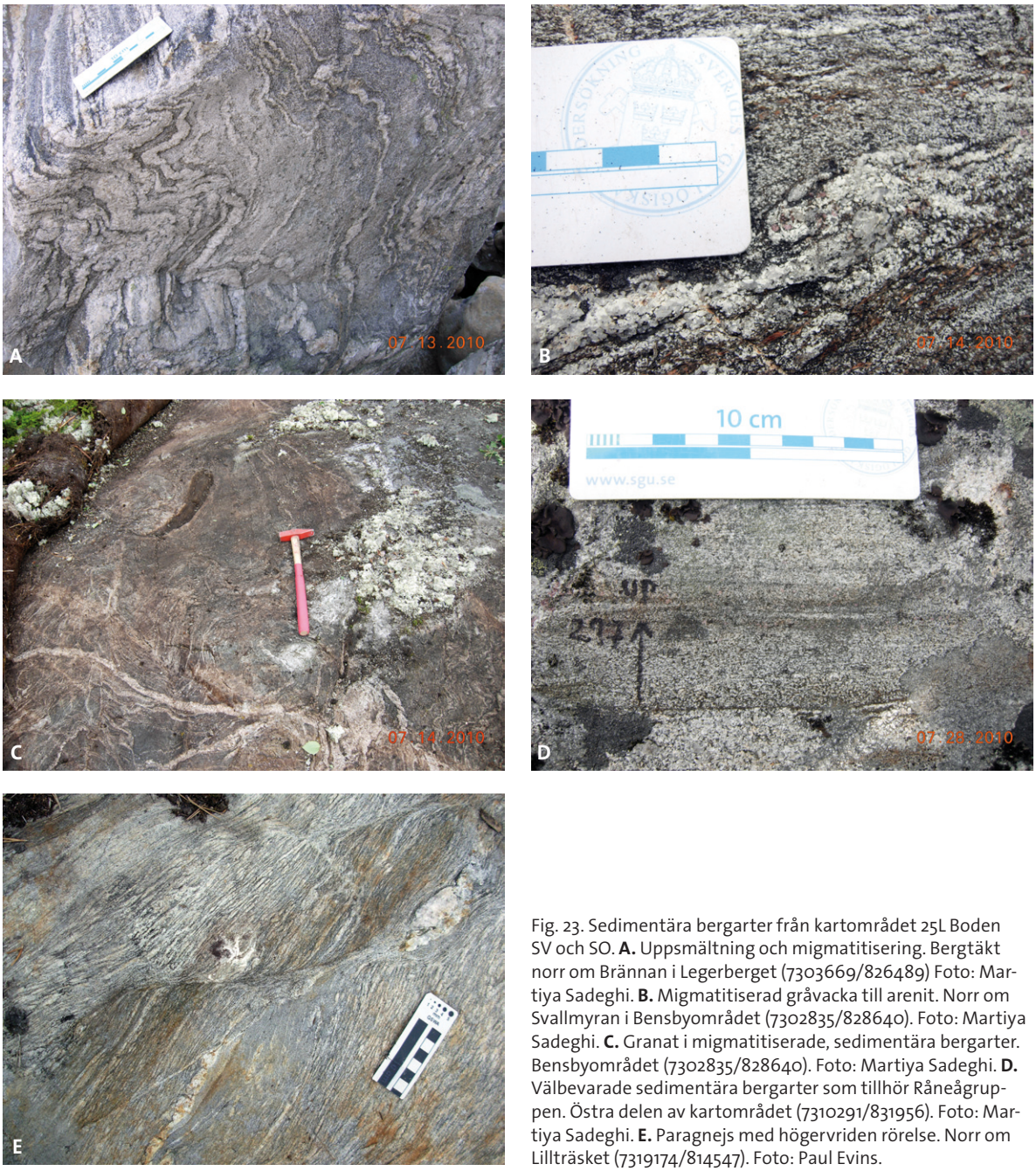


Fig. 23. Sedimentära bergarter från kartområdet 25L Boden SV och SO. **A.** Uppsmältning och migmatitisering. Bergtäkt norr om Brännan i Legerberget (7303669/826489) Foto: Martiya Sadeghi. **B.** Migmatitiserad gråvacka till arenit. Norr om Svallmyran i Bensbyområdet (7302835/828640). Foto: Martiya Sadeghi. **C.** Granat i migmatitiserade, sedimentära bergarter. Bensbyområdet (7302835/828640). Foto: Martiya Sadeghi. **D.** Välbevarade sedimentära bergarter som tillhör Råneågruppen. Östra delen av kartområdet (7310291/831956). Foto: Martiya Sadeghi. **E.** Paragnejs med högervriden rörelse. Norr om Lillträsket (7319174/814547). Foto: Paul Evins.

Bensbyområdet (fig. 23b, c). I den östra delen av det karterade området vid Gussjön uppträder en del sedimentbergarter som räknats till Råneågruppen. Bergarterna härstammar från slamsediment med omväxlande leriga och moiga skikt. I begränsade områden är de relativ välbevarade (fig. 23d). I vissa områden är sedimentbergarterna genomvävda av lagergångar och små kroppar av granodioriter som tillhör Haparandasviten (Ödman 1957, Ödman m.fl. 1949, se nedan). Norr om Lillträsket förekommer en paragnejs med deformationsstrukturer som uppvisar en dextral rörelse, som indikerar en nordväst–sydostligt riktad kompression (fig. 23e).

Paleoproterozoiska intrusivbergarter

Berggrunden i det karterade området är huvudsakligen uppbyggd av paleoproterozoiska bergarter och enbart underordnat av en förmodad förekomst av arkeiska granitoider (se ovan). Tidigsveko-



Fig. 24. Intrusivbergarter från kartområdet 25L Boden SV och SO. **A.** Deformerad, omkristalliserad och svagt migmatitiserad Haparandagranodiorit. Sunderbyområdet (7306421/818186). **B.** Magnetitmineralisering som band och ställvis läkningsfyllning i breccia i Haparandasviten. Mineraliseringen är orsaken till en kraftigt positiv magnetisk anomali i detta område. Sunderbyområdet (7304793/820022). **C.** Kvartsmonzonit som tillhör pertitmonzonitsviten. Fällmyrberget (7339056/808062). **D.** Ögonförande, folierad, grå till rödgrå Degerbergsgranit. Lill-Boden i östra delen av karteringsområdet (7305771/835609). Foto: Martiya Sadeghi.

karelska, 1,91–1,86 miljarder år gamla intrusivbergarter är relativt vanliga i stora delar av det karterade området. Dessa bergarter har traditionellt delats upp i 1,91–1,86 miljarder år gamla, grå, kalk-alkalina metagranodioriter till metadioriter och metakvartsdioriter (Jörn GI resp. Haparandasviten, Kathol & Weihed 2005, Ödman 1957, Ödman m.fl. 1949) och 1,89–1,86 miljarder år gamla röda, mer alkalirika graniter till syenitoider (pertitmonzonitsviten, Witschard 1984). Haparandasvitens bergarter är relativt rika på mörka mineral, och är kalifältspatfattiga, jämnkorniga, massformiga eller svagt stängliga till penetrativt folierade. Rundade, utdragna, mafiska enklaver är vanligt förekommande i dessa bergarter. I stora delar av kartområdena 25L Boden SV och SO består berggrunden av bergarter som tillhör Haparandasviten, som t.ex. vid Brännberg, Stor-Alberget, Vändträsket och Sunderbyn. Särskilt i Sunderbyområdet är granitoiderna i olika grad deformerade och omkristalliserade, och sällan massformiga (fig. 24a). I Sunderbyområdet, främst omkring Svanamyrberget, finns en kraftig magnetanomali vilken härrör från bandad magnetit och en magnetitläkt breccia (fig. 24b).

Intrusivbergarterna i pertitmonzonitsviten inom det karterade området uppträder vanligen som grå till rödgrå, lokalt gnejsiga, ögonförande graniter. De är små- till grovporfyriska till relikt grovkorniga. På ett antal platser finns mindre partier med finkorniga, röda till grå metagraniter till metagranodioriter, vilka ofta är associerade med de metagraniter och metasyenitoider som tillhör pertitmonzonitsviten (fig. 24c). Dessa bergarter har blivit daterade vid Fällmyrberget i den östra delen av kartområdet 25L Boden NV, och visar en ålder på 1 869±8 miljoner år. Den östra delen av kartområdet 25L Boden SO upptas av en porfyrisk granit, som benämnts Degerbergsgranit (Wikström 1989). Graniten är vanligtvis

ögonförande, folierad, grå till rödgrå, lokalt röd och uppvisar vittrade ytor. Ett prov från Kalixområdet av denna granit daterades av Wikström m.fl. (1996) till 1 888±17 miljoner år (fig. 24d).

Sen- till postsvekokarelska, 1,83–1,75 miljarder år gamla intrusivbergarter uppträder också i kartområdet. Den så kallade Linasviten består av ljust röda till gråröda graniter och associerade pegmatiter och utgör berggrunden i en del av kartområdet. De är vanligtvis medel- till grovkorniga, men innehåller finkornigare partier. Delvis är de finkorniga till fint medelkorniga och ger då ett subvulkaniskt intryck. De sen- till postsvekokarelska intrusivbergarterna tillhörande Edeforssviten dominerar berggrunden i den centrala delen av kartområdet 25L Boden SV och SO. De felsiska leden utgörs vanligen av massformiga, medel- till grovkorniga, mestadels jämnkorniga, men ställvis små- eller små- till grovporfyriska graniter. Syenit till kvartssyenit förekommer i ett större område omkring Boden och kallas Bodensyenit. Även dessa bergarter är vanligen massformiga.

De mafiska leden i Edeforssviten, som t.ex. Notträskgabbron i den centrala delen av kartområdet 25L Boden, är vanligen fint medelkorniga till medelkorniga eller grovkorniga och består av kvartsdiorit, diorit och gabbro. De basiska intrusivbergarterna i kartområdet orsakar oftast lokala, positiva tyngdkraftsanomalier och positiva anomalier i magnetfältet. De basiska bergarterna upptar en större yta än den som tidigare kartor visar, och en hittills okänd basisk kropp har upptäckts norr om Kallberget, i norra delen av kartområdet. Två större basiska intrusioner finns i kartområdet. En är den så kallade Notträskgabbron som ligger 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 inveckad i ytbergarter av svekofennisk ålder (Filén 1987, Arvanitidis 1982). Den basiska intrusionen vid Gunnarsdjupträsk tolkas som en cirkulär struktur, även om detta inte kan bekräftas i häll, då blottningsgraden i området är ganska låg. Enligt tidigare observationer bildar den en skiva. De primära pyroxenerna har i stor utsträckning omvandlats till amfiboler och plagioklaserna är ställvis sericitiserade. Intrusionen uppvisar på flera platser typiska kumulattexturer. I den centrala delen av kartområdet har Edeforsgranit intruderat kvartsdiorit till diorit av Haparandasviten, vilket medförde att den senare blev mera kaliumrik och har omvandlats till granodiorit.

Paleoproterozoiska vulkaniska bergarter

Karaktären av de vulkaniska bergarterna varierar mycket. Ett område med basiska vulkaniter med kraftigt varierande utseende återfinns i den norra och västra delen av det karterade området vid gränsen till områdena 25K Harads i väster och 24L Luleå i söder. Vid Rörmyrahatten uppträder en ställvis starkt deformerad, flödesbandad listporfyrisk lava (fig. 25a). Inom andra delar av området kännetecknas vulkaniterna av att de innehåller fragment av olika slag och även delvis uppbrutna skikt av en plagioklasporfyrisk vulkanit. På Timmerberget förekommer vulkanoklastisk ryolit till dacit som innehåller flisiga klaster. En del av klasterna är pilspetsformiga vilket betyder att bergarten bildats under relativt kalla omständigheter, eftersom de vassa klastformerna sannolikt skulle ha rundats av vid uppsmältning i en het magma. (fig. 25b). I den nordvästra delen av Fingalåsen uppträder ett vulkaniskt konglomerat med basiska vulkaniter som ställvis är fältspatporfyriska med biotit i grundmassan. Vid ett mindre antal lokaler uppträder plagioklasporfyrisk vulkanit. Vid några ställen i området finns basiska vulkaniter med fragment och körtlar av amfibol. Öster om Albergsmyran förekommer en andesit till basalt som uppvisar band eller lager med varierande fältspatströkornshalt, i vissa lager nästan upp till 25 % (fig. 25c). I den västra delen av kartområdet uppträder ryolitiska till dacitiska vulkaniter. Dessa är ställvis ignimbritstrimmiga och innehåller relativt välbevarade strökorn av kvarts och fältspat. I Södra Undersjöberget förekommer en bandad ryolit till dacit (fig. 25d). De vulkaniska bergarterna i den västra och södra delen av kartområdet 25L Boden SV visar en sekvens (från botten till toppen) av en 15 m tjock extrusiv andesit, en upp till 1 m mäktig gråvackelins, en ryolitisk sill och en mer än 20 m tjock sekvens av eruptiv ryodacit till dacit och amfibolit. Ryodaciterna till daciterna

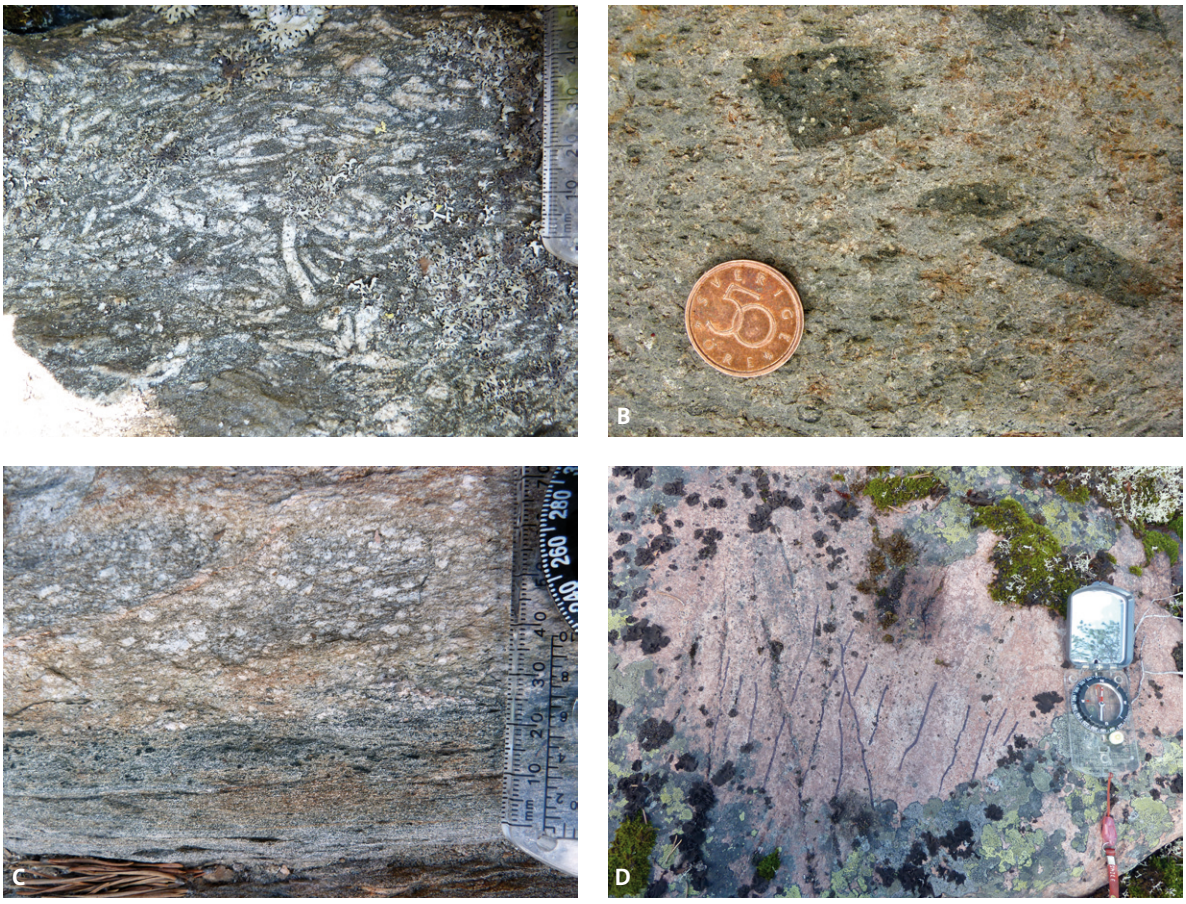


Fig. 25. Vulkaniska bergarter från kartområdet 25L Boden SV och SO. **A.** Andesitisk, listporfyrisk och flödesbandad lava. Rörmyrahatten (7314249/789527). Foto: Charlotta Brandt. **B.** Vulkanoklastisk ryolit till dacit som innehåller flisiga klaster. Timmerberget (7311778/818637). Foto: Risto Kumpulainen. **C.** Andesit till basalt med band med varierande halter av fältspatströkorn – vissa band nästan strökornsfria, andra med upp till 25 % strökorn. Öster om Albergsmyran (7306699/790975). Foto: Charlotta Brandt. **D.** Bandad ryolit till dacit. Södra Undersjöberget (7310600/801360). Foto: Charlotta Brandt.

är mest omvandlade och innehåller små sulfidmineraliseringar. Subvulkanisk, grovporfyrisk andesit är den dominerande bergarten i området.

Strukturer

Ett system av nordväst- och nordoststrykande deformationszoner påverkar även Linagraniten, vilket antyder att en nord–sydligt riktad kompression, yngre än ca 1 780 miljoner år, dominerar i kartområdet 25L Boden. Det är dock troligt att åtminstone några av dessa deformationszoner redan var aktiva i tidsperioden mellan 1 890 och 1 800 miljoner år sedan. Speciellt en stor, nordvästligt strykande deformationszon, vilken är parallell med Luleälven och väg 97, har förkastat Bodensyeniten med vänstervriden rörelsegeometri.

Sm-Nd-analyser

Gränsdragningen mellan de båda tidigsvekokarelska sviterna (Jörn GI- och Haparandasviten, Kathol & Weihed 2005, Ödman 1957, Ödman m.fl. 1949) motsvarar den så kallade arkeiska gränsen och baseras till en stor del på isotopgeokemiska kriterier (Mellqvist 1999, Mellqvist m.fl. 1999, 2003). Bergarterna i Jörn GI-sviten bildades i ett sent skede av den svekokarelska orogenesen i en magmatisk

båge som kolliderade med den arkeiska kontinenten i norr. Jörn GI-svitens bergarter visar därför i allmänhet positiva $\varepsilon_{Nd}(T)$-värden. I motsats till detta uppvisar Haparandasviten, som bildades i kanten av eller inom den arkeiska kratonen, negativa $\varepsilon_{Nd}(T)$-värden. Fyra Sm-Nd-analyser från kartområdet 25L Boden har gett $\varepsilon_{Nd}(T)$-värden på –1,79, –3,1, –2,44 och –0,4 vilket antyder att de undersökta intrusivbergarterna tillhör Haparandasviten. Enligt tidigare utförda Sm-Nd-analyser i kartområdet 25K Harads NO (Kathol & Persson 2008a, b) finns den arkeiska gränsen i den nordostligaste delen av kartområdet 25K Harads NO. Detta stöds av de resultat som erhållits i kartområdet 25L Boden.

Dateringar med SIMS-metoden

En datering av en folierad, medelkornig till småporfyrisk granit till granodiorit från en lokal sydsydväst om Yttre Hedträskberget (7338933/796626) har gett en ålder på 1 886±4 miljoner år. Detta innebär att bergarten räknas till Haparandasviten.

En ignimbritisk ryolit vid Stasskölhuvudet (7337964/795484) har daterats till ca 1 886±4 miljoner år. Utifrån kontaktförhållandena mot Haparandasviten i området anses ryoliten vara äldre än Haparandasvitens intrusivbergarter.

Dateringen av en kvartssyenit, som betecknas som Bodensyenit, från Svedjeberget nordväst om Norra Svartbyn (7316067/807789), har gett en ålder på 1 807±7 miljoner år, vilket hänför Bodensyeniten till Edeforssviten.

Dateringar med ICP-metoden

En pegmatitoid gabbro från Notträskgabbron (7320675/811056) har daterats med ICP-metoden. Preliminära resultat visar en ålder på 1 797±6 miljoner år, vilket innebär att Notträskgabbron kan räknas till Edeforssviten.

En porfyrisk kvartsmonzonit vid Fällmyrberget (7339056/808062) har daterats till 1 869±8 miljoner år vilket visar att bergarten tillhör pertitmonzonitsviten och inte Edefors- eller Linasviten.

Tidigare geofysiska arbeten

Geofysiska flygmätningar över kartområdena 25L Boden NV och NO har utförts 1970 och över kartområdena 25L Boden SV och SO 1971. Mätningarna omfattar magnetfältets totalintensitet och markytans naturliga gammastrålning. Mätningarna utfördes i ost–västlig riktning på 30 m höjd över markytan och längs linjer med ett inbördes avstånd av ca 200 m. För att även få information om markens resistivitet utfördes nya flyggeofysiska mätningar 2009 och 2010. Dessa, liksom de tidigare, har utförts av SGU. Vid de senare mätningarna användes samma flygriktning och linjeavstånd, men på 60 m höjd över markytan.

Tyngdkraftsmätningar över projektområdet har utförts främst på 1970- och 1980-talet. Vissa insatser gjordes 1994 av Luleå Tekniska Högskola (LuTH, numera Luleå tekniska universitet). Förutom SGU och LuTH har Lantmäteriet gjort mindre arbeten inom kartområdet. Mätpunkterna är relativt jämnt fördelade inom de västra delarna, men inom den östra delen av kartområdet 25L Boden finns relativt stora områden som har en gles och ojämn fördelning av mätpunkter. Det genomsnittliga punktavståndet är 1,9–2,0 km. Kompletterande tyngdkraftsmätningar utfördes 2010 inom de västra delarna, och de östra delarna kommer att kompletteras enligt plan 2011. I relativt stor utsträckning är de kompletterande mätningarna 2010 och 2011 objektorienterade. SGUs tyngdkraftsundersökningar och geofysiska flygmätningar är beskrivna av Aaro & Byström (2001).

Förutom ovanstående geofysiska undersökningar har markmätningar av magnetfältet och det elektromagnetiska fältet utförts i begränsad utsträckning över vissa mineraliseringar i samband med SGUs och Nämnden för statens gruvegendoms (NSG) prospekteringsverksamhet på 1970- och 1980-talen.

Materialet finns numera i digital form. Digitaliseringen har utförts under de senaste åren vid SGUs kontor i Malå.

I samband med prospekteringsverksamheten analyserades totalt 545 bergartsprover inom kartområdet 25L Boden med avseende på densitet, susceptibilitet och Königsbergerförhållande (q-värde). Av dessa prover är relativt många orienterade, vilket gör att viss information om den remanenta magnetiseringens riktning finns. Huvuddelen av de orienterade proven har tagits från basiska intrusivbergarter. Vidare har geofysiska undersökningar utförts på Notträskgabbron (Filén m.fl. 1989, Widenfalk m.fl. 1985) och Gunnarsträskgabbron (Arkko 1986, Lundmark 1992).

Magnetfältet, tyngdkraftsfältet och gammastrålningen

Den mest framträdande magnetiska anomalin och tyngdkraftsanomalin (fig. 26) är förorsakad av Notträskgabbron, ca 7 km nordost om Boden. Andra framträdande anomalier förekommer i det nordvästligaste hörnet och inom den östra delen av det år 2009 undersökta området. Båda uppvisar relativt kraftiga negativa drag i tyngdkraftsfältet. Inom dessa områden utgörs berggrunden i stor utsträckning av graniter och granodioriter. Området i den sydvästra delen av undersökningsområdet visar negativa tyngdkraftsanomalier och låg homogen magnetisering omgiven av en positiv magnetisk anomali. Detta mönster indikerar relativt viskösa, diapirliknande intrusioner (Ramberg 1981), t.ex. i området vid Stor-Alberget (fig. 26). Liknande stora, ellipsformade, magnetiska anomalimönster förekommer bland annat inom det i väst angränsande kartområdet 25K Harads (Kathol m.fl. 2007). Den breda tyngdkraftsryggen som i stort sträcker sig från Notträskområdet mot sydsydväst är orsakad av Haparandasvitens granodioriter och tonaliter. Andra framträdande drag på den magnetiska anomalikartan är de långsträckta, nordnordostligt strykande anomaliståken inom den centrala, västra delen av det undersökta området. Det bandade mönstret i dessa anomalier antyder en tektonisk påverkan eller ett

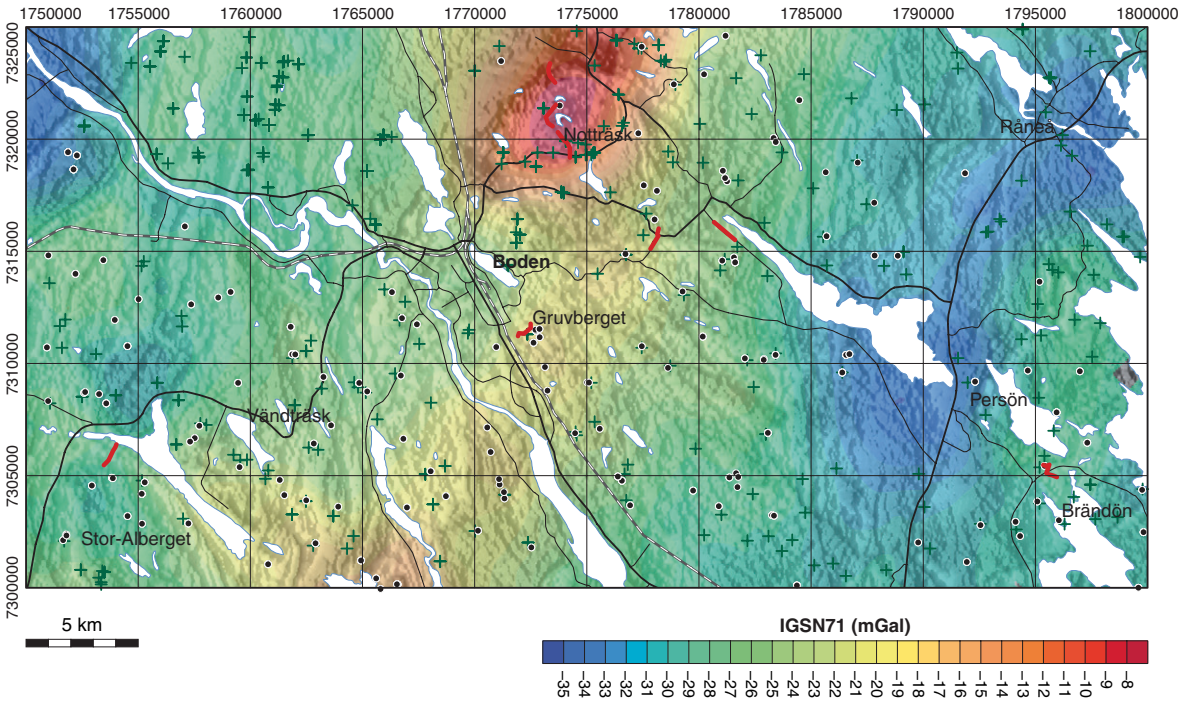


Fig. 26. Kombination av magnetiska data (gråskala) och tyngdkraftsdata (färg) över kartområdet 25L Boden SV och SO. På kartan har geofysiska observationslokaler och profillägen från fältsäsongen 2010 markerats tillsammans med äldre observationslokaler: Svarta punkter visar observationslokaler där strålnings- och susceptibilitetsmätningar utförts. Röda linjer visar profillägen för markmätning av magnetfältet. Lägen för mätningar som utfördes 2009 samt för äldre provtagningsplatser för petrofysiska analyser är markerade med plustecken. Maskvidden för rutnätet är 5 km.

visst inslag av svekofenniska ytbergarter. De största och mest utpräglade tektoniska zonerna inom kartområdet 25L Boden har enligt den magnetiska anomalikartan en nordvästlig riktning. Dessa zoner är mest framträdande i området norr om det aktuella undersökningsområdet. Mindre tydliga zoner med i huvudsak nordvästlig riktning finns i den centrala södra delen av undersökningsområdet. Dessa zoner är knappt urskiljbara i den magnetiska anomalikartan på grund av deras relativt flacka stupning (Hans Isaksson, muntlig kommunikation).

Gammastrålningen, som på kompositkartan (fig. 27) representeras av aktivitetsindex, är i huvudsak låg. Det är främst relativt finkorniga graniter samt pegmatiter och apliter tillhörande Linasviten som ger upphov till högre nivåer. Enligt strålningsmätning på berghällar (fig. 27) har Haparandasvitens bergarter genomgående låga halter av uran och torium, och i och med att kaliumhalten också är låg för dessa bergarter blir aktivitetsindex omkring och under 1,0. Linasvitens bergarter har värden uppemot gränsvärdet 2,0. På enstaka hällar av Linasvitens graniter, apliter och pegmatiter överstiger aktivitetsindex 2,0 och radiumindex 1,0. De högsta halterna av uran och torium har uppmätts på pegmatiter, bland annat på Gruvberget strax sydost om Boden och på Brändön i den sydöstra delen av undersökningsområdet. Linagraniter på Stor-Alberget i den sydvästra delen av undersökningsområdet uppvisar också ställvis relativt höga halter av uran och torium, 14 respektive 60 ppm. De högsta värdena för uran och torium har uppmätts på krossad pegmatit vid brottet på Gruvberget och är 80 respektive 148 ppm. Dylika värden ger ett aktivitetsindex på nästan 7,0 och ett radiumindex på ca 5,0.

Den systematiska markmätningen av magnetfältet omfattar åtta mätprofiler (fig. 26). Mätningarna har utförts med ca 10 m punktavstånd huvudsakligen i nord–sydlig riktning, eftersom flygmätningen av magnetfältet är utförd i öst–västlig riktning. Detta gjordes för att komplettera mätdata från flygmätningen och väsentligt öka upplösningen av mätdata över vissa specifika, magnetiskt anomala områden. Upplösningen är teoretiskt 200 m tvärs flygriktningen. I samband med vissa speciella objekt, som på Gruvberget, har dock en öst–västlig riktning av profilen tillämpats.

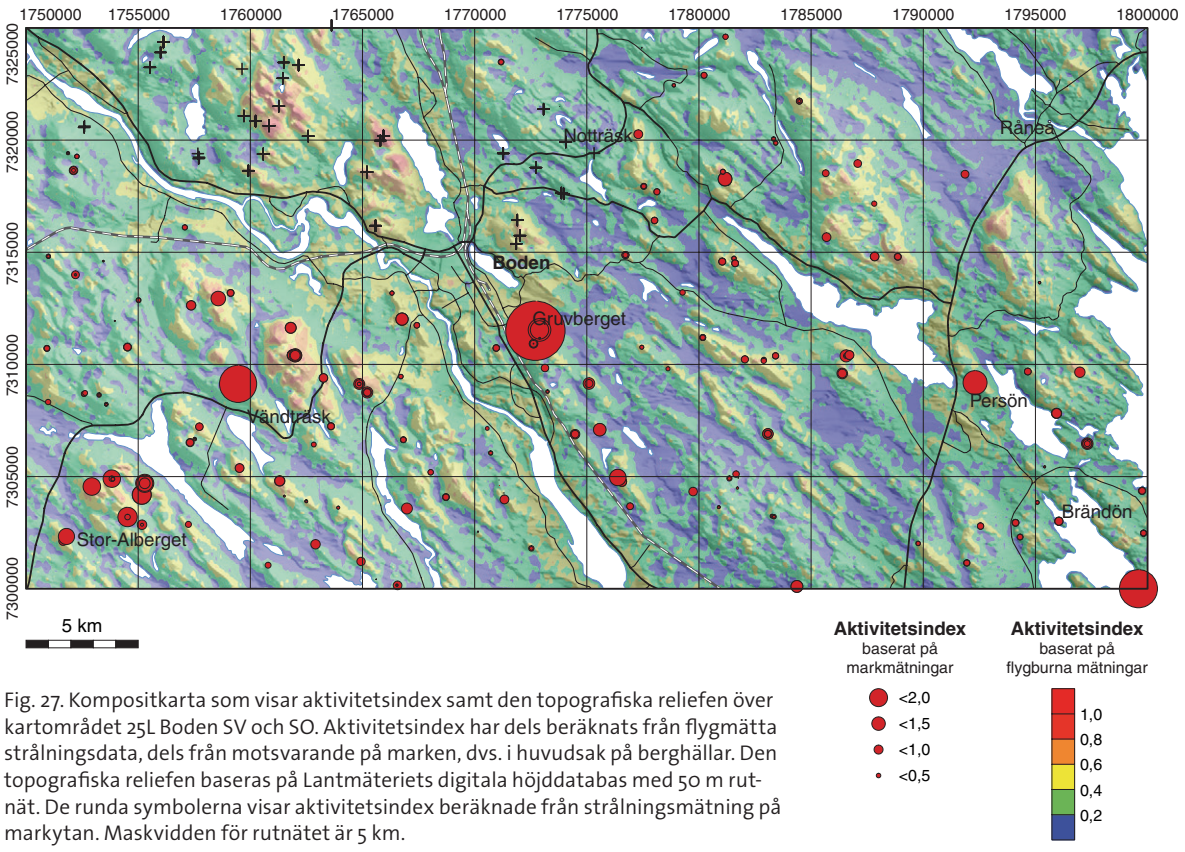


Fig. 27. Kompositkarta som visar aktivitetsindex samt den topografiska reliefen över kartområdet 25L Boden SV och SO. Aktivitetsindex har dels beräknats från flygmätta strålningsdata, dels från motsvarande på marken, dvs. i huvudsak på berghällar. Den topografiska reliefen baseras på Lantmäteriets digitala höjddatabas med 50 m rutnät. De runda symbolerna visar aktivitetsindex beräknade från strålningsmätning på markytan. Maskvidden för rutnätet är 5 km.

Mineraliseringar

I en lagrad intrusion vid Notträsk (7321000/811800) finns nickelmineraliseringar som varit kända sedan slutet av 1800-talet. Området började prospekteras på allvar efter 1975 då man vid vägbygge hittade en gabbronorit med ådror av massiv magnetkis. Snitthalten av nickel och kobolt i gabbronoriten uppgår där till 0,5 respektive 0,1 % (Hansson 1982). Borrningar utförda av Sveriges geologiska AB år 1989 i en olivingabbro i intrusionens centrala delar påvisade lokalt anomala halter av platina, palladium och guld (Filén m.fl. 1989).

Mindre wolframmineraliseringar i form av disseminerad scheelit förekommer i skarnomvandlade kalkhorisonter i en basisk vulkanit i ett nord–sydligt stråk mellan Stor-Alberget i söder (7305300/790500) och området runt Stor-Holberget i norr (7313700/790400). Mineraliseringarna, som förekommer i nära samband med pegmatiter och granodiorit, håller normalt halter mellan 0,1 och 0,2 % wolfram. På ett par ställen förekommer även mindre kopparmineraliseringar i vulkanit samt molybden- och guldmineraliseringar i pegmatit (Geo Management AB 1994).

Vid Gruvberget strax sydost om Bodens tätort (7312800/809760) finns ett par äldre gruvhål med kvarliggande varp. Rester av en amfibol- och magnetitrik bergart som sannolikt utgjort den brutna malmen förekommer i gruvväggar och i varp. Förekomsten är otillräckligt dokumenterad.

I området runt Brändåsen (7306500/818000 samt 7304800/820000) har det under fältsäsongen 2009 i granitoiderna identifierats ett antal hällar som innehåller ådror av massiv magnetit (fig. 28a). Sulfidmineraliseringar med anomala halter av koppar och guld är sedan tidigare kända (Isaksson m.fl. 1995) vid Markberget (7305873/813300), Svanamyrberget (7305100/818300) och Misund (7301680/821400).

Ett flertal nedlagda kvarts- och fältspatgruvor i zonerade pegmatiter förekommer mellan Råneå och Sundom. Den största gruvan vid Högheden (7320870/833100) ska ensam ha gett 6 748 ton fältspat (Sundius 1952).

På Vinberget (7316123/835130) förekommer en nedlagd gruva där man har brutit kvarts och fältspat. Platsen är välbesökt av mineraloger och samlare eftersom det förekommer svart turmalin (schörl). Även ferrocolumbit som innehåller tantal och niob lär förekomma här (fig. 28b).

REFERENSER

Aaro, S. & Byström, S., 2001: Tyngdkraften och magnetfältet – två viktiga nycklar till Jordens inre. *Geologiskt forum 32*, 21–28.

Arvanitidis, N., 1982: The geochemistry and petrogenesis of the Notträsk mafic intrusion, northern Sweden. *Doktorsavhandling. Meddelanden från Stockholms universitets geologiska institution 253*, 179 s.



Fig. 28. **A.** Järnmineraliseringar i granitoid bestående av ådror av massiv magnetit. Brändåsen (7306500/818000). **B.** Ferrocolumbit som innehåller tantal och niob. Mellan Sundom och Råneå (7316123/835130). Foto: Daniel Larsson.

Arkko, V., 1986: The Nordkalott project – geophysical aspects of large mafic intrusions in northern Sweden. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 86401*, 79 s.
Bhatia, M.R. & Crook, K.A.W., 1986: Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins. *Contributions to Mineralogy and Petrology 92*, 181–193.
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 uppföljningsarbeten 1983. Jäkkvik/Luvos. *Sveriges Geologiska AB PRAP 84119*, 15 s.
Debon, F. & Le Fort, P., 1983: A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh, Earth Sciences 73*, 135–149.
Einarsson, Ö., 1977: Delprogrammen övriga metaller och järn. Redogörelse för verksamheten perioden 1976/77. Projekt Södra Norrbotten övriga metaller. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 683*, 42 s.
Einarsson, Ö., Forsberg, L.-O. & Ranqvist, T., 1991: Rappenfältet: Redovisning av utförda prospekteringsarbeten 1991-02-01–1991-06-30. *Sveriges Geologiska AB PRAP 91043*, 90 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.
Geo Management AB, 1994: *Mineraliseringar och industrimineralförekomster inom Bodens kommun*. Geo Management AB. 126 s.
Hansson, K.-E., 1982: Årsrapport 1981: Projekt 4012, 4022. *LKAB Prospektering AB KI8208*, 10 s.
Herron, M.M., 1988: Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. *Journal of Sedimentary Petrology 58*, 820–829.
Isaksson, H., Martinsson, O. & Tunehed, H., 1995: *Exploration Prospects in Northern Sweden No. 4. The Lower Lule River Valley Region. Au-Ag-Cu prospects*. GeoVista AB. 7 s.
Johansson, K.I., 1982: Lägesrapport 821101: Projekt Arjeplog. *LKAB Prospektering AB 8225*, 5 s.
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*, 197 s.
Kathol, B. & Persson, P.-O., 2008a: Sm-Nd analysis of a quartz monzodiorite from Gunnarberget at Harads, southern Norrbotten County, Sweden. *I* F. Hellström (red.): Results from radiometric datings and other isotope analyses 2. *Sveriges geologiska undersökning SGU-rapport 2008:28*, 29–30.
Kathol, B. & Persson, P.-O., 2008b: Sm-Nd analysis of a quartz diorite from Sandträskberget, southern Norrbotten County, Sweden. *I* F. Hellström (red.): Results from radiometric datings and other isotope analyses 2. *Sveriges geologiska undersökning SGU-rapport 2008:28*, 31–32.
Kathol, B., Aaro, S., Hartvig, F., Jönberger, J. & Lundmark, C., 2007: Moskosel–Harads, baskartering berg. *I* H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2006. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 126*, 10–27.
Kathol, B., Sadeghi, M., Aaro, S., Albrecht, L., Larsson, D. & Jönberger, J., 2010: Jäkkvik–Boden. *I* H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2009. *Sveriges geologiska undersökning SGU-rapport 2010:2*, 17–42.
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., 1982: Översikt över södra Norrbottensfjällens kaledonberggrund. *Sveriges geologiska undersökning Ba 26*, 295 s.

Lilljequist, R., 1973: Caledonian geology of the Laisvall area, southern Norrbotten, Swedish Lapland. *Sveriges geologiska undersökning C 691*, 43 s.
Lindström, M., Lundqvist, J. & Lundqvist, T., 2000: *Sveriges geologi från urtid till nutid*. Studentlitteratur, Lund. 491 s.
Ljung, S., 1992: Tjuoiva 1992. *Nämnden för statens gruvegendom NSG 92030*, 9 s.
Ljungner, E., 1950: Urbergsytans 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. & Weihed, 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 in the Vallen–Alhamn area, northern Sweden. *Sveriges geologiska undersökning C 828*, 32–33.
Mellqvist, C., 1999: Proterozoic crustal growth along the Archaean continental margin in the Luleå and Jokkmokk areas, northern Sweden. *Doktorsavhandling 1999:24, Luleå Tekniska Universitet, Sverige*, 15 s.
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.
Mellqvist, C., Öhlander, B., Weihed, P. & Schöberg, H., 2003: Some aspects on the subdivision of the Haparanda and Jörn intrusive suites in northern Sweden. *GFF 125*, 77–85.
Pettijohn, F.J., Potter, P.E. & Siever, R., 1972: *Sand and sandstone*. New York, Springer-Verlag. 618 s.
Ramberg, H., 1981: *Gravity, deformation and the Earth's crust (2:a uppl.)*. Academic Press Inc. 452 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.
Sundius, N., 1952: Kvarts, fältspat och glimmer samt förekomster därav i Sverige. *Sveriges geologiska undersökning C 520*, 231 s.
Thelander, T., 2009: Berggrundskartan Kaledoniderna i norra Sverige, skala 1:250 000. Södra delen. *Sveriges geologiska undersökning K 222:2*.
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., 1989: Berggrundskartan 25M Kalix SO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ai 45*.
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*.
Wikström, A., Skiöld, T. & Öhlander, B., 1996: The relationship between 1.88 Ga old magmatism and the Baltic–Bothnian shear zone in northern Sweden. *I* T.S. Brewer (red.): Precambrian crustal evolution in the North Atlantic region. *Geological Society Special Publication 112*, 249–259.
Willdén, M.Y., 1980: Paleoenvironment of the autochthonous sedimentary rock sequence at Laisvall, Swedish Caledonides. *Stockholm Contributions in Geology 33*, 100 s.
Witschard, F., 1984: The geological and tectonic evolution of the Precambrian of northern Sweden – a case for basement reactivation? *Precambrian Research 23*, 273–315.
Ödman, O.H., 1957: Beskrivning till berggrundskarta över urberget i Norrbottens län. *Sveriges geologiska undersökning Ca 41*, 151 s.
Ödman, O.H., Härme, M., Mikkola, A. & Simonen, A., 1949: Den svensk-finska geologiska exkursionen i Tornedalen sommaren 1948. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 71*, 113–120.

Karlstad, berg och bergkvalitet

Martin Ahl, Hans Delin, Lutz Kübler, Magnus Ripa & Michael Stephens

Projektet ”Karlstad, berg och bergkvalitet” avser att producera grundinformation om berggrunden i de områden som motsvaras av de topografiska kartbladen 10C Åmål NO, 11D Munkfors SV, 10D Karlstad NV och 10D Karlstad NO (kartbladsindelning RT90, 2 500 km^2). Även närliggande öar i kartområdena 10D Karlstad SV och SO i den norra delen av Vänern ska undersökas. Projektområdet ligger helt i Värmlands län. Informationen bildar ett nödvändigt underlag bland annat för planering och resurshushållning som utförs av länsstyrelsen, kommuner och företag. Arbetet inkluderar också speciella undersökningar av bergarternas tekniska egenskaper i en del av området (ca 940 km^2). Projektområdet och de delar som även ska undersökas med avseende på bergarternas tekniska egenskaper framgår av figur 1.

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

Fältarbetet inleddes 2008 och kommer att avslutas säsongen 2013. Drygt hälften av ytan är nu undersökt och 3 309 hällobservationer har gjorts (fig. 1). Totalt har 133 bergartsprover i karteringsområdet tagits för kemisk analys, 167 prover för tillverkning av tunnslip och 35 prover för tekniska analyser. Tre bergartsprover analyserades för radiometrisk åldersbestämning efter fältsäsongen 2009 och tio nya bergartsprover för åldersbestämning togs under 2010.

Projektledarskapet har växlats över från Magnus Ripa till Martin Ahl i samband med SGUs omorganisering 2010. Under fältsäsongen 2010 bedrevs fältarbete på tre av de fyra bladen under ledning av

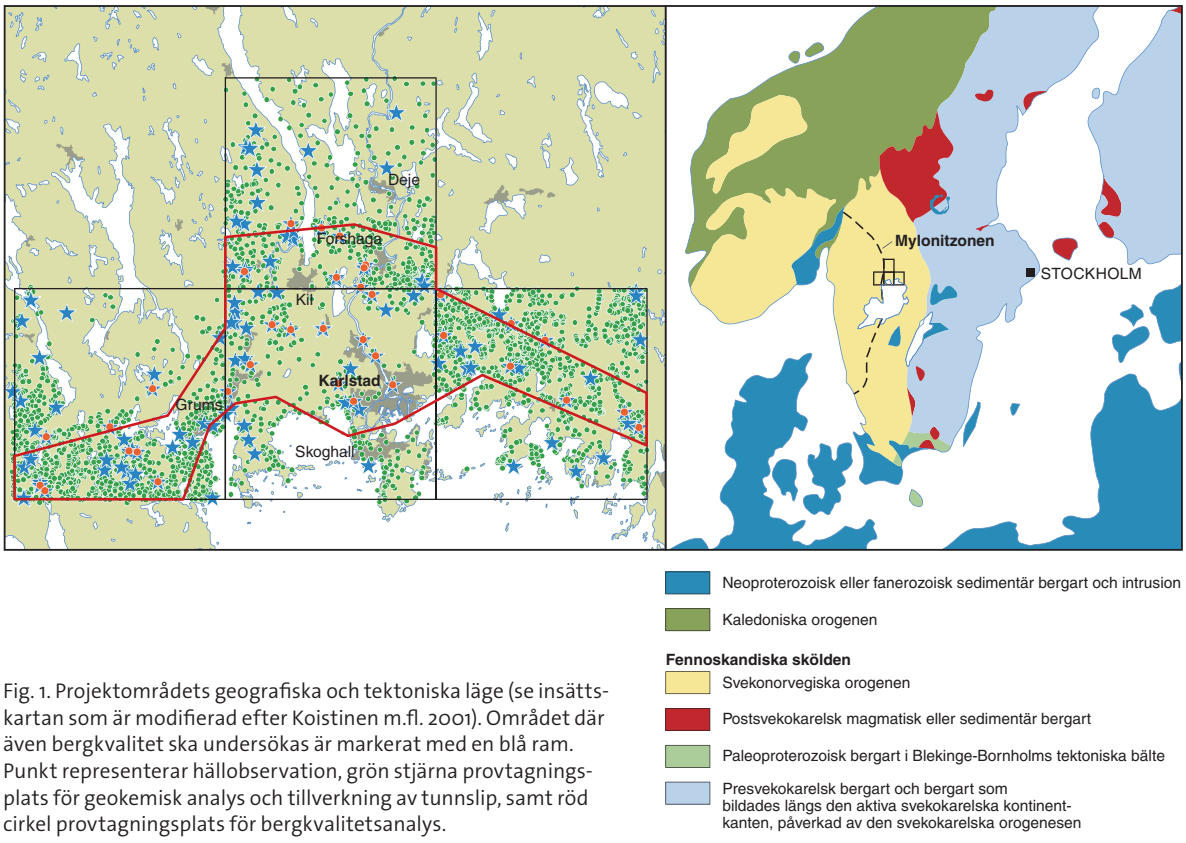


Fig. 1. Projektområdets geografiska och tektoniska läge (se insättskartan som är modifierad efter Koistinen m.fl. 2001). Området där även bergkvalitet ska undersökas är markerat med en blå ram. Punkt representerar hällobservation, grön stjärna provtagningsplats för geokemisk analys och tillverkning av tunnslip, samt röd cirkel provtagningsplats för bergkvalitetsanalys.

Hans Delin (10C Åmål NO), Magnus Ripa (11D Munkfors SV) och Martin Ahl (10D Karlstad NO). Paul Evins, Helena Lager och Stefan Persson var extrageologer och Christina Nysten extrageofysiker. Stefan Persson skötte hanteringen av de geologiska proverna medan Anders Gustafsson tog hand om proverna avsedda för petrofysiska undersökningar. En särskild strukturgeologisk studie utfördes av Michael Stephens tillsammans med Martin Ahl och Stefan Persson inom kartområdena 10E Karlskoga NV och 10D Karlstad NO. Provtagning för geokronologiska analyser genomfördes under ledning av Michael Stephens. Resultat och bearbetning från 2010 års provtagningar har ännu inte färdigställts.

En sammanställning av tidigare arbeten i karteringsområdet med beskrivning av tektoniska huvudenheter, geokronologiska studier, huvudbergarter, strukturer och naturresurser samt referenser till tidigare undersökningar återfinns i Ripa m.fl. (2010). De grundläggande geologiska undersökningarna inom varje kartbladsområde, de geofysiska undersökningarna för hela projektområdet och de särskilda strukturgeologiska, geokronologiska och bergkvalitetsrelaterade undersökningar som utförts 2010 redovisas separat i denna rapport.

GEOLOGISKA UNDERSÖKNINGAR

Kartområdet 10C Åmål NO

Hans Delin

Årets geologiska fältarbete i kartområdet 10C Åmål NO startade i maj och omfattade ca 14 personveckor. Undersökningen bedrevs huvudsakligen i de sydöstra och östra delarna av området, bland annat kring Grums och Segmon. Några spridda observationer har gjorts längre norrut, i samband med exkursioner inom projektet. Fältarbetet resulterade i ca 380 nya hällobservationer, som fördelar sig över en yta på ca 125 km^2. Observationerna har lagrats i SGUs hälldatabas. Totalt finns nu ca 1 000 observationer från kartområdet, fördelade över en yta på ca 300 km^2, huvudsakligen i den södra halvan av området. Kemisk analys ska utföras på 10 bergartsprover och 13 tunnslip är under tillverkning för mikroskopisk analys av bergarterna. Tre nya prover har tagits för radiometrisk åldersbestämning (se nedan). För regional berggrundsgeologi och referenser hänvisas till förra årets fältrapport (Ripa m.fl. 2010).

Berggrunden i 2010 års undersökningsområde domineras av starkt omvandlade och deformerade s.k. Åmålsgranitoider (ca 1 600 miljoner år). Metagranitoiderna utgörs av starkt åderförgnejsad och veckad granodiorit (fig. 2a) med stråkvisa inslag av homogen tonalit (fig. 2b), som i stort sett saknar neosom. De östligaste tonalitförekomsterna är vanligen rikligt granatförande (lokalt en del granater även i granodiorit). Ett prov av migmatitisk, granodioritisk ortognejs har tagits för radiometrisk ålderbestämning (se nedan). Det finns även relativt stora områden med röd till gråröd, ådrad granit till granodiorit, som troligen tillhör Åmålsgranitoiderna. I den centrala delen finns stora förekomster av en rödgrå, grovt ögonförande, deformerad granit till granodiorit (fig. 2c), lokalt med mycket stora fältspatögon (upp till 20 cm). Bergarten är i allmänhet gnejsig, delvis med begynnande ”svansbildning” på fältspatklasterna. Även den ögonförande granitoiden bedöms tillhöra Åmålsgruppens intrusivbergarter.

I Åmålsgranitoiderna finns talrika inslag av en relativt finkornig, ljust gråröd till rödgrå metagranit till metagranodiorit. Bergarten uppträder som både gångliknande bildningar och som större kroppar (södra centrala delen) och bedöms vara den som kallas Göstagranit av Lindh (1998). Graniten är vanligen något svagare deformerad än de omgivande (äldre?) metagranitoiderna. Den är i allmänhet konkordant inreglerad i den regionala gnejsigheten, men på några få platser finns svagt klippande kontakter mot Åmålsgranitoiderna. På ett ställe har en tydlig xenolit av grå Åmålsgranitoid observerats i graniten (fig. 2d). Vid samma lokal togs ett prov av graniten för radiometrisk datering (se nedan).

Utmärkande för berggrunden i Grums–Segmonområdet är bland annat ett stort antal förekomster av basiska bergarter. De flesta utgörs av utdragna band och linser av relativt finkornig granatamfibolit, lokalt rikligt granatförande. Deras storlek varierar från någon decimeter till ett par hundra meter i


A


B


C


D


E


F


G


H

mäktighet, och de största förekomsterna är mer än 5 km långa. Det finns även några större kroppar med metagabbro, t.ex. vid Slottsbron. Spridda ultramafiska inslag (hornbländit) förekommer, både i granatamfiboliterna och de mer ”gabbroiska” basiterna.

Den så kallade Segmongraniten som beskrivs i Ripa m.fl. (2010) har under 2010 kartlagts vidare, varvid dess södra utbredningsgräns har kunnat dokumenteras. Det dateringsprov som togs under fältsäsongen 2009 gav en ålder på ca 1 320 miljoner år, vilket är något äldre än vad som framkommit vid tidigare geokronologiska undersökningar. På grund av deformation och omkristallisering är det i många fall svårt att skilja mellan de tre ovan nämnda röda granittyperna.

Tre av de lamprofyrgångar som nämns i Ripa m.fl. (2010) har undersökts under fältsäsongen 2010 (fig. 2e, f). En ny datering av ett prov från tidigare arbeten (Lindh 1998) gav en ålder på ca 914 miljoner år. Vid Fårhallens naturreservat, på en brant udde i Grumsfjorden, finns en ultrabasisk bergart (peridotit) med avvikande utseende (fig. 2g) jämfört med de omgivande gnejserna. Bergarten ser klart yngre ut och har en struktur som liknar den hos vissa basiska lavor eller ytnära intrusioner. Den har undersökts kemiskt och mineralogiskt av Wahlgren (1979) i samband med karteringen av berggrunden i Värmlands län (Lindh 1998). Peridotiten orsakar en liten, positiv magnetisk anomali som dock är konform med det regionala magnetiska anomalimönstret. Dess utbredning och ålder är okänd; eventuellt är den associerad med lamprofyrgångarna. Ett större prov togs för radiometrisk åldersbestämning (se nedan).

I Grumsområdet är berggrunden successivt starkare deformerad och mer inreglerad konformt med den breda deformationszon som kallas Mylonitzonen, ju närmare denna man kommer. Även gnejsighetens stupning ändras från flackt västlig i större delen av kartområdet till medelbrant mot väster (lokalt även mot öster) nära zonen. Strax väster om den förekommer enstaka, 1–2 m breda, mylonitiserade zoner (fig. 2h) som är parallella med Mylonitzonen.

Kartområdet 11D Munkfors SV

Magnus Ripa

Kartområdet 11D Munkfors SV omfattar delar av Sunne, Forshaga, Kils och Karlstads kommuner. Under fältsäsongen 2010 omfattade den geologiska undersökningen ca 16 personveckor. Vid det geologiska arbetet undersöktes 2–3 km^2 per dag. Totalt lagrades ca 150 observationer i SGUs hälldatabas, som nu innehåller ca 520 observationer för kartområdet. Ett prov har tagits för geokronologiska analyser under 2010.

Bergarterna i den större delen av kartområdet domineras av övervägande röda ortognejser (fig. 3) och den metamorfa graden verkar öka från öst till väst. Något mer grå ortognejser dominerar i den västligaste delen av kartområdet (fig. 3). De röda ortognejserna tillhör det Östra segmentet i den svekonorvegiska orogenen och de grå tillhör Idefjordenterrängen i samma orogen. Gränsen går ungefär vid och längs Europaväg 45 inom ett bälte med delvis mycket stark plastisk deformation som inkluderar den så kallade Mylonitzonen (se sammanfattning i Ripa m.fl. 2010). Gränsen mellan bergarter tillhörande de olika tektoniska huvudenheterna bildar inte en enkel linje, eftersom bergarter av den ena typen finns i den andra och tvärtom. Gränsen anses numera sannolikt vara tektonisk. Det är dock värt att notera att även mellan relativt mer välbevarade varieteter av Östra segmentets bergarter i kartområdets östligare delar är nästan alla kontakter tektoniska, trots att många av dem ursprungligen rimligen var intrusiva. Exempel på hur bergarter och strukturer ser ut finns i Ripa m.fl. (2010).

Fig. 2. Bergarter i kartområdet 10C Åmål NO. **A.** Starkt ådrad och S-veckad, migmatitisk granodiorit (Åmålsgruppen). ”Megaskärning” vid Gruvöns bruk, Grums (6580390/393363). **B**. Homogen metatonalit (Åmålsgruppen). Samma lokal som A (6580182/393165). **C.** Starkt deformerad, ögonförande metagranitoid (Åmålsgruppen?). Dalängen, Borgvik (6578090/381654). **D.** Xenolit av Åmålsgranitoid i yngre metagranit (Göstagranit?). Nybygget, Gårdsjö (6574888/381719). **E.** Lamprofyrgång. Furnäsudden, strandhäll vid Vänern (6573186/394290). **F.** Lamprofyrgång som klipper Mylonitzonen. Samma lokal som E. **G.** Peridotit med möjlig avkylningsstruktur. Möjligen yngsta bergarten i kartområdet. Fårhallens naturreservat, Grums (6577701/389766). **H.** Mylonitisk gnejs. Smal zon ca 2 km väster om Mylonitzonen. Dufvåsen, Slottsbron (6577692/393191). Foto: Hans Delin.

Bergarter

Granitisk sammansättning dominerar helt i de röda ortognejserna i det Östra segmentet. Lokalt finns dock kvartsmonzonit, monzonit och möjligen alkalifältspatgranit. Bergarterna är generellt omkristalliserade till finkornighet. I relativt välbevarade delar längst i öster är det tämligen klart att de lokalt

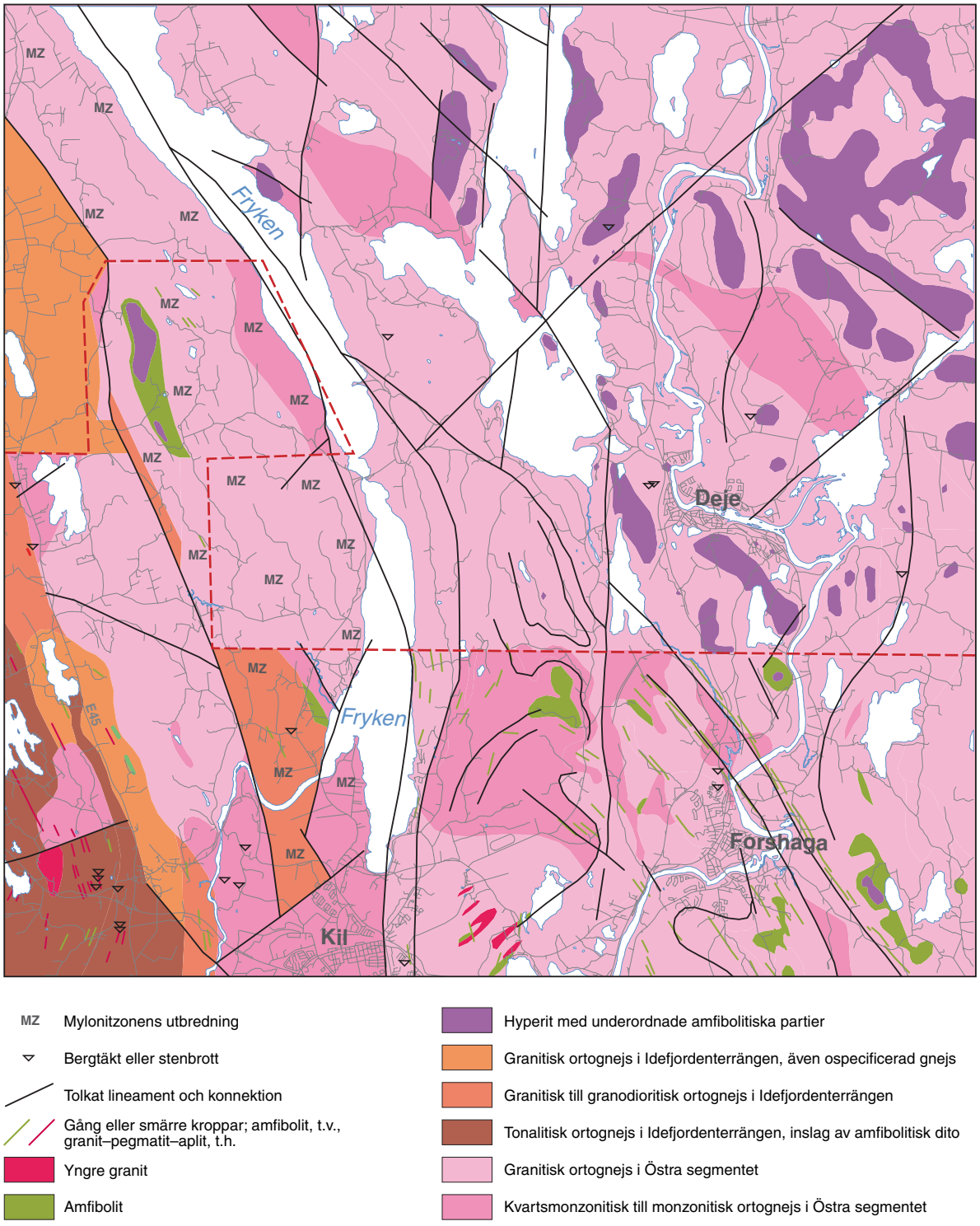


Fig. 3. Preliminär berggrundskarta över området 11D Munkfors SV. Berggrundsdata baseras på detaljerad kartering i områdets södra och sydvästra delar (söder om streckad, röd linje) samt på översiktlig kartering och data från SGU-projekt Aa 179 (Sandegren & Magnusson 1937). Till synes omotiverade ”förkastningar” i den preliminära kartbilden beror på de olika karteringsmetoderna. Observera att samtliga gränser mellan ortognejserna av olika slag sannolikt är tektoniska, men att strukturlinjer inte lagts in vid dessa gränser.

ursprungligen varit mer grovkorniga (i allmänhet åtminstone medelkorniga) och haft jämnkornig till ojämnkornig till smått kalifältspatporfyrisk textur. Att döma av tidigare geokronologiska analyser (se sammanställning i Ripa m.fl. 2010), och bergarternas mineralogiska sammansättning och ursprungliga karaktär, torde de röda ortognejserna representera metamorfa varieteter av TMB2-granit och med dem associerade syenitoider.

Tillsammans med de röda ortognejserna finns dels diabaser (så kallade hyperiter i äldre litteratur), dels amfiboliter. Gradvisa övergångar visar att amfiboliterna i många fall är omvandlade diabaser. Välbevarad diabas finns på några ställen, mest i områdets östra och nordöstra delar och är där medeltill grovkornig. De första tecknen på omvandling av diabasen 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. Fältobservationer tyder på att bergarten först amfibolitomvandlats och sedan deformerats. Begreppet ofitisk textur betyder här ett makroskopiskt observerat regellöst kristallarrangemang (”myrstacks”- eller ”plockepinn”-textur) av plagioklaskorn, snarare än att de verkligen helt innesluts i pyroxen, vilket bara kan bestämmas mikroskopiskt.

I ovan nämnda bergarter finns gångar, ådror och mindre kroppar av pegmatit, aplit och granit. I större delen av Östra segmentet är det ingen tvekan om att gångar och ådror är externt material som intruderat sina värdbergarter. Närmare Frykensjöarna är dock troligen en del granitådror lokalt deriverade. Det finns två typer av granit- till pegmatitådror, dels magnetitförande sådana associerade med mindre gnejsigt sidoberg, dels granat- och hornbländeförande ådror i starkt gnejsigt sidoberg. Dessutom finns det lokalt starkt kvartsdominerade ådror.

Ett prov av en svagt folierad granitgång som genomslår granitisk ortognejs mellan Kil och Forshaga, visade vid SIMS-analys zirkoner med tre åldrar, ca 1 700, ca 1 250 och ca 925 miljoner år. Den yngsta generationen kan representera granitgångens kristallisationsålder och är jämförbar med den hos pegmatiter i Östra segmentets södra del och med den hos t.ex. Bohusgranit i Idefjordenterrängen. De äldre generationerna är jämförbara med åldrarna dels hos TMB2-plutoniter, dels möjligen hos Vårgårdaintrusionen (Berglund m.fl. 1997). Om de representerar zirkoner från granitgångens protolit eller xenokrister från sidoberget är oklart.

På många platser är berget bankat i decimeter- till meterskala, i stort sett parallellt med föreliggande foliation eller gnejsighet – bankarna är med andra ord strukturellt betingade. Litologiska kontakter är nästan uteslutande av tektonisk karaktär. I Östra 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 meterskala.

Den metamorfa graden ökar inom det Östra segmentet från öst till väst. Öster om Frykensjöarna är det sällan några problem att klassificera den ursprungliga litologin, och att kalla områdets bergarter för ortognejser är inte överallt motiverat. 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 och kvarts respektive plagioklas och mörka mineral. Tillsammans med granitiska ådror gör denna migmatitiska struktur bergarterna mer svårtolkade. I starkare deformerade delar är det vanligt att eventuella pegmatitgångar boudinerats varvid kalifältspat och kvarts separerats. En del av dessa kalifältspatkorn ger värdbergarten en skenbart porfyrisk textur.

Väster om E45:an är bergarterna i allmänhet gråare och tillhör sannolikt Idefjordenterrängen (fig. 3). Den successiva ökningen i metamorf grad åt väster som beskrivits ovan verkar fortsätta där, även om tämligen välbevarade bergarter också förekommer. Felsiska led har i fält betecknats som granit, granodiorit och tonalit, dvs. med en kalkalkalin karaktär. Dessutom finns tonalitiska till amfibolitiska och även rent amfibolitiska led. Tidigare geokronologiska analyser (se sammanställning i Ripa m.fl. 2010) indikerar bildning av dessa granitoider omkring 1 600 miljoner år vilket talar för att de tillhör Idefjordenterrängen.

Även i Idefjordenterrängen finns gångar, ådror och mindre kroppar av yngre granit, pegmatit och aplit. Granit finns av tre sorter: grå och finkornig, röd och finkornig samt gråröd och porfyrisk varie-

tet. Den senare intruderades av de förra och är alltså något äldre. Alla är åtminstone något folierade eller stängliga. Lokalt är de yngre graniterna rikligt magnetitförande och deras utbredning därmed avgörande för den magnetiska anomalibilden.

Strukturer

Strukturellt domineras bergarterna i det Östra segmentet och öster om Frykensjöarna av planstrukturer, men delar med övervägande stängliga bergarter finns också. Planstrukturerna i segmentets östra delar har i de flesta fall i projektet benämnts foliation eller foliation till gnejsighet. Mot väster har de ofta benämnts gnejsighet eller metamorf bandning. Planstrukturerna stryker övervägande i nordvästlig till nordnordvästlig riktning och stupar flackt mot nordost. Till synes representerar planstrukturerna både veckben och axialplansytor i täta, liggande veck av en tidigare gnejsstruktur. Veckaxlarna ser mest ut att stupa flackt åt nordnordväst. Lokalt finns dessutom en öppen veckning till krenulation av dessa planstrukturer längs flacka, mot ungefär nordost stupande veckaxlar. Axialplansfoliationen i dessa senare veck 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 200–300 m breda och representerar områden med betydligt högre deformationsgrad än den i omgivande berg. De sammanfaller med tolkade lineament som stryker i nordvästlig riktning och representerar möjligen sidogrenar (splays) till Mylonitzonen.

Frykensjöarnas utbredning markerar ett lineament (eller en tektonisk zon) över vilket bergarternas strukturer ändrar karaktär. Direkt väster om Frykensjöarna finns en upp till 5 km bred zon av mylonitiska bergarter. De representerar det som traditionellt brukar betecknas Mylonitzonen och består av mylonit av omväxlande, i decimeter- till meterskala, sura och mer basiska bergarter. Den mylonitiska strukturen stupar regelmässigt åt antingen väster eller öster, och tolkas vara veckad kring nordnordvästligt strykande, närmast vertikala axialplansytor. Veckaxlarna, både beräknade och mätta, stupar flackt åt nordnordväst. Bland de mylonitiska bergarterna finns flera partier, sannolikt tektoniska linser, med föga deformerat berg.

Väster om Mylonitzonen och i området norr om Arvikavägen dominerar en flackt mot nordost stupande gnejsighet i Idefjordenterrängen. Den är vågig eller krenulerad kring flackt mot norr stupande veckaxlar. Väster om Mylonitzonen och i området söder om Arvikavägen stryker gnejsigheten åt nordnordost. Gnejsigheten i Idefjordenterrängen beskriver alltså i det aktuella området en åt väster konkav bågform.

Naturresurser

Det finns inga kända mineraliseringar av metallisk typ i området, däremot finns två nedlagda industrimineralbrott och en aktiv krossbergstäkt. 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 Kvarnbråtens stenbrott där man brutit kvarts ur en till synes hydrotermal gång. Strax öster om Bäckmossen, någon kilometer norr om Deje, finns en aktiv krossbergstäkt i röd, småporfyrisk metagranit. Dessutom finns ytterligare stenbrott som sedan länge varit övergivna. Troligen har det mest varit fråga om krossbergsbrytning, men i några fall kan även större stycken ha producerats.

Kartområdet 10D Karlstad NO

Martin Ahl

Kartområdet 10D Karlstad NO omfattar delar av Hammarö, Forshaga, Karlstads och Kristinehamns kommuner. Under fältsäsongen 2010 omfattade den geologiska undersökningen totalt 20 personveckor och inkluderade kartering av delar av den s.k. Hammaröformationen på öar i norra Vänern. Karteringsmetodiken har från och med 2010 växlat över från att vara regional i karaktär till lokal med tätare hällobservationer. Under fältsäsongen har data med berggrundens karaktär från 570 observationspunkter lagrats i SGUs hälldatabas. 2010 års fältarbete bestod också i att samla in 35 bergartsprover för tekniska analyser och fyra prover för geokronologiska analyser. En preliminär kartbild över kartområdet 10D Karlstad NO visas i figur 4.

Kartområdet utgörs av Östra segmentets övre nivå i nordnordost, mellersta nivå i den centrala delen och undre nivå i den södra delen. Berggrunden domineras av röda till gråröda, granitiska ortognejser som är omkristalliserade och fint medelkorniga med växlande halt av glimmer (fig. 5a). Dessa ortognejser är vanligen starkt bandade med olika bergartsled. Den dominerande deformationsstrukturen är lineation, även om en svag, flack foliation i regel också är utvecklad. Veckning finns med flacka, undulerande veckaxlar som stupar mot nordost eller sydväst.

Diabaser (så kallade hyperiter i äldre litteratur) utgör också ett stort inslag i berggrunden och deformationsgraden varierar i dessa bergarter. Ett grovt massformigt material utgör kärnpartier medan delar vid randzonerna visar starkare deformation och omvandling till amfibolit eller granatamfibolit. Diabaserna uppträder både som brantstående eller flackt liggande skivor. I den östliga delen utgör de flackt liggande diabaserna höjdområden med gnejsig granit som underlag. I den västligare delen av kartområdet finns stråk av mer deformerade bergarter och en större frekvens av mer intermediära till basiska bergartslinser.

Bergarterna i den så kallade Hammaröformationen vid Vänerns strand representerar troligen ett djupare snitt ur jordskorpan i form av en antiform med ost–västlig trend (se nedan). Antiformen veckar sura till basiska, starkt mylonitiserade led i form av band med varierande bredd från decimeter till meter, vars ursprungsbergarter är svåra att identifiera (fig. 5b). Banden är veckade och krenulerade med axlar som ligger flackt i ost–väst (se nedan). Mot den norra flanken av antiformen är bergarterna migmatitiserade med neosom- och pegmatitbildning.

GEOFYSISKA UNDERSÖKNINGAR

Lutz Kübler

Det geofysiska fältarbetet 2010 omfattade 11 personveckor. Fältarbetet utfördes av Lutz Kübler med hjälp av en extrageofysiker (Christina Nysten). Fältarbetstiden fördelades ungefär lika över de tre västra delprojektområdena och inkluderade generell provtagning för petrofysiska analyser och radiometriska mätningar på lokaler med typbergarter samt lokaler utvalda för bergkvalitetsundersökningar. Delprojektområde 10D Karlstad NO kommer att undersökas år 2011. Sammanlagt besöktes 199 lokaler. På 185 av dessa utfördes 560 radiometriska mätningar med gammaspektrometer för att bestämma aktivitetsindex och radiumindex, samt halterna av elementen kalium, uran och torium i berggrunden. Nedanstående objekt undersöktes närmare med geofysiska metoder under fältarbetet.

Kartområdet 10C Åmål NO

Undersökning av det elektromagnetiska fältet (VLF) med Wadi-instrument gjordes över de så kallade Värmskogsgångarna i närheten av Värmskog. Mätprofilerna lades mellan de kända gruvhålen för att undersöka om det finns en kontinuitet i de malmförande kvartsgångarnas utsträckning. Preliminärt

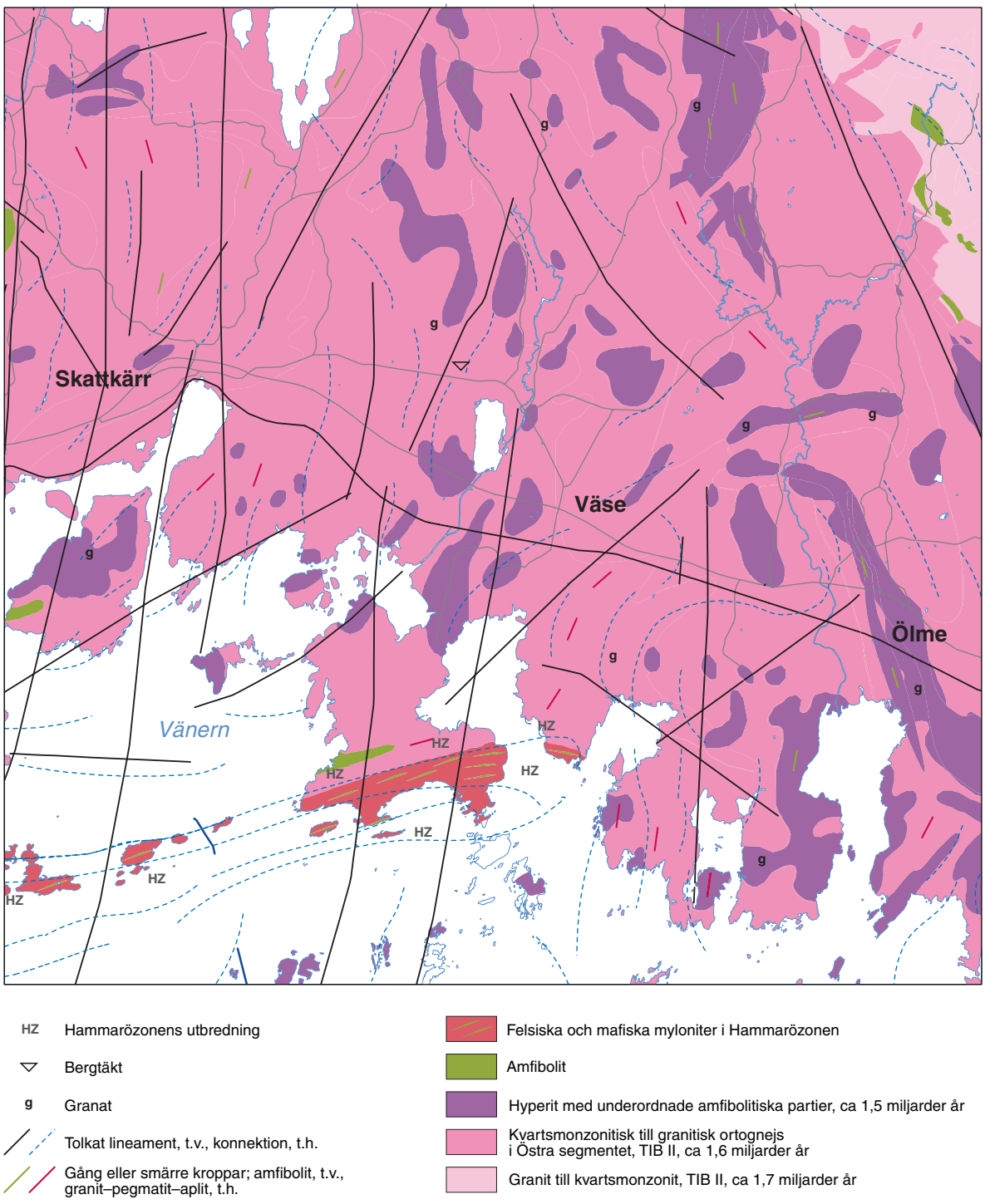


Fig. 4. Preliminär berggrundskarta över området 10D Karlstad NO.

visar resultaten på att det finns ledande zoner i förlängningen av gruvschakten och att de förorsakas av samma kvartsgång. Dessa undersökningar ingår till viss del i extrageofysikern Christina Nystens examensarbete om Värmskogsgångarnas mineralisering.

Uppföljningsmätning och karaktärisering gjordes av den så kallade Segmongraniten. På platser där tidigare arbeten har beskrivit bergarten som Segmongranit, visar det sig att kaliumhalten är generellt hög till mycket hög (4,0–7,5 %). Densiteten är ställvis högre än vad man kan förvänta sig av en ”normal”

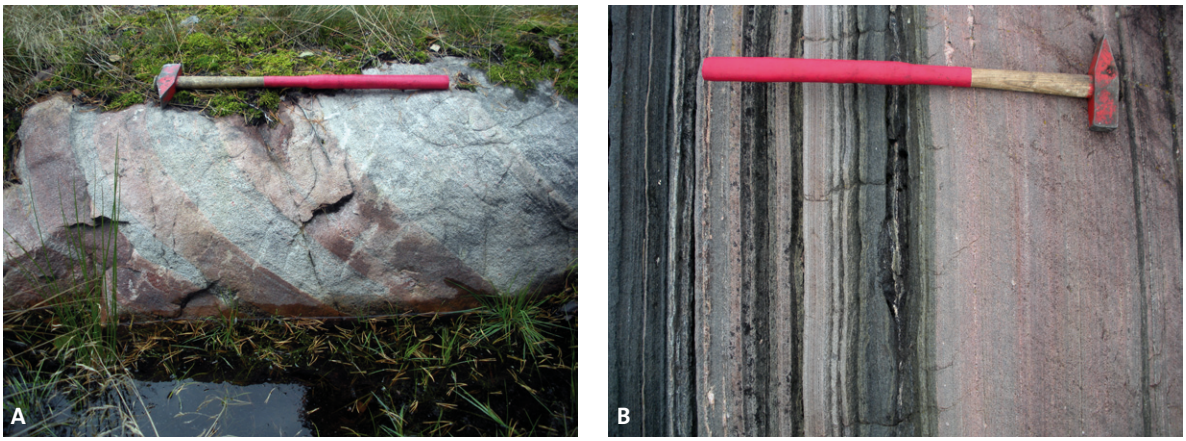


Fig. 5. Bergarter och strukturer i kartområdet 10D Karlstad NO. **A.** Häll med växlande band av röd, gnejsig, pegmatitslirig granit och rödgrå ortognejs som är rikare på glimmer och är hornbländeförande (6578728/430512, MAL100078). **B.** Ultramylonitiska, felsiska till basiska band (6580143/437420, MAL100007). Foto: Martin Ahl.

granit, vilket antyder att bergarten kan vara glimmerrik. Segmongraniten har låg magnetiserbarhet (<1 000 × 10^{-5} SI-enheter) och framträder därför inte på något avvikande sätt i magnetfältsdata.

Lamprofyrgångarna öster om Segmon vid Segmons gård och söder om Risnäsudden på Furnäsudden kartlades. Markmätningar av magnetfältet visade att lamprofyren bildar en gång som sträcker sig över hela södra delen av Furnäsudden (ca 250 m) i ost–västlig riktning. Vid Segmons gård kunde två nya hällar lokaliseras väster om den tidigare kända. Denna lamprofyrgång kunde följas ca 500 m mot öster (riktningen 085°). Lamprofyren har höga halter av kalium (3,5–4,5 %) och mycket hög magnetiserbarhet (2 000–6 000 × 10^{-5} SI-enheter).

Kartområdet 10D Karlstad NV och SV

Röda, gnejsiga metagraniter som ligger i eller i närmaste omgivning till Mylonitzonen har visat sig ha mycket varierande kaliumhalter. Ett typområde för denna kemiska variation som undersöktes redan 2009 är området kring Karlstads flygplats i kartområdet 10D Karlstad NV. Över korta avstånd ändras kaliumhalten från 5 till nära 0 %, medan toriumhalten är konstant hög till mycket hög. Vid en jämförelse mellan flygmätta strålningsdata för kalium och torium, kunde flera områden med denna typ av kaliumfattig granit längs Mylonitzonen pekas ut. Några av dessa områden undersöktes och provtogs. Det visade sig att ändringen av kaliumhalten sker godtyckligt både parallellt med foliationen och vinkelrätt mot den. Genom röntgendiffraktionsanalys kunde fastställas att en mycket albitrik plagioklas sannolikt har ersatt kalifältspat, och variationen i kaliumhalten kan relateras till omvandling. En kemisk analys på ett prov från Segerstadshalvön, 2 km västsydväst om Segerstads kyrka, bekräftar resultaten från strålningsmätningar på häll. Detta prov (LUK101237) innehåller dessutom en mycket hög halt av tenn (>300 ppm).

Inom kartbladet 10D Karlstad NV och SV finns flera begränsade områden med kraftigt negativa magnetanomalier. De flesta orsakas av bergarter som ligger under vatten (i Vänern), men ett område finns på Hammarön söder om golfbanan. Genom markmätningar kunde konstateras att den negativa anomalins halvvärdesbredd sträcker sig över ca 200 m i nord–sydlig riktning och mer än 200 m i ost–västlig riktning. Maximala avvikelsen från normalnivån är –2 000 nT. Tyngdkraftsmätningar längs en profil över det låganomala området, utfört under vårvintern 2010, antyder ett svagt massöverskott. Den kraftigaste, negativa anomalin enligt flygmätta data ligger ca 4 km väster om den lilla ön Härö i Vänern. För fältsäsongen 2011 planeras en noggrannare inmätning av denna anomali.

En undersökning av det karaktäristiska rutmönstret som återfinns i alla geofysiska, flygmätta data över och söder om Hammarön har utförts. Orsaken förmodas ligga i att ost–västligt orienterade, hög-

magnetiska skivor av gnejsiga graniter, som alternerar med låg- till högmagnetiska amfibolitskivor, korsas av ett stort antal nordnordöstligt orienterade lågmagnetiska lineament.

STRUKTURGEOLOGISK STUDIE I KRISTINEHAMNS- OCH ÖLME–VÄSE–LUNNERVIKENOMRÅDENA (10E KARLSKOGA NV OCH 10D KARLSTAD NO)

Michael Stephens, Martin Ahl & Stefan Persson

En strukturgeologisk studie utfördes under fyra dagar dels för att studera berggrundens strukturella karaktär i Kristinehamnsområdet (se Wahlgren m.fl. 1994), dels för att samla in nya strukturdata från 26 lokaler nordväst om Kristinehamn i kartområdet 10D Karlstad NO (fig. 6). Syftet med studien var att jämföra strukturer i de bägge områdena. De nya strukturobservationerna kommer från ett område som begränsas av en tänkt linje mellan Ölme och Väse i norr och av Vänerns norra strand omkring Lunnerviken i söder (fig. 6). 18 av lokalerna var sedan tidigare dokumenterade inom Karlstadprojektet (2009), medan 8 nya lokaler dokumenterades i samband med denna studie (2010). Berggrunden

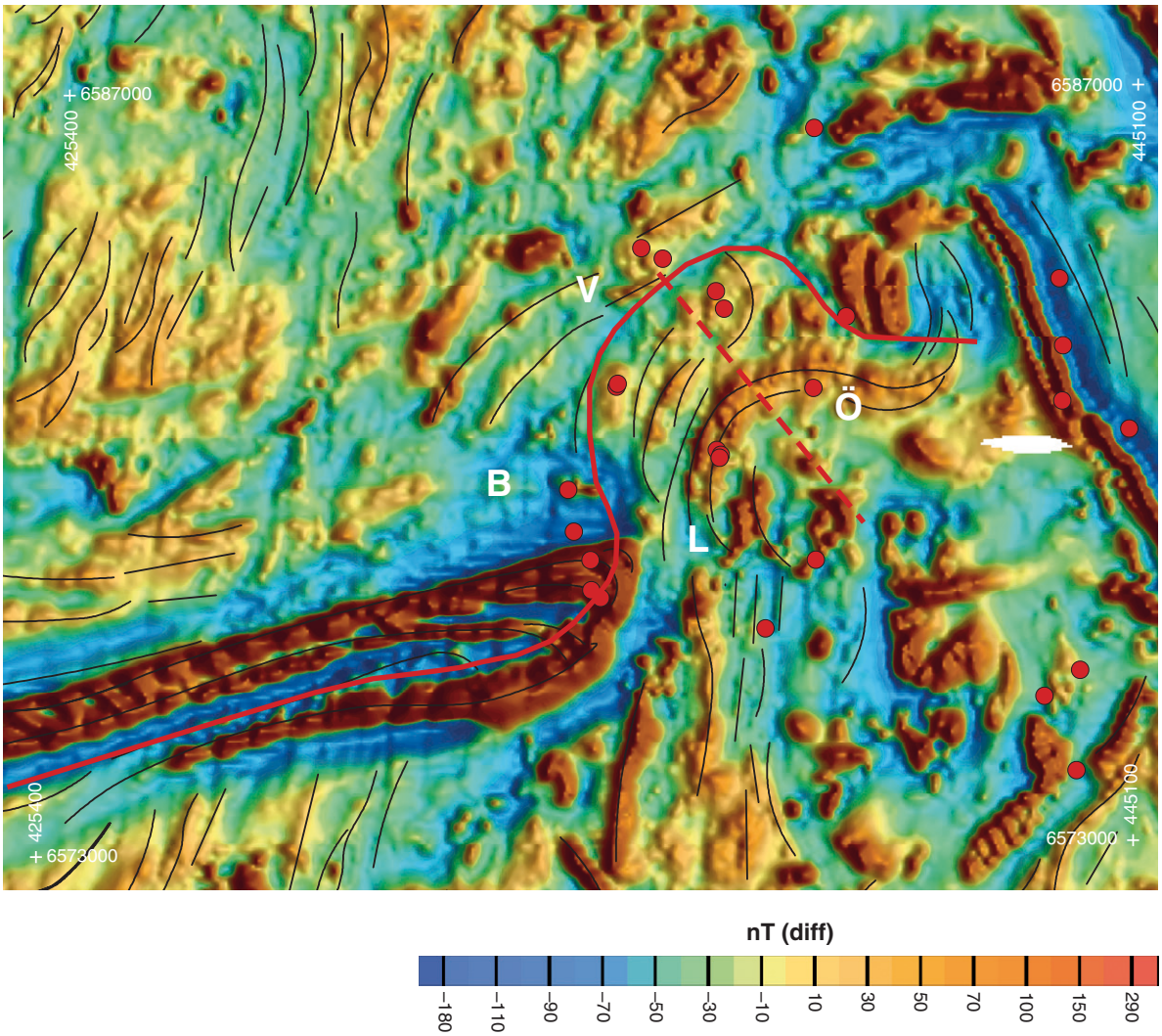


Fig. 6. Observationspunkter i samband med den strukturgeologiska undersökningen (röd punkt) samt tolkad länkning av axialplan till äldre F_2- och yngre F_3-veck i Ölme–Väse–Lunnervikenområdet. Bakgrunden utgörs av den magnetiska anomalikartan över området vilken är baserad på flygmätta magnetfältsdata (residualfält ner till –1000 m, reducerat till pol). De tunna svarta linjerna utgör magnetiska konnektioner. Lineament som definieras av magnetiska minima visas inte. Koordinater enligt SWEREF99 TM. B = Bottenviken, L = Lunnerviken, V = Väse, Ö = Ölme.

i området kring och väster om Kristinehamn anses tillhöra de mellersta och undre enheterna i Östra segmentet inom den svekonorvegiska orogenen.

En asymmetrisk veckning av den tektoniska foliationen i centimeter- till decimeterskala är vanligt förekommande i både Kristinehamns- och Ölme–Väse–Lunnervikenområdena. I Kristinehamnsområdet har dessa veck subhorisontella veckaxlar i en ungefär nord–sydlig riktning och flackt stupande axialplan. De visar genomgående östlig vergens, dvs. de är z-asymmetriska i vy mot norr, längs den flacka till medelbrant stupande och skjuvrelaterade, plastiska foliationen i områdets metaplutoniter (Wahlgren m.fl. 1994). Eftersom en tidigare utbildad tektonisk foliation och relaterad minerallineation, vilken generellt stupar flackt åt ostnordost (Wahlgren m.fl. 1994), är veckad, benämns vecken informellt F_2-veck. Kinematiska indikatorer och veckasymmetri tyder på att västra sidan rört sig uppåt, dvs. rörelsen är till synes relaterad till extension (Wahlgren m.fl. 1994).

I Ölme–Väseområdet är både gnejsigheten i metagraniter och kontakterna till basiska bergarter (i varierande grad metamorfa – diabas, amfibolit och granatamfibolit) påverkade av F_2-veckning (fig. 7a, b). Alla dessa bergarter tillhör den mellersta enheten i Östra segmentet. Gnejsstrukturen definieras av orienterad biotit och ställvis även granitådror, och är tillsammans med bergartskontakterna vanligen flackt stupande. Veckaxlarna till F_2-vecken stupar 15–20° mot nordost och axialplanen stupar flackt,



Fig. 7. Mesoskopiska veck i Ölme–Väse–Lunnervikenområdet. **A.** F_2-veck med veckaxel 040/15 i omböjningszon av ett större z-asymmetriskt F_2-veck. Dessa veck påverkar tunna ådror i amfibolit. Fotografiet visar vertikalsnitt mot nordost. MAL090210, i närheten av Väse (se fig. 6). **B.** F_2-veck med veckaxel 050/20 och axialplan 320/20 (högerhandsregel) som påverkar granitiska ådror och biotit i gnejsig metagranit. Fotografiet visar horisontalsnitt mot nordnordost. MAL090386, vid Ölme (se fig. 6). **C.** F_2-veck med veckaxel och minerallineation i 110/10 och axialplan som stupar flackt mot norr. Dessa veck påverkar en tektonisk bandning i en mylonitisk ortognejs. Bandningen visar branta begränsningsytor. Vy mot öster. MAL100010, mellan Lunnerviken och Bottenviken (se fig. 6). **D.** Veckad amfibolit och mylonitisk ortognejs. Hammaren är parallell med veckaxeln till ett F_2-veck. Veckaxeln och en minerallineation (hornblände) stupar flackt mot sydost. Även axialplanet är flackt stupande. Minerallineationen veckas av yngre F_3-veck (bortre delen av hällen) med mer upprättstående axialplan. MAL100010, mellan Lunnerviken och Bottenviken (se fig. 6). Foto: Michael Stephens.

dvs. en klart avvikande orientering jämfört med Kristinehamnsområdet. Dessa veck visar också olika vergens. Emellertid stupar minerallineationen liksom i Kristinehamnsområdet flackt (10°) mot ostnordost. Baserat på veckvergensens karaktär och formen hos magnetiska konnektioner, vilka identifierats i den magnetiska anomalikartan (Ripa m.fl. 2010), kan axialplanet till en större F_2-antiform identifieras (fig. 6). Detta axialplan förefaller i sin tur vara veckat (fig. 6). Både metagranit och amfibolit norr om Lunnerviken är påverkade av en brant mot öster stupande mylonitisk foliation utefter det västra veckbenet hos ett förmodat F_3-veck med ett axialplan i en mer nord–sydlig riktning (fig. 6).

Axialplanet hos ovan nämnda tolkade F_2-antiform kan följas till och korreleras med en antiform med ett öst–västligt orienterat axialplan längs Vänerns norra strand i området omkring Lunnerviken (fig. 6). Denna antiform tolkas också som ett F_2-veck. Bergarterna i Lunnervikenområdet är delvis migmatiter med hög leukosomhalt vilket är karaktäristiskt för den undre enheten i Östra segmentet. Veckaxlar till parasitveck (fig. 7c) i den större antiformens omböjningszon och en kraftig minerallineation stupar 10–20° åt ostsydost eller sydost. Axialplanen till parasitvecken stupar flackt åt norr och parasitvecken har branta begränsningsytor till den veckade tektoniska bandningen (fig. 7c). Dessa F_2-veck och minerallineationen har i sin tur veckats av en senare F_3-veckning. De senare vecken har mer upprättstående axialplan (fig. 7d).

Följer man F_2-antiformen från området nordväst om Kristinehamn till Vänerns norra strand vid Lunnerviken, tolkas berggrunden på markytan att utgöra ett gradvis djupare snitt av jordskorpan i Östra segmentet för över 900 miljoner år sedan. Övergången från ytligare till djupare snitt förefaller sammanfalla med en rotation av F_2-veckaxlarna från att vara kraftigt diskordanta till mer eller mindre konforma med minerallineationen. Denna rotation innebär en ändring i veckaxelriktning från nord–sydlig till nordostlig till ungefär ost–västlig. Rotationen tolkas vara orsakad av en successiv temperaturökning och kraftigare plastisk deformation med ökat djup i jordskorpan.

GEOKRONOLOGISKA UNDERSÖKNINGAR

Michael Stephens, Martin Ahl, Hans Delin & Magnus Ripa

Inom projektområdet har tio prover tagits från olika tektoniska enheter i den svekonorvegiska orogenen för radiometrisk åldersbestämning under 2010 (fig. 8). Proverna kommer från både den övre, mellersta och undre enheten i det Östra segmentet, samt även från Idefjordenterrängen väster om Mylonitzonen i den västra delen av projektområdet (tab. 1).

Huvudsyftet med åldersbestämningsarbetet är att utreda tidpunkten för metamorfosen i den mellersta (prov 2 i fig. 8) och undre (prov 4, 5 och 6 i fig. 8) enheten i det Östra segmentet och i Idefjordenterrängen (prov 8 i fig. 6). En flerfasig metamorf utveckling har dokumenterats söderut i den svekonorvegiska orogenen (se t.ex. Söderlund m.fl. 2002, Austin Hegardt m.fl. 2005, Möller m.fl. 2007). Förutom att försöka datera metamorfa händelser syftar studien även till att åldersbestämma den primära kristallisationen av vissa bergenheter i Östra segmentet (prov 1, 3 och 7 i fig. 8) och i Idefjordenterrängen (prov 9 and 10 i fig. 8). Resultatet av planeringen för det geokronologiska arbetet under 2011, uttryckt i form av en prioriteringslista för proverna från Karlstadsprojektet, är sammanfattat i tabell 1.

BERGKVALITETSUNDERSÖKNINGAR

Martin Ahl

SGUs bergkvalitetskarta visar berggrundens tekniska egenskaper ur ballast- och anläggningssynpunkt. Berget delas in i tre olika kvalitetsklasser: 1) god kvalitet, 2) mindre god kvalitet och 3) dålig kvalitet. Dessutom visas deformationszoner (svaghetszoner) i berget. Bergkvalitetskartan ger även punktvisa uppgifter om berggrundens tekniska egenskaper inklusive sprickinformation, och dess naturliga gammastrålning i form av radiumhalt (radiumindex) samt aktivitetsindex.

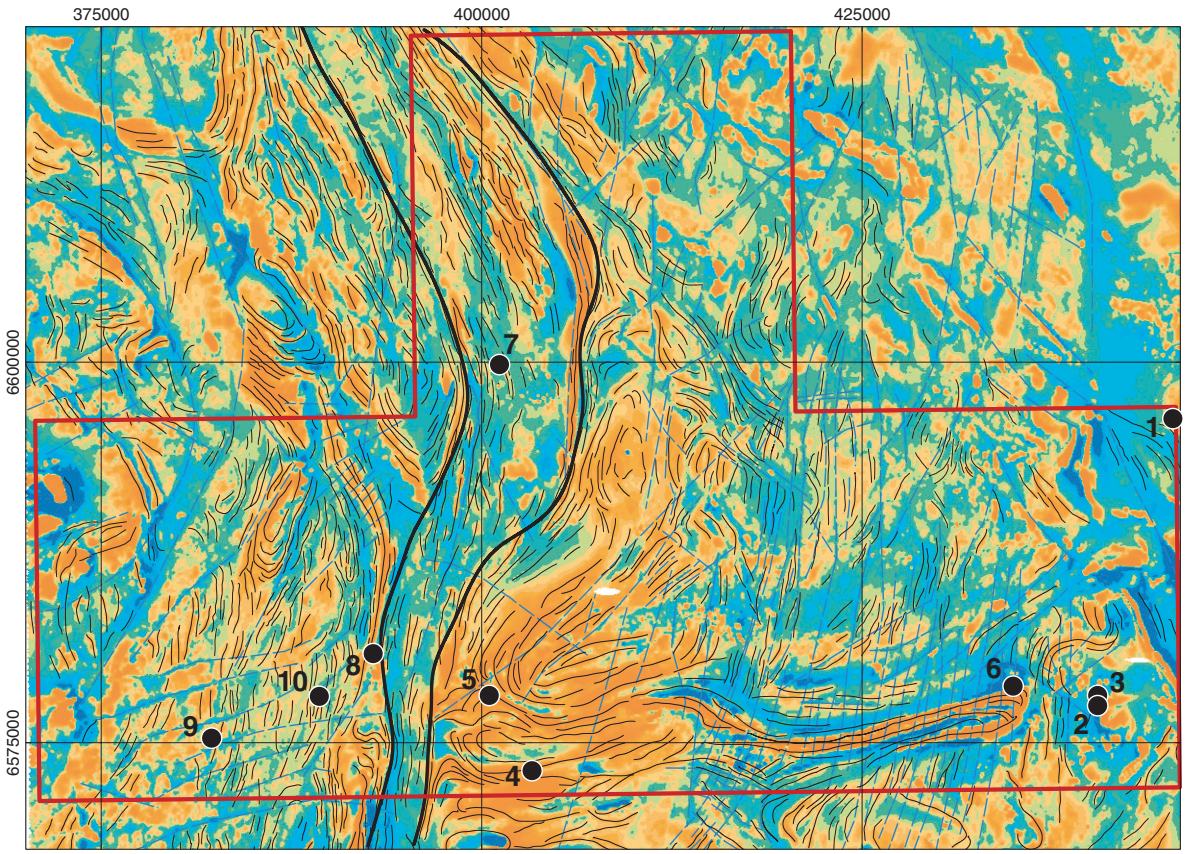


Fig. 8. Lokaler inom Karlstadsprojektet där prover har tagits för åldersbestämning (svart punkt med nummer). Bakgrunden är samma magnetiska anomalikarta som i figur 1 (men utan skuggning) med tolkade magnetiska konnektioner (tunn svart linje) och tolkade lågmagnetiska lineament (tunn blå linje). Bältet med kraftig plastisk deformation, vilket innefattar Mylonitzonen, begränsas av de två kraftigare svarta linjerna. Den röda linjen markerar området för Karlstadsprojektet. Koordinater enligt SWEREF99 TM i tabell 1. Prov 1 = MAL090026A, 2 = MAL100085A, 3 = MAL100084A, 4 = MBS100001A, 5 = MBS100002A, 6 = MAL090060A, 7 = CMR090165B, 8 = HLD100503A, 9 = HLD100540A, 10 = HLD100562B.

Tabell 1. Prov för åldersdatering med prioritering och metod. ÖS = Östra segmentet. ÖE-ÖS = Övre enheten, Östra segmentet. ME-ÖS = Mellersta enheten, Östra segmentet. UE-ÖS = Undre enheten, Östra segmentet, IT = Idefjordenterrängen, SIMS = secondary ion mass spectrometry.

SGU prioritering (P) för U-Pb-datering	Metod	Prov	Bergart / tektonisk enhet i den svekonorvegiska orogenen	Kartområde	N-koord. (SWEREF99 TM)	O-koord. (SWEREF99 TM)
Grupp 1 med högst prioritet (totalt tretton prover)	U-Pb (zircon) SIMS	MAL100085A (prov 2 i fig. 3)	Granatamfibolit / ME-ÖS	10D NO	6577076	440869
Grupp 1 med högst prioritet (totalt tretton prover)	U-Pb (zircon) SIMS	MBS100001A (prov 4 i fig. 3)	Migmatitisk, intermediär ortognejs / UE-ÖS	10D NV	6573246	403429
Grupp 1 med högst prioritet (totalt tretton prover)	U-Pb (zircon) SIMS	HLD100503A (prov 8 i fig. 3)	Migmatitisk, granodioritisk ortognejs / IT	10C NO	6580154	393132
P1 i grupp 2 med lägre prioritet (totalt fyra prover)	U-Pb (zircon) SIMS	CMR090165B (prov 7 i fig. 3)	Metakvartsmonzonit (metagranodiorit) / ÖS	11D SV	6599858	401048
P2 i grupp 2 med lägre prioritet (totalt fyra prover)	U-Pb (zircon) SIMS	HLD100540A (prov 9 i fig. 3)	Metagranit / IT	10C NO	6574888	381719
P3 i grupp 2 med lägre prioritet (totalt fyra prover)	U-Pb (zircon) SIMS	MAL090060A (prov 6 i fig. 3)	Migmatitisk, intermediär ortognejs / UE-ÖS	10D NO	6578780	434726
P2 i grupp 3 med lägst prioritet (totalt tolv prover)	U-Pb (zircon) SIMS	MAL090026A (prov 1 i fig. 3)	Metakvartsmonzonit / ÖE-ÖS	10D NO	6596313	444485
Grupp 4 (andra analysmetoder). Ska analyseras	40Ar-39Ar (flogopit)	HLD100562B (prov 10 i fig. 3)	Peridotit med flogopit / IT	10C NO	6577701	389766
Grupp 4 (andra analysmetoder). Ingen analys	–	MAL100084A (prov 3 i fig. 3)	Diabas / ME-ÖS	10D NO ME-ÖS	6577853	440803
Grupp 5 (alternativt prov). Ingen analys	–	MBS100002A (prov 5 i fig. 3)	Migmatitisk, intermediär ortognejs / UE-ÖS	10D NV UE-ÖS	6577727	400857

Bergkvalitetskartan grundar sig på fältkontroll av de representativa bergartsenheterna inom området med provtagning för teknisk analys, mätningar av sprickor och bedömning av spricktäthet. Tunnslip tillverkas av proverna för petrografisk analys, och studier görs av kornstorlek, kornstorleksvariation, korngränser och mikrosprickor. För att undersöka materialets lämplighet för betong görs en granskning av potentiell risk för alkalisilikareaktivitet. SGUs geofysiska kartor framtagna från data från flygburna mätningar, visar bland annat magnetfältet samt berggrundens elektriska ledningsförmåga (VLF). De används tillsammans med höjddata för att också tolka deformationszoner i berggrunden. Gammastrålningsmätningar på berghällar utförs för att bland annat identifiera områden med förhöjda halter av naturligt radioaktiva grundämnen. Aktivitetsindex beräknas utifrån halterna av uran, torium och kalium. Enligt rekommendationer från de nordiska ländernas strålskyddsmyndigheter bör aktivitetsindex för byggnadsmaterial vara mindre än 2. Radiumindex är ett mått på radiuminnehållet i ett material och ska för byggnadsmaterial, enligt samma rekommendation, vara mindre än 1, vilket motsvarar en radiumaktivitet på 200 Bq/kg eller en uranhalt på 16 ppm.

De olika geologiska och geofysiska undersökningarna ligger till grund för bedömningen av provernas lämplighet till betongballast, järnvägsmakadam (spårballast) och vägmakadam, samt som fyllning under hus. Med utgångspunkt från de analyser som gjorts görs en tolkning och ytmässig generalisering av berggrundens tekniska egenskaper.

Under 2010 års fältarbete inleddes bergkvalitetsverksamheten med att 35 bergartsprover à ca 70 kg samlades in för bergkvalitetstester, omfattande kulkvarnsanalys, Los Angeles-analys, micro-Deval-analys och alkalisilikareaktivitet. Samtliga bergartsprover har tagits på platser där tillräckligt med lossprängd sten eller friska blottningar funnits, dvs. i bergskärningar längs vägar eller vid byggplatser (fig. 9). Samtliga prover har också analyserats med avseende på ingående kemiska element. Tunnslip för petrologiska studier har framställts.

REFERENSER

Austin Hegardt, E., Cornell, D., Claesson, L., Simakov, S., Stein, H. & Hannah, J., 2005: Eclogites in the central part of the Sveconorwegian Eastern Segment of the Baltic Shield: Support for an extensive eclogite terrane. *GFF 127*, 221–232.



Fig. 9. Hel bergsknalle omvandlas till ballast. ”Husbehovtäkt” för att ge material och plats för ladugårdsbygge nära Labberud (6588280/442908, MAL100046). Foto: Martin Ahl.

Berglund, J., Connelly, J. & Larson, S.Å., 1997: Structural relations, U-Pb geochronology and geochemical character of the Vårgårda Quartz-monzonite, Eastern Segment of the Southwest Scandinavian Domain, SW Sweden. *I* J. Berglund: Mid-Proterozoic evolution in south-western Sweden. *Earth Science Centre, Göteborg University A15*, 21 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.

Lindh, A., 1998: Beskrivningar av berggrunden i västra delen av Värmlands län (med undantag för Gillbergaskålen). *I* A. Lindh, R. Gorbatschev & 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.

Möller, C., Andersson, J., Lundqvist, I. & Hellström, F., 2007: Linking deformation, migmatite formation and zircon U-Pb geochronology in polymetamorphic orthogneisses, Sveconorwegian Province, Sweden. *Journal of Metamorphic Geology 25*, 727–750.

Ripa, M., Ahl, M., Bergman, T., Delin, H., Jelinek, C., Kübler, L. & Stephens, M.B., 2010: Projekt karlstad, berg och bergkvalitet. *I* H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2009. *Sveriges geologiska undersökning Rapport 2010:2*, 78–99.

Sandegren, R. & Magnusson, N.H., 1937: Beskrivning till kartbladet Forshaga. *Sveriges geologiska undersökning Aa 179*, 117 s.

Söderlund, U., Möller, C., Andersson, J., Johansson, L. & Whitehouse, M., 2002: Zircon geochronology in polymetamorphic gneisses in the Sveconorwegian orogen, SW Sweden: ion microprobe evidence for 1.46-1.42 and 0.98-0.96 Ga reworking. *Precambrian Research 113*, 193–225.

Wahlgren, C.-H., 1979: A cratonic ultrabasite in south-western Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 101*, 121–129.

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.

Sydvästra Norrbotten, berg

Ildikó Antal Lundin, Dick Claeson & Fredrik Hellström

Projektet ”Sydvästra Norrbotten, berg” ingår i SGUs systematiska geologiska kartering av malmpotentiella områden och omfattar kartområdena (RT90) 26I Luvos NV, NO och SV, 26J Jokkmokk NV och NO, 27I Tjåmotis SV och SO, 27J Porjus SV och 26K Murjek SV. De indexrutor som berörs i SWEREF99 TM är 73G, 73H, 74G och 74H. Lägesbestämningar görs i koordinatsystemet SWEREF99 TM.

Syftet är att skapa lokala berggrundsgeologiska och geofysiska databaser som kan utgöra planerings- och resurshushållningsunderlag för prospekteringsföretag, kommuner, länsstyrelse m.fl. i Norrbottens län. Databaserna kommer att omfatta kartor, hällobservationer, litogeokemi, åldersbestämningar, mineralfyndigheter, petrofysiska egenskaper och geofysiska markmätningar. Arbetet startade våren 2009 och planeras vara avslutat vid utgången av år 2014.

Sommaren 2010 utfördes geologiska och geofysiska fältundersökningar inom kartområdena 26I Luvos SV och NV och 27I Tjåmotis SV och SO. Under 2010 har 930 km^2 karterats och tillsammans med fältinsatserna från 2009 har nu 1 955 km^2 undersökts (fig. 1).

Förra sommaren genomfördes geofysiska flygmätningar över delar av kartområdet 26I Luvos, vilket innebär att det nu finns elektromagnetisk information mätt från två sändare i VLF-bandet. Markens skenbara resistivitet samt en karta över strömtäthet kan beräknas ur denna information. Tyngdkraftsmätningar utfördes på ett antal valda objekt.

Nedanstående beskrivning redovisar huvudsakligen nytillkommen information från fältsäsongen 2010. Berggrundsgeologisk och geofysisk översikt över området beskrevs av Antal Lundin m.fl. 2009.

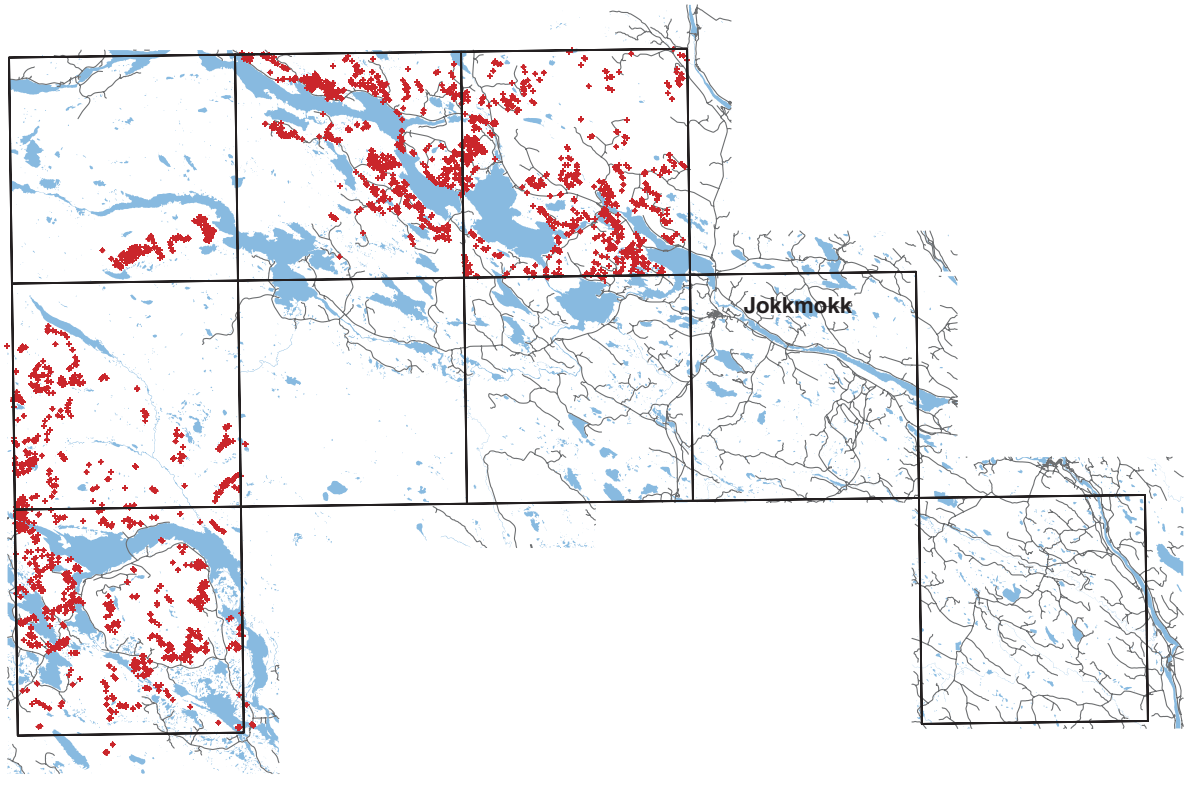


Fig. 1. Projektområdet med hällobservationer i rött.

KARTOMRÅDET 27I TJÅMOTIS SV OCH SO

Dick Claeson & Ildikó Antal Lundin

Under fältsäsongen 2010 karterades delar av berggrunden inom kartområdet 27I Tjåmotis SV och SO av Dick Claeson, Kristin Karlsson och Erik Björklund. 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 ”Jokkmokk-projektet” (BRAP 81054, 1981). En omfattande petrofysisk analys över Norrbottens berggrund genomfördes inom ramen för Nordkalottprojektet (Granar m.fl. 1986). I samband med olika prospekteringskampanjer under 1970- och 1980-talen utfördes geofysiska markmätningar (magnetiska, elektromagnetiska och elektriska) inom karteringsområdet, huvudsakligen i östra delarna av 27I Tjåmotis SO (fig. 2). Förutom data från de ovan nämnda mätningarna, finns det sedan tidigare även petrofysiska analysdata från 253 bergartsprover. Deras läge framgår av figur 3 tillsammans med de 52 prover som har tagits under fältsäsongen 2010. Markmätningar har dessutom utförts längs sammanlagt 19 profiler under 2010: 14 av det magnetiska totalfältet och 5 av det elektromagnetiska fältet. Susceptibilitetsmätningar har gjorts på 1 017 lokaler, på vilka det regelmässigt görs 8 mätningar per bergart. Positioneringen sker med handburen GPS.
Ett prov för datering och ett antal prover för tunnslipstillverkning och geokemisk analys har tagits.

Berggrunden består till största delen av paleoproterozoiska bergarter. Blottningsgraden är generellt låg till mycket låg och stora områden med myrmark och sjöar dominerar landskapet, även om det i de östliga delarna finns god tillgång på häll. I en del områden är det framför allt i höjdområden som berggrunden är blottad (fig. 4), men höjdområdena är också ofta täckta med morän. Stora delar av 27I Tjåmotis SV utgörs av väglöst land och helikoptertransport har använts.

Ytbergarter

Vulkaniska bergarter

De vulkaniska bergarterna inom kartområdet varierar starkt i sammansättning och grad av metamorf överprägling; de är deformerade, folierade och stängliga, även veckade (fig. 5a). De vulkaniska berg-

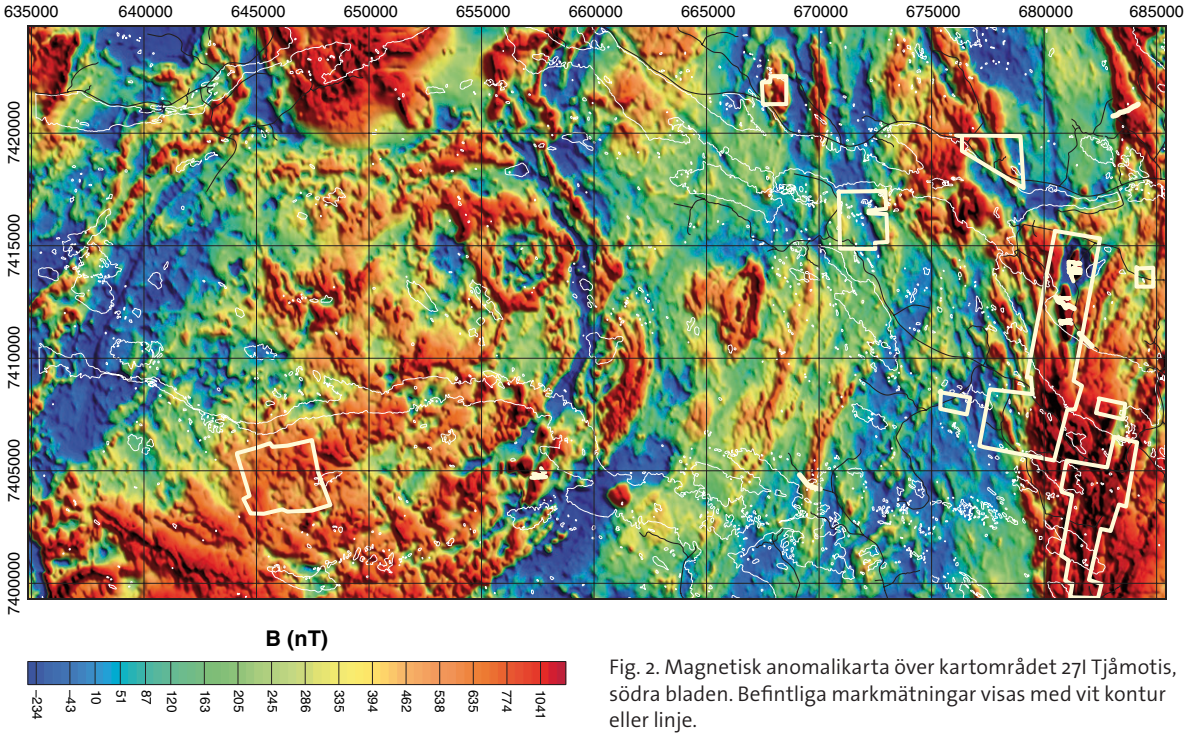


Fig. 2. Magnetisk anomalikarta över kartområdet 27I Tjåmotis, södra bladen. Befintliga markmätningar visas med vit kontur eller linje.

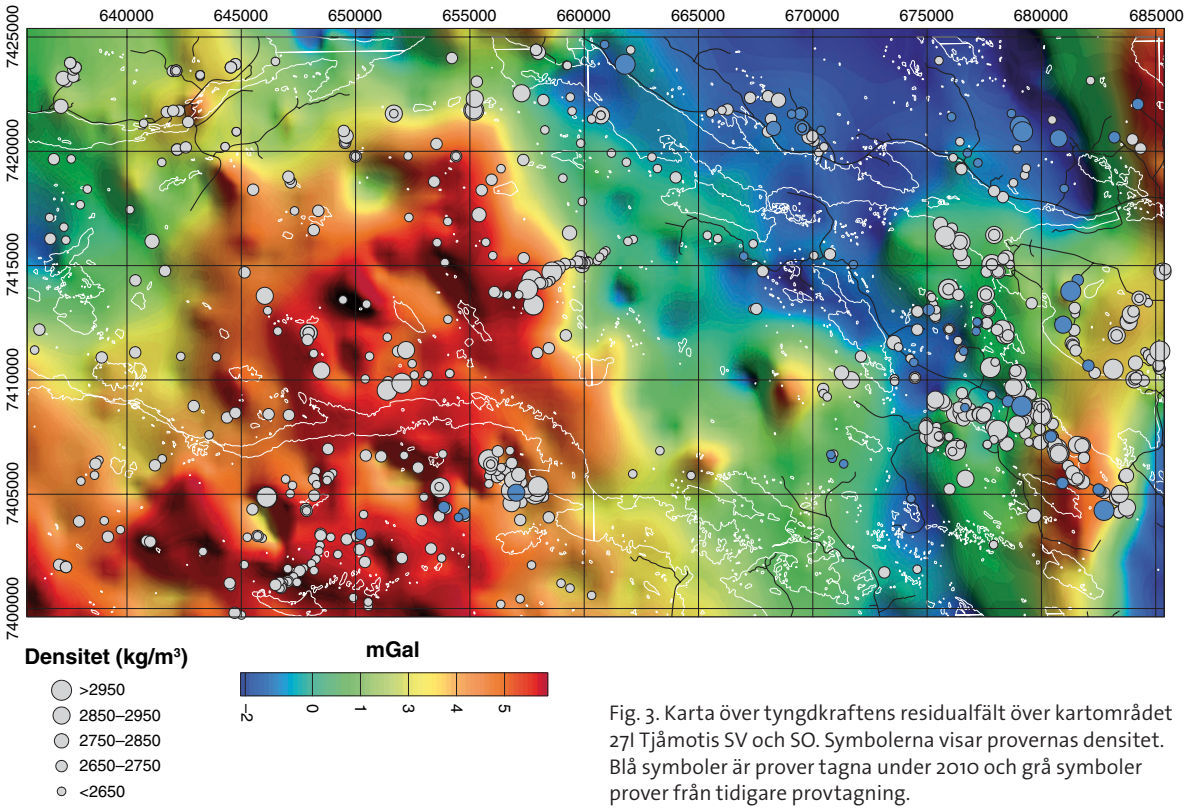


Fig. 3. Karta över tyngdkraftens residualfält över kartområdet 27I Tjåmotis SV och SO. Symbolerna visar provernas densitet. Blå symboler är prover tagna under 2010 och grå symboler prover från tidigare provtagning.



Fig. 4. Regnbåge över Jiervas, 27I Tjåmotis SV. Foto: Dick Claeson.

arterna ger upphov till positiva magnetiska anomalier med bandade och veckade anomalimönster i östra delen av kartområdet (fig. 2). Deras utbredning sammanfaller med en tyngdkraftsförhöjning (fig. 3) som tyder på en mer dominerande intermediär till basisk sammansättning hos vulkaniterna. Sur, ryolitisk till trakytisk vulkanit med strökorn av kvarts och fältspater förekommer, men är inte lika vanligt förekommande som de intermediära vulkaniterna inom de nu karterade delarna av 27I Tjåmotis SV och SO.



Fig. 5. Bergarter från kartområdet 27I Tjåmotis SV och SO. **A.** S-veckad dacitoid (7410397/682336). **B.** Bandad, ev. lagrad, sur (dacit) till intermediär vulkanit med underordnat både surare och mer basiska vulkaniter som lager (7410072/684244). **C.** Plagioklasporfyrisk intermediär vulkanit (7408448/679150). **D.** Fragmentförande, plagioklasporfyrisk dacit till andesit med hög andel magnetitaggregat (7404458/683199). **E.** Plagioklasporfyrisk dacit till andesit med hög andel magnetitaggregat (7404458/683199). **F.** En trolig gång av plagioklasporfyrisk basalt till trakybasalt som innehåller enklaver eller fragment av plagioklasrik gabbro (7408852/679139). **G.** Kvartsit som anses tillhöra Snavva–Sjöfallseriens sedimentära bergarter (7402862/650709). Foto: Dick Claeson.

Andesit till dacit är intermediära till sura vulkaniter som ställvis har sulfidmineral i sprickor och hålrum men även disseminerat i grundmassan. Ofta är de intermediära vulkaniterna bandade med underordnat både surare och basiska vulkaniter som lager (fig. 5b). Plagioklasporfyrisk andesitisk vulkanit med en ställvis trakytoid textur förekommer inom kartområdet (fig. 5c). På några platser har fragmentförande, plagioklasporfyrisk dacit till andesit med hög andel magnetitaggregat påträffats, vilket antyder att de magnetitrika mineraliseringarna i kartområdet kan ha ett vulkaniskt ursprung (fig. 5d, e).

Basaltisk andesit till basalt finns underordnat i de exponerade delarna av berggrunden och en del av dem är troligen trakybasaltiska. En trolig gång av plagioklasporfyrisk basalt till trakybasalt, med järn- och titaniumrik sammansättning, innehåller även enklaver eller möjligen fragment av plagioklasrik gabbro (fig. 5f).

Sedimentära bergarter

Relativt rena kvartsiter som anses tillhöra Snavva–Sjöfallseriens sedimentära bergarter finns i kartområdet 27I Tjåmotis SV (fig. 5g). Enligt vad som hittills kommit fram vid denna kartering utgör de inte så stora områden som tidigare kartor visar.

Djupbergarter

Omkristalliserad granit med finkornig, ”sockrig” kvarts och ställvis relikt ögontextur, lokalt bättre bevarad, finns inom stora delar av kartområdet (fig. 6a). Graniten är röd eller gråröd, fint medelkornig till medelkornig, samt inom mindre områden finkornig. Bergarten är stänglig, folierad eller både och, samt i mindre omfattning veckad. Ställvis är graniten hydrotermalt omvandlad och lokalt har tydliga bankningsplan utvecklats. Flusspat förekommer i mindre omfattning. Graniterna i östra delen av kartområdet har måttliga susceptibilitetsvärden och deras utbredning kan ses som lågmagnetiska områden i nordöstra och mellersta delen av kartområdet (fig. 2). De ger även upphov till negativa tyngdkraftsanomalier (fig. 3).

Radiometriska data från flygmätningar visar på förhöjda uranhalter, exempelvis sydväst om Granudden (fig. 7). Mätningar på berghällar visar förhöjda uranhalter, mellan 15 och 27 ppm på en röd, medelkornig, folierad granit. De högsta uranhalterna, mellan 22 och 97 ppm, har mätts söder om Björkholmen och Skalkka på en gnejsig, inhomogen vulkanit.

Migmatitgranit förekommer i liten skala inom 27I Tjåmotis SV vid Jiervas–Njallatjåhkkå–Miesektjåhkkå och även som gångar i den veckade, bandade dacit till ryolit som finns i närområdet, liksom i kvartsit ur Snavva–Sjöfallserien. Migmatitgraniten varierar starkt i sitt utseende, från helt massformig till tydligt bandad och folierad (fig. 6b).

Kvartsmonzonit, monzonit, granit och kvartsmonzodiorit till monzodiorit förekommer i ett område vid Jervas och är ofta fältspatporfyriska. Strökornen är 10–15 mm stora och förekommer med en frekvens av 0–3 %. Bergarterna är odeformerade, massformiga, grå och varierar från medelkorniga till grovkorniga. Amfibol och biotit förekommer i grundmassan (fig. 6c). Det är möjligt att denna bergartsassociation är den underliggande orsaken till den på den magnetiska anomalikartan så framträdande cirkulära anomalin, vilken nästan helt omfattar kartområdet 27I Tjåmotis SV (fig. 2). På den magnetiska anomalikartan (fig. 2) framträder strukturen med varierande magnetiseringsnivåer. Strukturen sammanfaller med ett tyngdkraftsöverskott som uppvisar små variationer (fig. 3). Den geofysiska signaturen antyder en cirkulär men samtidigt komplext utvecklad intrusion, där de ytbergarter som finns i området gör mönstren än mer komplexa.

Inom kartområdet är yngre granit till pegmatit vanlig, vilken ofta är medelkornig till grovkornig och uppvisar partier med skriftgranitisk textur. Den är ställvis finkornig till fint medelkornig och ger då ett mer subvulkaniskt intryck. För det mesta är den massformig, men uppvisar lokalt en svag foliation.



Fig. 6. Bergarter från kartområdet 27I Tjåmotis SV och SO. **A.** Omkristalliserad granit med finkornig, ”sockrig”, kvarts och ögontextur (7402110/675596). Foto: Kristin Karlsson. **B.** Migmatitgranit med bandning (7402180/652105). Foto: Dick Claeson. **C.** Kvartsmonzonit med amfibol och biotit i massformig grundmassa. Fältspatporfyrisk, med 10–15 mm stora strökorn som uppträder med en frekvens av 0–3 % (7403249/650222). Foto: Dick Claeson. **D.** Magnetitrik och biotitförande gabbroid till dioritoid (7405172/656706). Foto: Dick Claeson. **E.** Plagioklasrik gabbroid till dioritoid (7405172/656706). Foto: Dick Claeson.

Underordnat förekommer aplitiska delar och gångar. Magnetit förekommer vanligen som aggregat, medan allanit, hematit och ilmenit uppträder sporadiskt i den yngre pegmatiten inom kartområdet.

Vid Oarjep Gaddoajvve finns det en lagrad basisk intrusion med magnetitrika delar, där handhållen kompass missvisar kraftigt. Intrusionen syns tydligt på den magnetiska anomalikartan (fig. 2). Susceptibilitetsmätning på häll resulterar i värden på 15 000–25 000 × 10^{-5} SI-enheter för magnetitrik och biotitförande gabbroid till dioritoid (fig. 6d), och 2 500–3 500 × 10^{-5} SI-enheter för mycket plagioklasrik gabbroid till dioritoid (fig. 6e). Bergarterna i gabbrointrusionen vid Oarjep Gaddoajvve är massformiga och ser mycket välbevarade ut. Gabbroida till dioritoida bergarter i andra delar av kartområdet är dock lokalt omvandlade och omkristalliserade. Troligen finns det flera generationer av gabbroida bergarter inom kartområdet, men deras åldrar är okända.

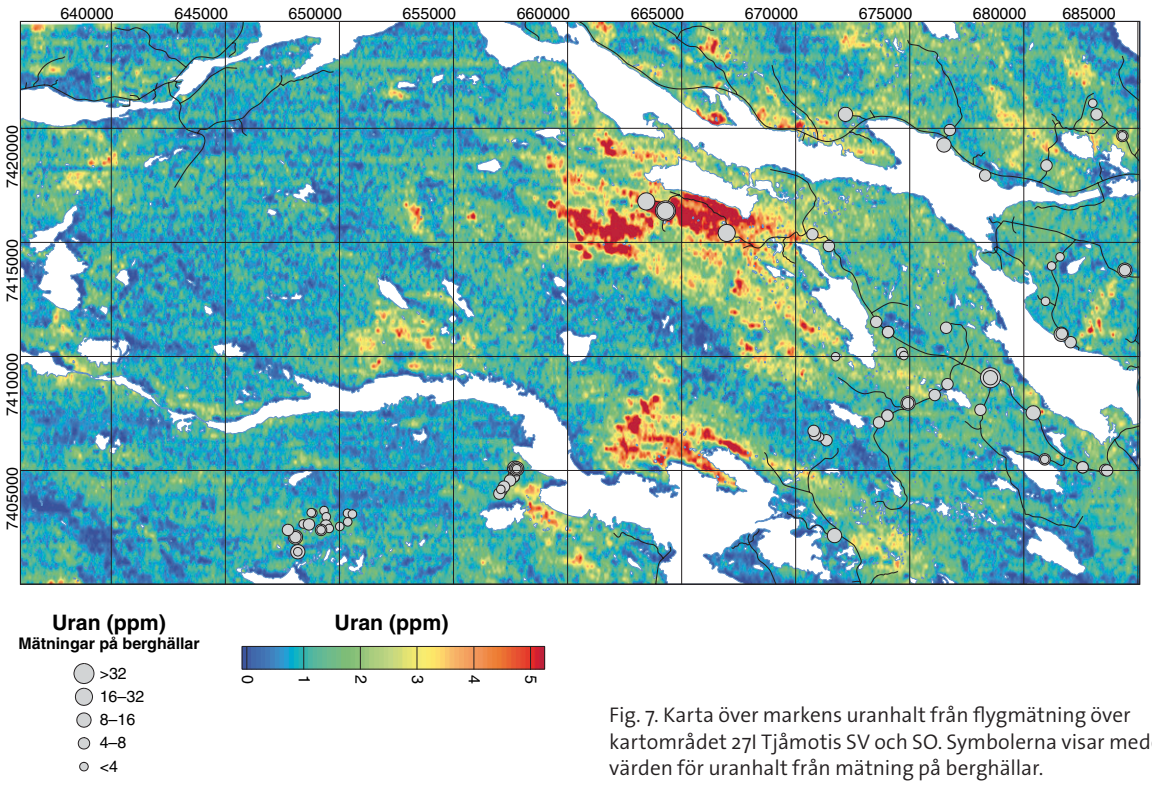


Fig. 7. Karta över markens uranhalt från flygmätning över kartområdet 27I Tjåmotis SV och SO. Symbolerna visar medelvärden för uranhalt från mätning på berghällar.

Strukturer, deformation och metamorfos

Kartområdet genomkorsas av huvudsakligen nordvästligt, nordostligt och nord–sydligt strykande deformationszoner. Några av de nordostligt och nord–sydligt strykande zonerna framgår även av VLF-informationen, vilket tyder på en spröd karaktär.

De observerade bergarterna som tolkats som äldre, antyder metamorfos under amfibolitfacies. I en del gnejsiga varianter finns migmatitiska åderbildningar, men i många fall går det inte att helt utesluta att ådermaterial i stället kommer från den yngsta granit-pegmatitassociationens bergarter då dessa ofta också finns intill (fig. 8a).

I många av de studerade vulkaniska avsättningarna är en kraftig hydrotermal omvandling påtaglig. I vissa fall blir den vulkaniska bergarten näst intill helt vit och har då ofta utarmats på bland annat kalium (fig. 8b). Väster om Karats vid Oarjep Gaddoajvve har de omvandlade vulkaniterna däremot kaliumanrikats, och kaliumhalter mellan 7 och 9 % uppmättes. Även kraftig rödfärgning kan ses i samband med hydrotermal omvandling av berggrunden. Vid några lokaler noteras en ljus till vit omvandlingszon runt kristaller av magnetit. Zonen har troligen bildats i samband med metamorfos (fig. 8c).

Epidot förekommer som omvandlingsmineral i vulkaniterna; vanligen som sprickfyllnad, men ställvis även i grundmassan där omvandlingen av bergarten är genomgripande.

Naturresurser

Guld- och basmetallmineraliseringar inom kartområdet har varit intressanta för prospektering, och borrningar och schaktningar har utförts vid t.ex. Iekelvare, Jervas, Lattakvare, Malmtjärn, västra Jullevare, östra Råttek och Tjäula (fig. 8d). Ett större område med förekomst av järnmineraliseringar vid Kallak–Björkholmen–Parkijaure är sedan tidigare känt och prospektering pågår idag med kärnborrningar i den norra och södra delen (2010). Den mycket magnetitrika berggrunden vid Kallak är folierad och stänglig, samt innehåller även fragment av både felsiska och mafiska vulkaniska bergarter (fig. 8e).

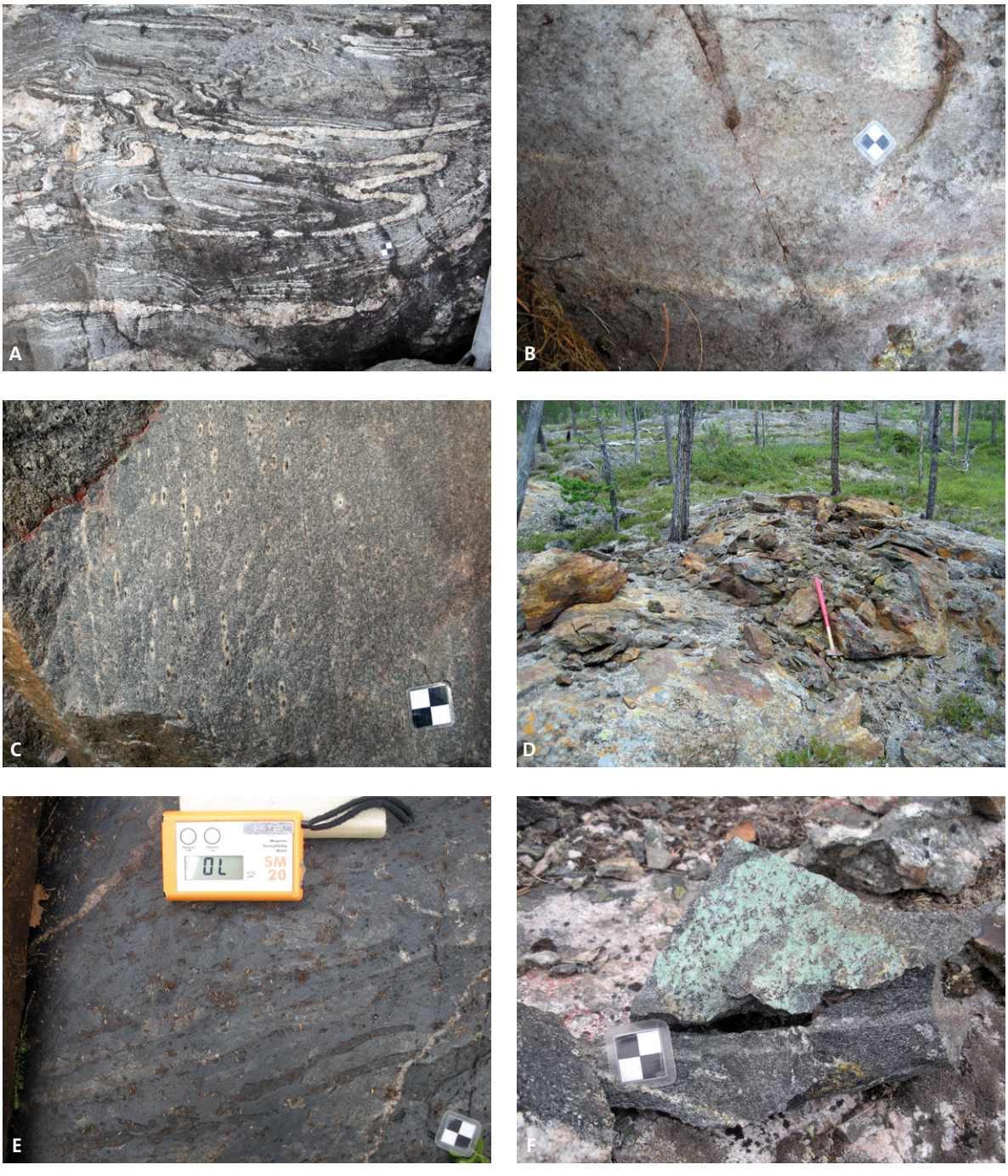


Fig. 8. Bergarter från kartområdet 27I Tjåmotis SV och SO. **A.** Gnejsig dacit till basaltisk andesit med migmatitisk åderbildning och veckning (7410202/682855). Foto: Dick Claeson. **B.** Kraftig, hydrotermal omvandling i sur vulkanit, där intilliggande bergart är helt vit (7404153/655005). Foto: Dick Claeson. **C.** Omvandlingszon runt kristaller av magnetit. Zonen har troligen bildats i samband med metamorfos (7408852/679139). Foto: Dick Claeson. **D.** Mineralisering dominerad av kopparkis vid Tjäula (7420999/668283). Foto: Erik Björklund. **E.** Mycket magnetitrik berggrund vid Kallak, vilken är folierad, stänglig och har fragment av både felsiska och mafiska vulkaniska bergarter (7413965/681220). Foto: Dick Claeson. **F.** Mineralisering med malakit, bornit och kopparkis i en basisk vulkanit (7413734/684427). Foto: Dick Claeson. **G.** Mineralisering med bornit, malakit, pyrit och kopparkis i en dacitoid vulkanit (7413734/684427). Foto: Dick Claeson.

Mätningar över Kallakanomalin har utförts med protonmagnetometer vilken registrerar maximal fältstyrka på 120 000 nT. Magnetfältet i vissa stråk är så pass högt att det inte går att registrera med denna typ av protonmagnetometer. Heltäckande markmätningar av magnetfältet samt täta tyngdkraftsmätningar över mineraliseringen finns från tidigare prospekteringskampanjer. Mineraliseringar med bornit, kopparkis, pyrit och malakit förekommer vid ett antal lokaler, t.ex. Kallak–Björkholmen (fig. 8 f, g). Även prospektering efter industrimineral har förekommit, t.ex. wollastonit vid Latanjarka, Kårnanjunnje, Skalka och Luokanjarka.

KARTOMRÅDET 26I LUVOS

Fredrik Hellström, Ildikó Antal Lundin, Jan Ehrenborg, Per Nysten & Carl-Axel Triumf

Kartområdet 26I Luvos är ett 50 × 50 km stort område, beläget 20–90 km nordost om Arjeplog, och delas av kommunerna Arjeplog och Jokkmokk. Området är svårtillgängligt och till stora delar väglöst (fig. 9). Det är även starkt kuperat med fjällbjörksklädda lågfjäll och däremellan blockrika områden med gles barrskog och myrar. Piteälven delar kartområdet och sväller ut i flera större, sjölika 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, Arvespakte (965 m ö.h.), 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 hällområden i urspolningsområden, bland annat i anslutning till Piteälven.

Fredrik Hellström (47 dagar), Jan Ehrenborg (50 dagar), Per Nysten (40 dagar) och Carl-Axel Triumf (20 dagar) utförde de geologiska och geofysiska fältundersökningarna under juni, juli och augusti. Vi karterade 610 km^2 under 2010 och 397 km^2 under 2009, sammanlagt ca 1 000 km^2 (fig. 9). För 26I Luvos SV återstår en veckas revidering, vilket kommer att göras sommaren 2011 när en preliminär berggrundskarta är sammanställd. I samband med fältundersökningarna 2010 togs 10 prover för tillverkning av tunnslip och 43 prover för kemisk analys (fig. 9). Markmätning av magnetfältet har gjorts längs åtta profiler, och markmätning av det elektromagnetiska fältet har gjorts längs en profil. Ytterligare 55 prover har tagits för bestämning av bergarternas fysikaliska (petrofysiska) egenskaper. Gammastrålningsmätning har utförts på 125 lokaler och 6 495 magnetiska susceptibilitetsmätningar har gjorts på 573 lokaler. Det görs 8 susceptibilitetsmätningar på varje bergart och lägesbestämningen görs med handburen GPS.

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, gjord av Thomas Sjöstrand och Herbert Henkel vid SGU.

Det finns också 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 dagböckerna och hällkartorna från karteringar som utförts under 1960- och 70-talen av Örjan Einarsson, Ulla Einarsson, Roland Lindberg, Mats Lagmansson, Mats Wahlström, Göte Persson, Jukki Laurikko m.fl. I övrigt kan nämnas att det sedan tidigare finns petrofysiska analysdata från 438 bergartsprover, och dessutom 146 tunnslip från området.

Berggrundsöversikt

Nedan ges en översiktlig beskrivning av berggrunden inom 26I Luvos baserad på de tidigare nämnda arbetena samt iakttagelser och data från 2009 och 2010 års fältarbete. I figur 10 syns ett utsnitt över

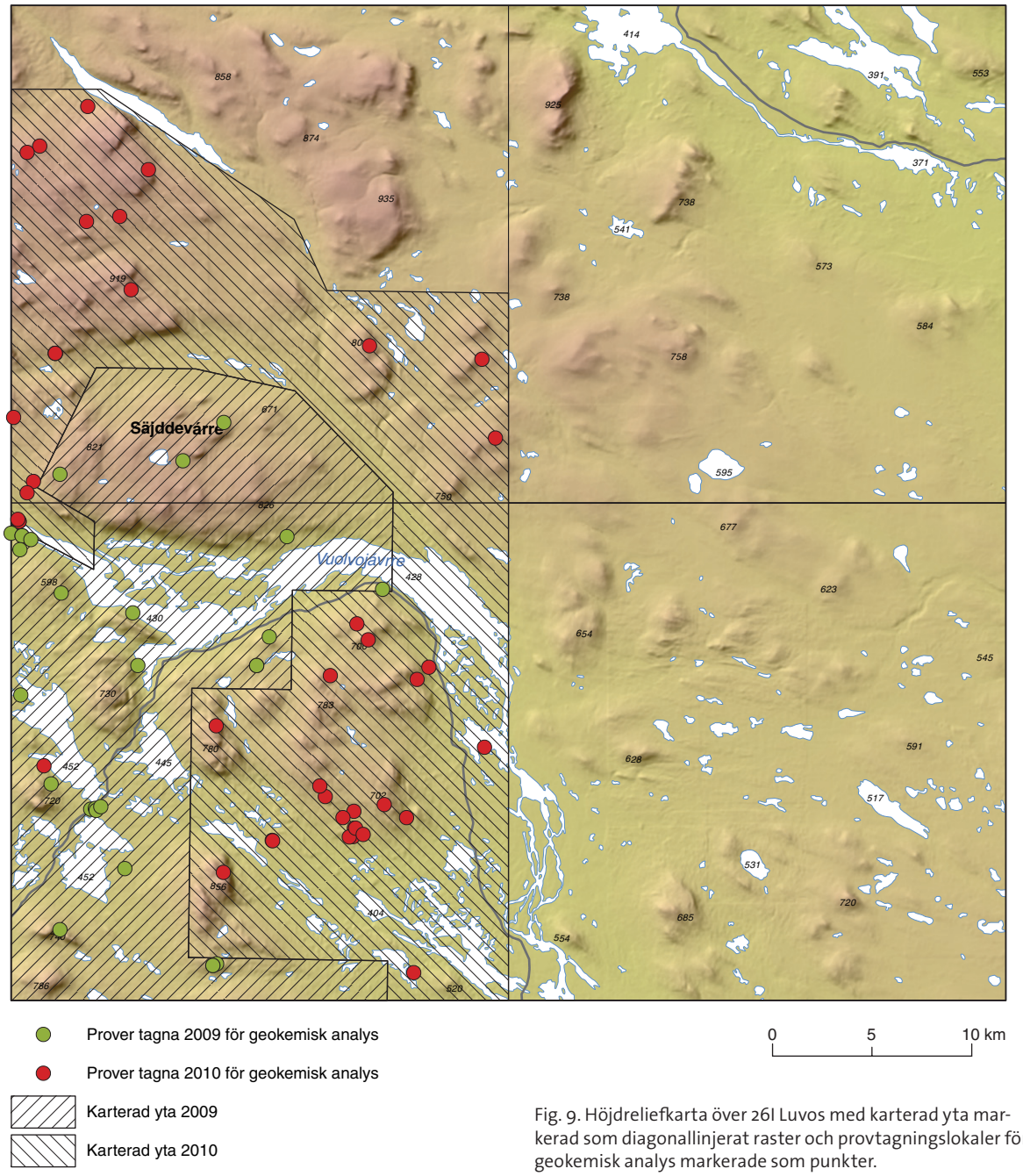


Fig. 9. Höjdreliefkarta över 26I Luvos med karterad yta markerad som diagonallinjerat raster och provtagningslokaler för geokemisk analys markerade som punkter.

26I Luvos, modifierat från Sjöstrands och Henkels sammanställning av Norrbottens berggrund, vilken är den senaste sammanställningen av områdets berggrundsgeologi.

Berggrunden i området domineras av en rödaktig, i varierande grad folierad eller stänglig, omkristalliserad, vanligen ögonförande granit (Vuolvojaurgranit, fig. 10, 11). Den har nyligen daterats till ca 1 880 miljoner år (SGU, opublicerade U-Pb-Nordsimdata). I norra delen finns en yngre, massformig till svagt deformerad granit (fig. 10, 12, Arvasgranit, Berndtsson 1983, Berndtsson m.fl. 1984).

Djupbergarterna har måttliga magnetiska susceptibilitetsvärden och ger upphov till ett lugnare mönster på den magnetiska anomalibilden. Stråk med högre magnetisk susceptibilitet förekommer dock. Dessa susceptibilitetsvärden korrelerar väl med de högmagnetiska stråk som framträder i området. Susceptibilitetsvärden som är högre än $2\,500 \times 10^{-5}$ SI-enheter visas som svarta kryss i figur 13.

Graniterna har generellt höga uran- och toriumhalter. De högsta halterna påträffades i närheten av Hällnäs (26I Luvos SV), där en uranhalt på 140 ppm och en toriumhalt på 253 ppm uppmättes. Även pegmatiter och apliter kan ge höga uran- och toriumhalter. Söder om Guovddabárro (652710/7359246)

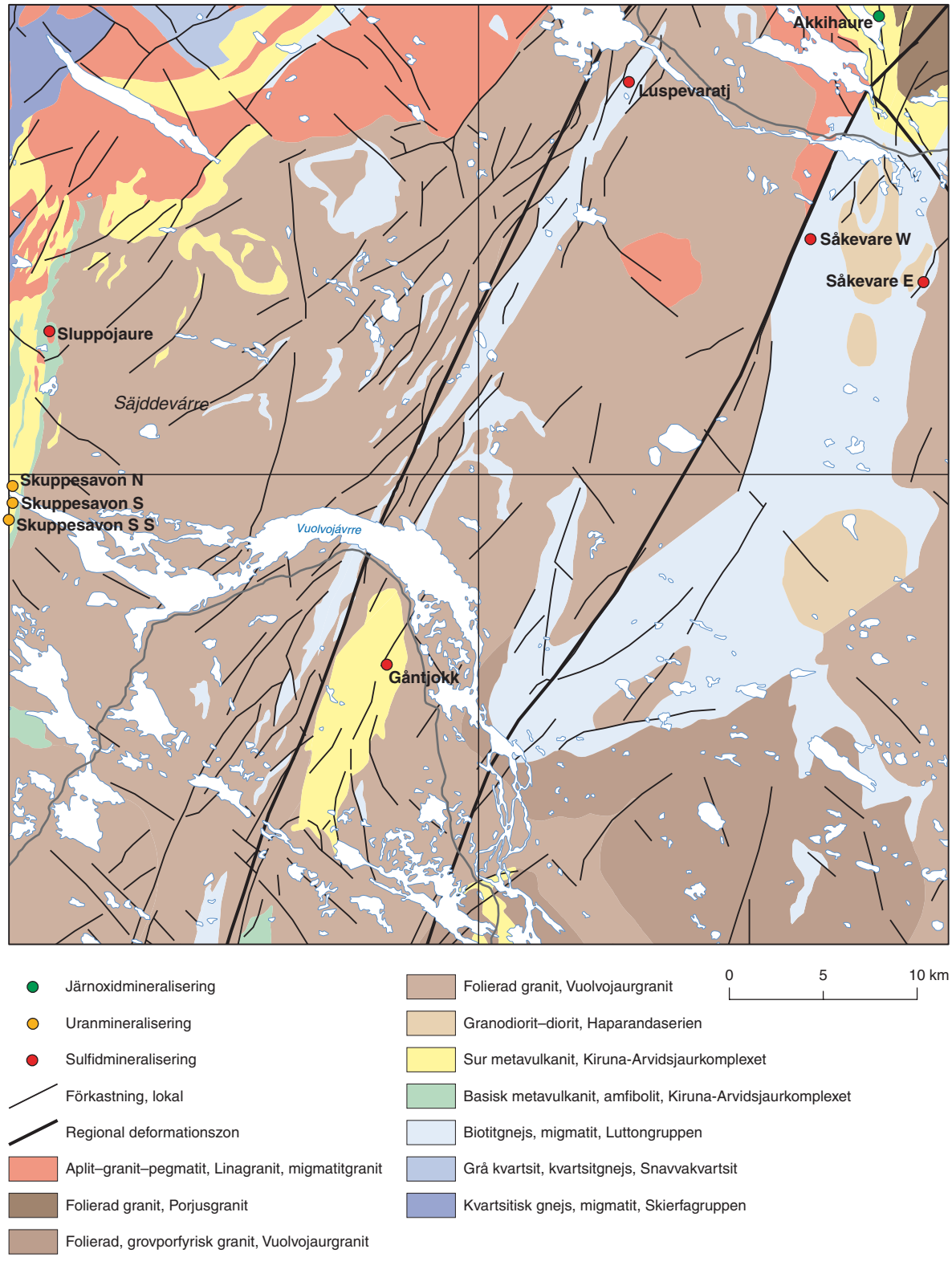


Fig. 10. Översiktlig berggrundsgeologisk karta över 26I Luvos. Modifierad efter Sjöstrand & Henkel (opubl.), Koistinen m.fl. (2001) samt SGUs fyndighetsdatabas.

har 41 ppm uran uppmätts på en pegmatit. I figur 14 visas medelvärden för uranhalter från mätning på berghällar. De röda symbolerna representerar uranhalter (medelvärden) som överstiger 16 ppm uran.

Inom Vuolvojaurgranitens utbredningsområde finns nordnordostligt orienterade stråk med folierade till gnejsiga ytbergarter (fig. 10, 15a–d). Ytbergarterna är granoblastiskt omkristalliserade och deformerade under amfibolitfaciesmetamorfos. De är vanligen bandade, ställvis migmatitiskt ådrade och har ett svårtolkat ursprung. Cordierit, sillimanit och granat förekommer i grå, bandade fältspatkvartsiter och biotitgnejser (Persson 1975, Berndtsson 1983). Lokalt finns bättre bevarade ytbergarter med vulkaniska texturer. Mycket av de bandade ytbergarterna har tolkats som vulkanoklastiska sandstenar, vanligen av ryolitisk till dacitisk sammansättning, men även mer basiska sammansättningar förekommer, t.ex. i den västra kanten av området. Kvarts-fältspatporfyriska ryoliter samt fältspatporfyriska daciter och andesiter förekommer som inlagringar i de vulkaniska sandstenarna. Amfibolitgångar parallella med foliationen i sidoberget förekommer både i ytbergarterna och i metagranitoiderna.

Ytbergarterna i västra och mellersta delarna av kartområdet ger genom sina höga magnetitiska susceptibilitetsvärden upphov till positiva, magnetiska anomalier i bandade mönster. De höga susceptibilitetsvärdena korrelerar väl med positiva anomalier på den magnetiska anomalikartan (fig. 13). Tyngdkraftsöverskottet i västra delen av kartområdet antyder bergarter med en mer dominerande intermediär till basisk sammansättning (fig. 16). Ytbergartsstråken längre österut sammanfaller med ett tyngdkraftsöverskott av regional karaktär.

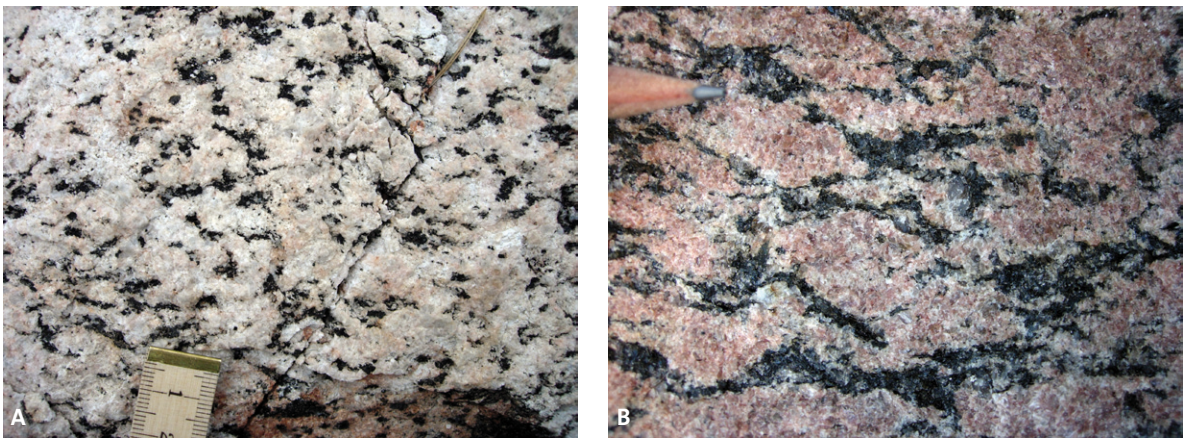


Fig. 11. Äldre granit (Vuolvojaurgranit) från kartområdet 26I Luvos. **A.** Ojämnkornig till ögonförande metagranit (7362237/659747). **B.** Kraftigt omkristalliserad, ögonförande metagranit (7366475/641416). Foto: Fredrik Hellström.

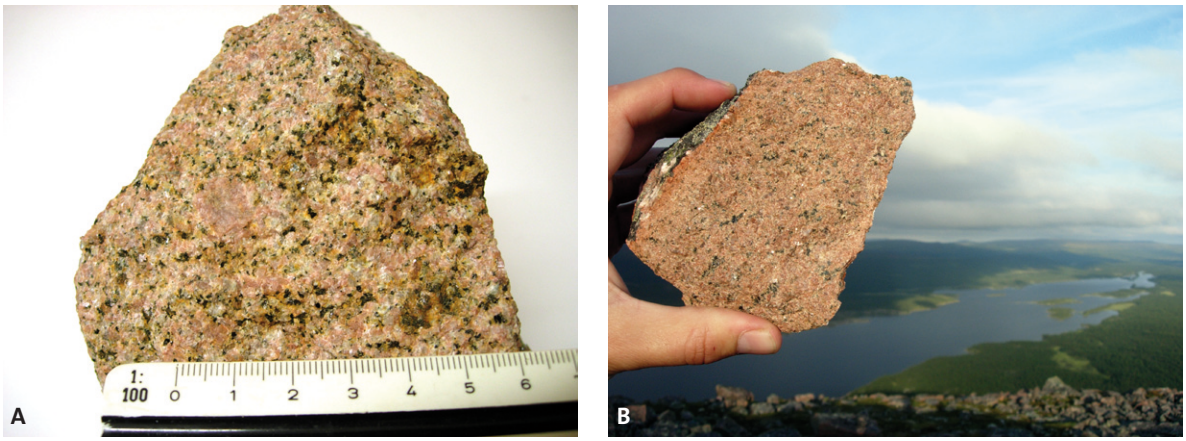


Fig. 12. Yngre granit (Arvasgranit) från kartområdet 26I Luvos. **A.** Kalifältspatporfyrisk granit (7392130/637004). **B.** Granit fattig på mörka mineral och med svagt utbildad struktur (7393240/641601). Foto: Fredrik Hellström.

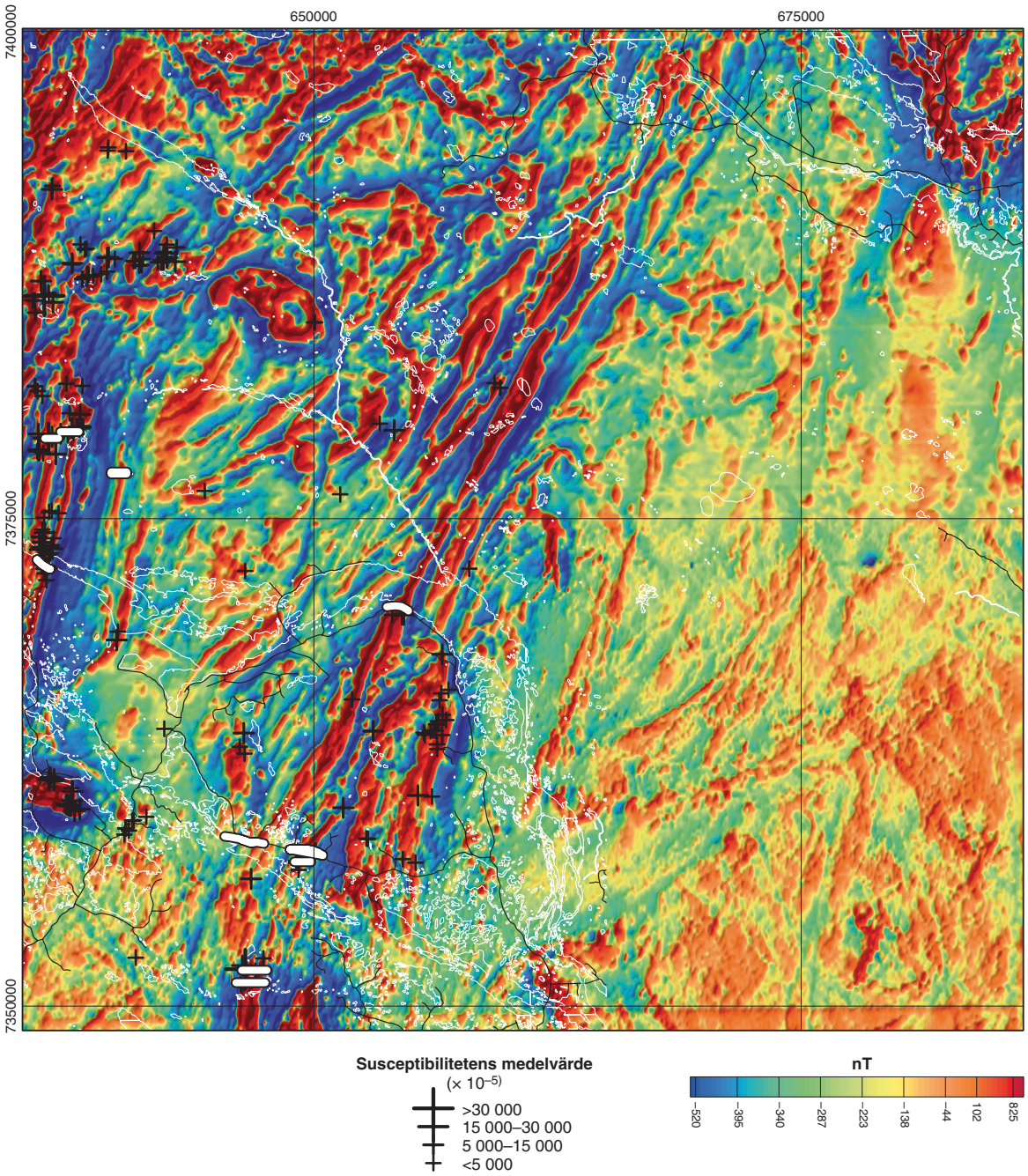


Fig. 13. Magnetisk anomalikarta från flygmätning över 26I Luvos. Kartan visar ytnära anomalier. Lägen och medelvärden för magnetisk susceptibilitet högre än $2\,500 \times 10^{-5}$ SI- enheter visas som svarta kryss i proportionell, logaritmisk skala. Markprofilernas läge visas med vita linjer.

En första analys av den flygmätta VLF-informationen visar ingen direkt korrelation mellan stråken av de högmagnetiska ytbergarterna och de elektriska ledare som framgår av den elektromagnetiska kartan (fig. 17). Kontrollmätning på marken av anomalierna har inte heller påvisat något samband.

Ytbergarterna har generellt lägre uran- och toriumhalter än graniter och pegmatiter. Höga uranhalter har dock mätts bland annat på Bouddavaratj (650242/7384560) – 35 ppm uran och 60 ppm torium – samt på en ryolit norr om Piteälven (63600/17374786) – 24 ppm uran. Det finns dock flera uranmineraliseringar i området lokaliserade till sura vulkaniter (se nedan).

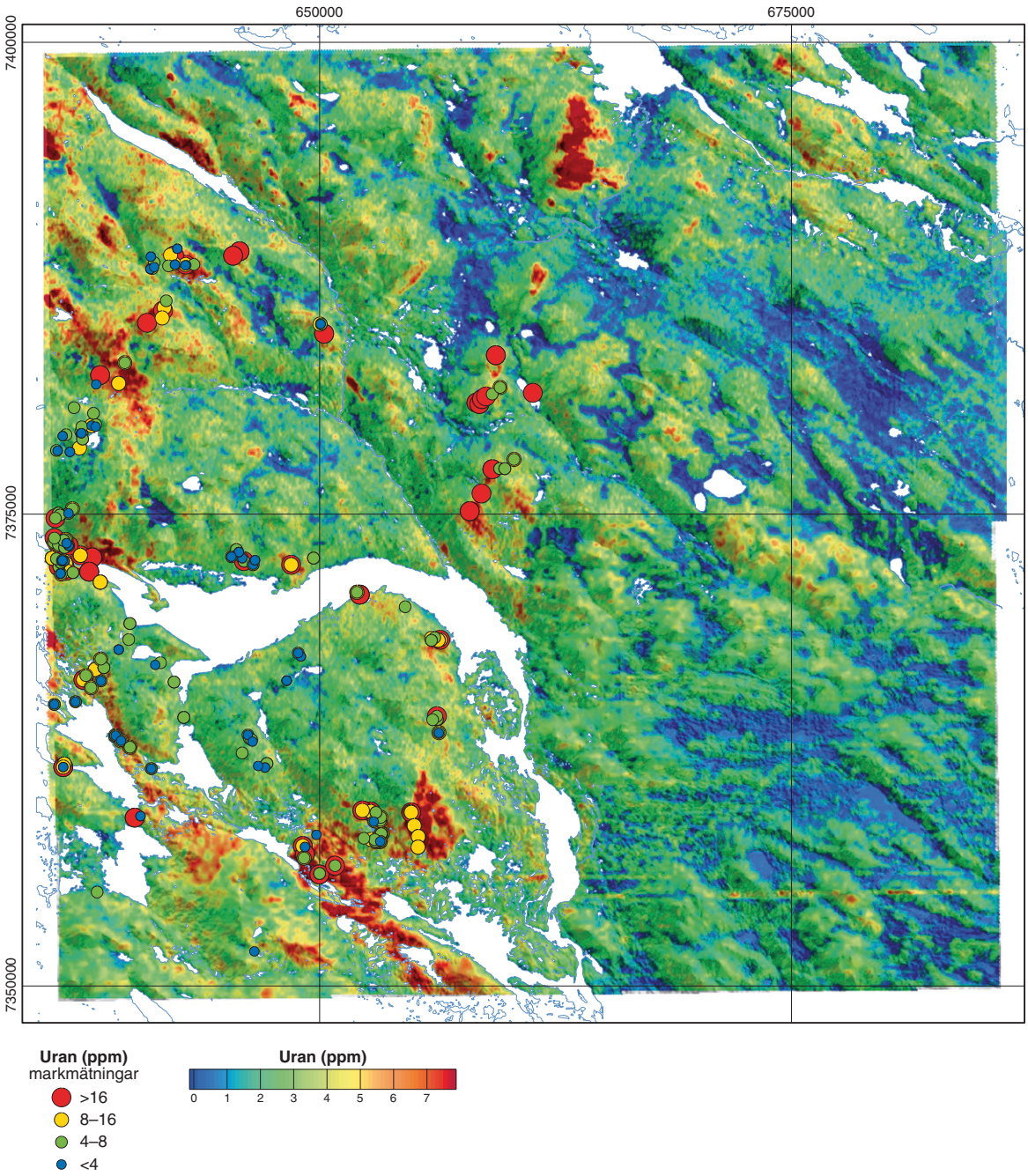


Fig. 14. Karta över markens uranhalt från flygmätning över 26I Luvos. Symbolerna visar medelvärden för uranhalt från mätning på berghällar.

Strukturer

Den centrala delen av kartområdet korsas i nordnordostlig riktning av en regional deformationszon, den så kallade Karesuando–Arjeplogzonen (KADZ, se Bergman m.fl. 2001, fig. 10). KADZ sammanfaller med ett brett tyngdkraftsunderskott (fig. 16) och syns tydligt på den magnetiska anomalikartan (fig. 13). Bergarterna inom zonen är i regel starkt folierade, men det finns även partier med lägre deformationsgrad. Särskilt kvarts är ställvis mycket hårt utvalsad och utdragen i millimetertjocka band. Ett antal nordostliga, elektriska ledare framträder på den elektromagnetiska kartan (fig. 17). Dessa

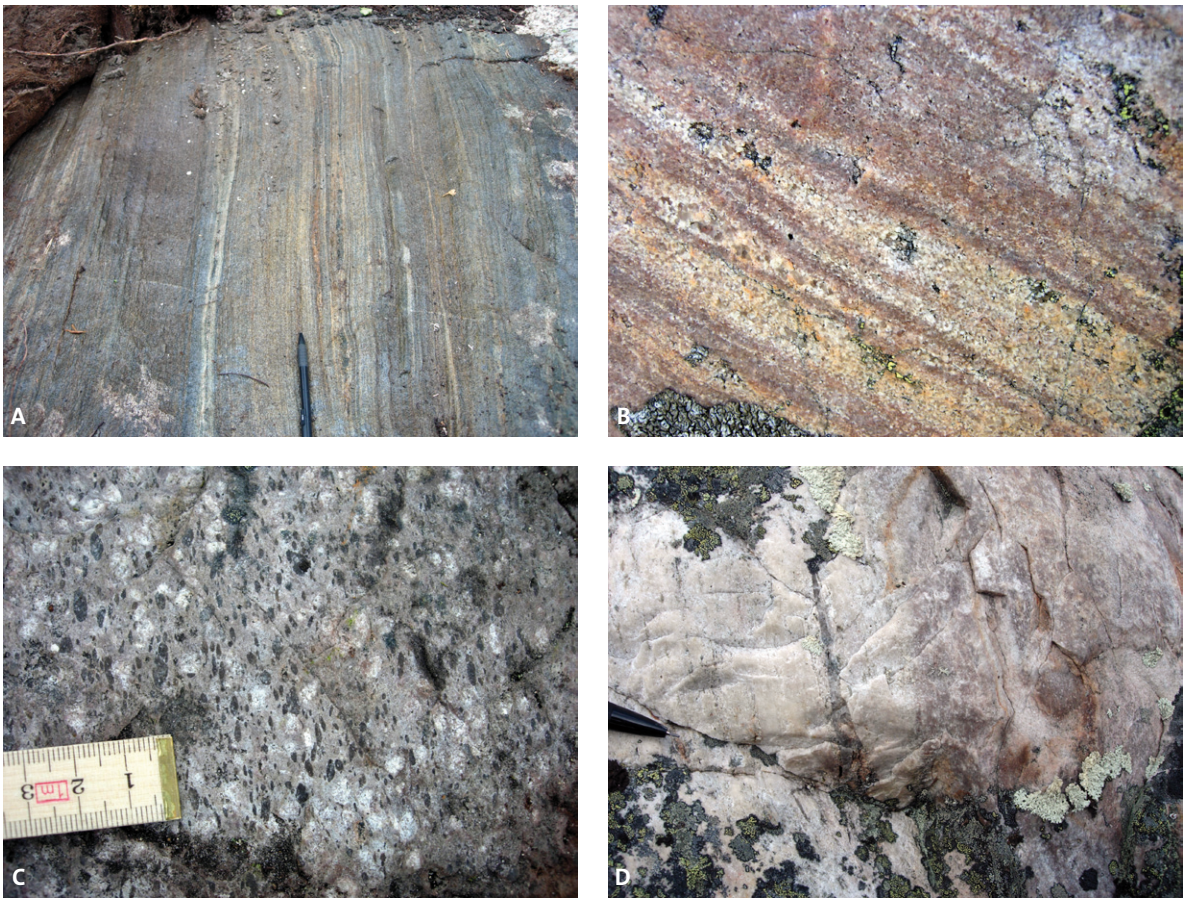


Fig. 15. Ytbergarter från kartområdet 26I Luvos. **A.** Andesitisk (?) vulkanoklastisk sandsten med en bandning tolkad som primär, sedimentär lagring (7373333/636702). Foto: Fredrik Hellström. **B.** Fint bandad, aplitlik, omkristalliserad, finkornig bergart med något grövre, pegmatitiska ådror och band, troligen en ryolitisk sandsten, möjligen metarkos (7386192/636451). Foto: Per Nysten. **C.** Kvarts-fältspatporfyrisk metaryolit (7358073/653267). Foto: Fredrik Hellström. **D.** Svagt bandad metaryolit (ryolitisk sandsten) växellagrar med kvartsfältpatporfyren som ses i figur 15C (653213/7357661). Foto: Fredrik Hellström.

sammanfaller med utbredningen av KADZ och antyder spröd karaktär i delar av deformationsbältet, vilket även kan verifieras i fält med upp till 1 m breda krosszoner. De är orienterade i nordnordostlig eller västnordvästlig riktning. I krosszonerna finns kvartsgångar med friväxande hematitbeklädda till klara bergskristaller (fig. 18). Det finns även decimeterbreda, mineralfyllda gångar i västnordvästlig riktning med flusspat, kalcit, kvarts och spår av kopparkis (7356014/650051).

Orienteringen av berggrundens strukturer i kartområdet framgår av den magnetiska anomalikartan (fig. 13) och har generellt en riktning som är parallell med KADZ (fig. 10). 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 (fig. 10). Foliationen är vanligen vindlande och brantstående, där stupningsriktningen varierar mellan västlig och ostlig (fig. 19). Bergarterna i området uppvisar en flack till medelbrant, mot sydsydväst orienterad stänglighet som generellt är subparallell med uppmätta veckaxlar (fig. 19).

Mineraliseringar

I kartområdet finns flera mineraliseringar som är associerade med ytbergarterna (fig. 10). Sulfidmineraliseringen Luspevaratj ligger i norra delen av det långsträckta stråk med gnejsiga ytbergarter som finns centralt i området 26I Luvos och som även sammanfaller med Karesuando–Arjeplogzonen (KADZ). Söderut längs med KADZ i kartområdet 25I Stensund finns flera koppar-guldmineraliseringar i ande-

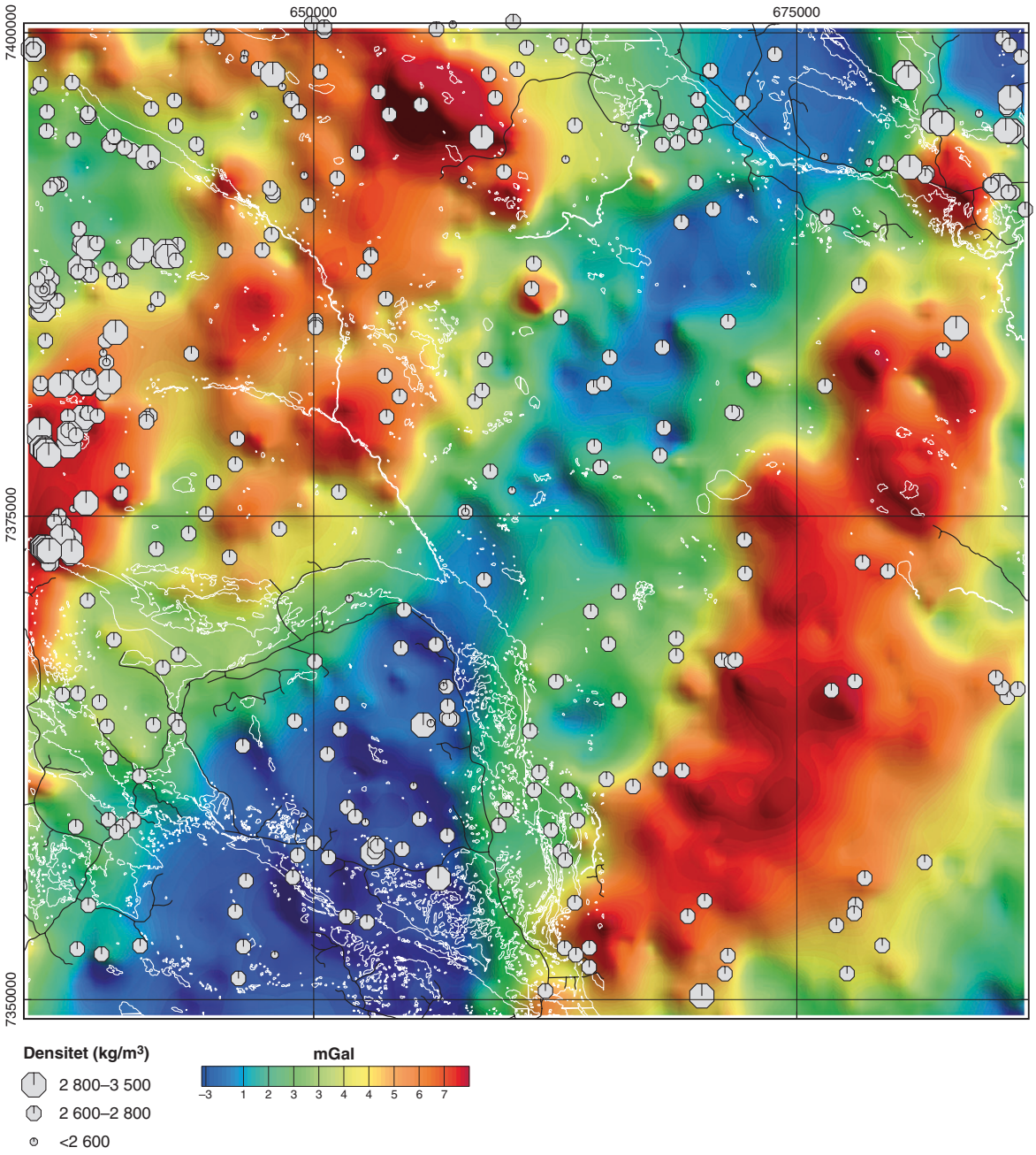


Fig. 16. Karta över tyngdkraftens residualfält över 26I Luvos. Densitetsvärden visas som grå cirklar.

sitiska till basaltiska metavulkaniter relaterade till KADZ, t.ex. Lulepotten (Padget 1971, Sandahl 1973, Mellqvist & Aaro 2006). Luspevaratjmineraliseringen 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 (Såkevare) som påvisats genom borrningar under åren 2004–2007 (fig. 10).

Söder om Vuolvojaure (Luttonområdet) vid berget Gåntjokk har det dokumenterats rostzoner med en svag impregnation av pyrit och molybdenglans i en omvandlad sur vulkanit (MINK 1978, fig. 10). Lite pyrit och ett submillimeterstort molybdenglanskorn observerades i vulkaniten vid den angivna koordinaten. Ett flertal molybden-(koppar)-mineraliserade block är kända nära gården Lutton. Ett av

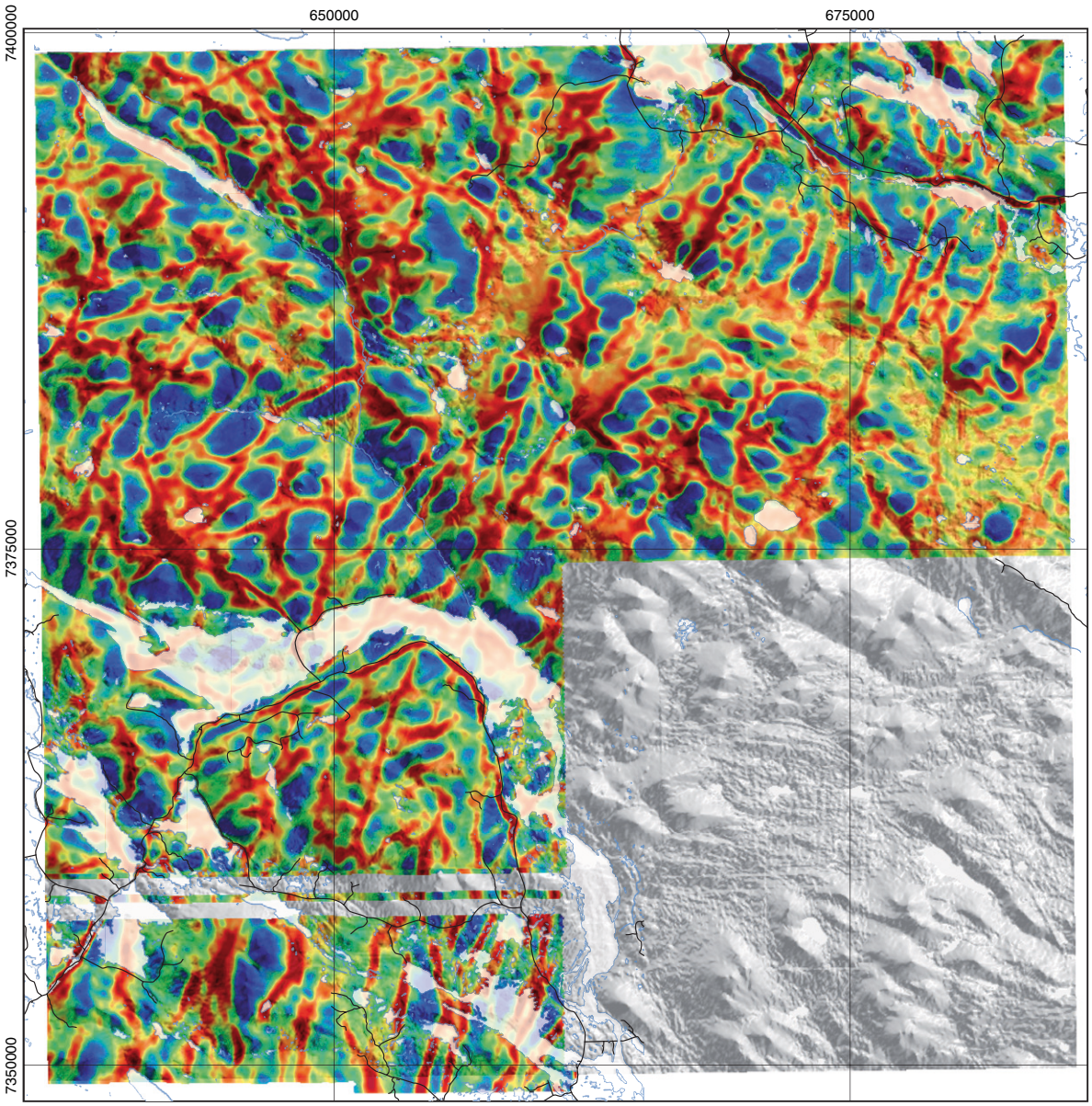


Fig. 17. Karta över markens strömtäthet framtagen från VLF-information. Röda färgnyanser visar goda elektriska ledare.

dessa ska enligt uppgift finnas vid vägen, men har inte hittats. Omkring 7 km sydsydost om Gåntjokk finns lokala block med disseminerade järnsulfider i sur, omkristalliserad vulkanit.

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 och dels som impregnation i den sura vulkaniten. Borrningar vid mineraliseringen ”Skuppesavon syd” har påvisat en 400 m lång mineralisering med en genomsnittlig tvärsnittsyta på 150 × 7 m. Mineraliseringen innehåller 688 ton uran med en medelhalt på 704 ppm (Laurikko 1983a, b).

Omkring 9 km nordnordost om Skuppesavon, ostnordost om Sluppojaure (fig. 10), uppträder block av amfibolit, ibland granatförande. Amfiboliten innehåller magnetkis, arsenikkis, svavelkis och kopparkis, som uppträder disseminerat i bergarten. Molybdenglans förekommer på släppytor. Mineralisering av svavelkis, magnetkis, arsenikkis och kopparkis har konstaterats i två hällar. Även spår av molybdenglans har konstaterats. Analys av ett rikare parti från denna häll gav 1,50 % koppar, 40 ppm



Fig. 18. Kvartsgångar med friväxande hematitbeklädda bergskristaller finns i krosszoner (7355778/649971). Foto: Jan Ehrenborg.

silver och 0,2 ppm guld (Sandahl m.fl. 1981). En 20 × 5 m stor häll återfanns ca 130 m sydsydost om angiven koordinat för mineraliseringen. Hällen består av en granat- och amfibolrik skarnbergart, i östra delen kraftigt rostvittrad och sulfidförande med kopparkis och magnetkis i körtlar eller som spridda korn. Fyra prover för kemisk analys togs längs en profil över den ca 4 m breda mineraliseringen.

Flera järnmalmsfyndigheter finns i ett nord–sydligt till nordnordostligt ytbergartsstråk från Latunjaure (26I Luvos, 34 km rakt väster om Jokkmokk) norrut över Parkijaure och Kallak (27I Tjåmotis) och sedan vidare mot nordost till Pakkojokk (9 km västsydväst om Porjus, Johansson 1980). Den sydligaste järnmineralisering av dessa är Akkihaure som ligger i nordosthörnet av kartområdet 26I Luvos NO (fig. 10, Johansson 1980, Frietsch 1997). Det finns dock inga blottningar av mineraliseringen, eftersom den ligger under vatten. Den malmförande zonen stryker nord–syd och bildar ett brantstående, isoklinalt veck som är öppet mot norr. Sidoberget utgörs av en amfibol-biotit-fältspatgnejs omgiven av yngre granit. Det malmförande området är ca 650 m långt och 50–60 m brett, vari den största zonen är upp till 30 m bred och ligger i det västra veckbenet. Beräkningar baserade på data från tyngdkraftsfälts- och magnetfältsmätningar indikerar ett malmtonnage på 12 till 13 miljoner ton järnmalm (Johansson 1980). I en borrsektion finns spår av kopparkis.

REFERENSER

Antal Lundin, I., Claeson, D., Hellström, F. & Kero. L., 2010: Sydvästra Norrbotten. *I* H. Delin (red.): Berggrundsgeologisk undersökning – sammanfattning av pågående verksamhet 2009. *Sveriges geologiska undersökning SGU-rapport 2010:2*, 43–69.

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.

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 uppföljningsarbeten 1983. Jäkkvik/Luvos. *Sveriges Geologiska AB PRAP 84119*, 15 s.

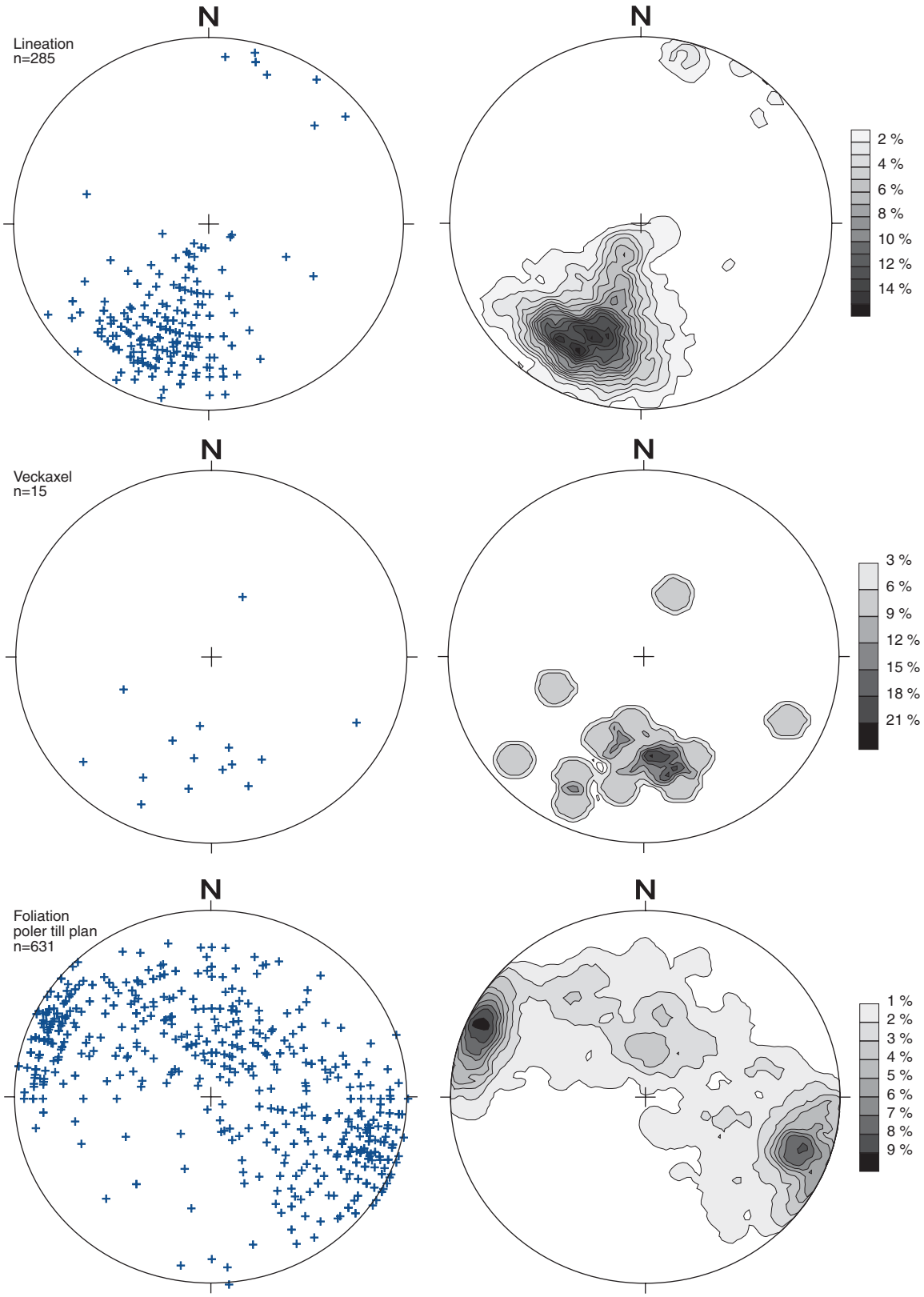


Fig. 19. Strukturmätningar från den västra halvan av kartområdet 26I Luvos gjorda under fältarbetet 2009 och 2010. Strukturerna är plottade i Schmidtnät, undre hemisfären.

Frietsch, R., 1997: The iron ore inventory programme 1963–1972 in Norrbotten county. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 92*, 77 s.
Granar, L., Henkel, H. & Lind, J., 1986: The Nordkalott Project, Report of petrophysical rock samples. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 86408*, 54 s.
Jokkmokksprojektet, 1981: Basprospektering inom Jokkmokks kommun, slutrapport perioden 1979-06-05–1981-06-30. *Sveriges geologiska undersökning, prospekteringsrapport. BRAP 81054*, 102 s.
Johansson, R., 1980: Jokkmokksområdets järnmalmer – geofysisk tolkning med malmberäkning. *Sveriges geologiska undersökning geofysisk tolkningsrapport FM8012*, 14 s.
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., 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*, 8 s.
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.
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.
Sandahl, K.-A., Berndtsson, A., Lundqvist, A. & Einarsson, Ö., 1981: Momoprojektet, rapport över 1980 års arbeten. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 81027*, 25 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.
Ödman, O.H., 1957: Beskrivning till berggrundskarta över urberget i Norrbottens län. *Sveriges geologiska undersökning Ca 41*, 151 s.