

SAMMANFATTNING AV PÅGÅENDE VERKSAMHET 2011

# Berggrundsgeologisk undersökning, Karlstadsområdet

Martin Ahl, Cecilia Jelinek, Lutz Kübler, Per Nysten,  
Magnus Ripa & Michael B. Stephens



SGU-rapport 2012:13



Omslagsbild: Flerfasig veckning i mylonitisk ortognejs och amfibolit på Arnöns södra strand. Foto: Martin Ahl

Sveriges geologiska undersökning  
Box 670, 751 28 Uppsala  
tel: 018-179000  
fax: 018-179210  
e-post: [sgu@sgu.se](mailto:sgu@sgu.se)  
[www.sgu.se](http://www.sgu.se)

## INLEDNING

Karlstadsprojektområdet ligger i Värmlands län (fig. 1) och arbetet 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<sup>2</sup>). Även närliggande öar i kartområdena 10D Karlstad SV och SO i den norra delen av Vänern ska undersökas. Informationen bildar ett underlag bland annat för planering och resurshushållning för länsstyrelsen, kommuner och företag. Arbetet inkluderar också speciella undersökningar av bergarternas tekniska egenskaper för användning som ballast i en del av området (ca 940 km<sup>2</sup>). Projektområdet och de delar som även ska undersökas med avseende på bergarternas tekniska egenskaper framgår av figur 1b.

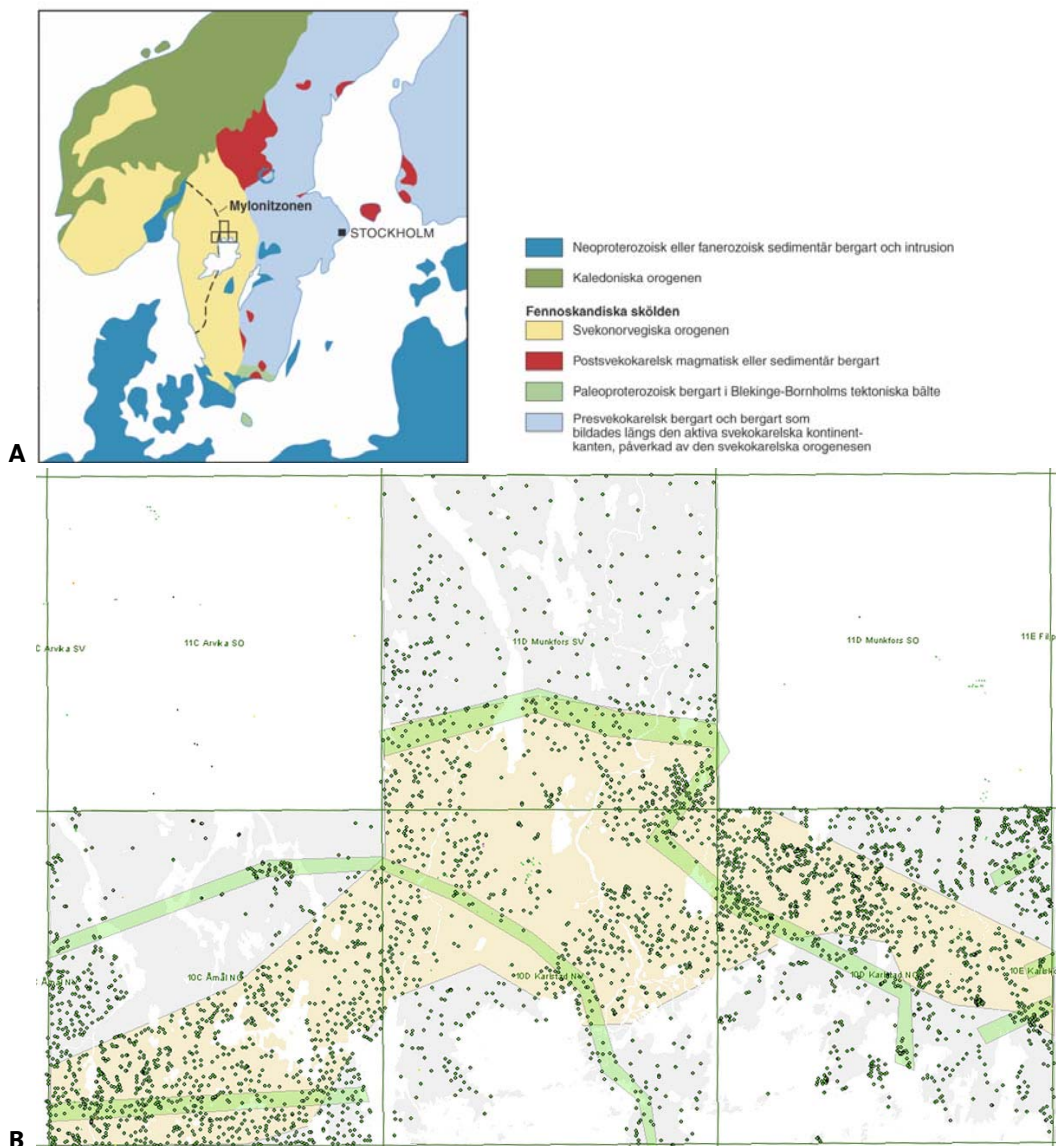


Fig. 1. **A.** Projektområdets läge i sydvästra Sverige (modifierad efter Koistinen m.fl. 2001). **B.** Översiktskarta över projektområdet (ljusgrå samt beige). Beige markerar det område inom vilket specifika undersökningar utförs för bedömning av berggrundens användbarhet som ballast. Grönt markerar de "korridorer" där speciell strukturanalys görs. Punkter avser berggrundsgeologiska hällobservationer.

Karteringen bedrivs enligt SGUs modell GUBStA1, vilken innebär att ca 2–3 km<sup>2</sup> undersöks per geolog och dag samt att ca 15 km<sup>2</sup> mäts per geofysiker och dag. Den tekniska undersökningen ska bedrivs enligt SGUs modell GUBStA2, som innebär att bergartsprover från ca 50 lokaler per 625 km<sup>2</sup> analyseras samt att spektrometermätning och en detaljerad sprickinventering utförs vid provlokalerna. Koordinater mäts med GPS och anges enligt Sweref99 TM.

Fältarbetet inleddes 2008 och kommer att avslutas hösten 2013. En sammanställning av tidigare säsongers arbeten i karteringsområdet med beskrivning av tektoniska huvudenheter, huvudbergarter, strukturer, geokronologiska studier och naturresurser samt referenser till tidigare undersökningar återfinns i Ripa m.fl. (2010) och Ahl m.fl. (2011).

Drygt tre fjärdedelar av karteringsområdet är nu undersökta och 3 840 hällobservationer har gjorts (fig. 1b). Totalt har 133 bergartsprover tagits för kemisk analys, 167 tunnslip har tillverkats och 35 platser har analyserats avseende tekniska egenskaper för bergkvalitet. Ytterligare 35 prover för teknisk analys kommer att tas under 2012. Åtta bergartsprover har redan analyserats för radiometrisk åldersbestämning och tre nya bergartsprover för geokronologiska studier har lämnats in för analys under 2012.

Under fältsäsongen 2011 bedrevs heltäckande fältarbete i det område där berggrundens användbarhet som ballast ska utvärderas; främst i området 10D Karlstad NV där Magnus Ripa, Stefan Persson, Helena Lager och Martin Ahl karterade. I området 10C Åmål NO gjorde Ulf Bergström och Martin Ahl en smärre insats på två respektive tre veckor. Totalt bedrevs dessa berggrundsundersökningar i 25 veckor. Lutz Kübler, Cecilia Jelinek och Christina Nysten arbetade med geofysiska frågeställningar i hela projektområdet, inkluderande några utvalda korridorer (fig. 1b) längs vilka berggrundsgeologiska profiler ska konstrueras. Sammanlagt var geofysikerna i fält 12 veckor. Anders Gustafsson hanterade petrofysikproverna. Strukturgeologiska studier utmed de utvalda korridorerna gjordes under knappt sex veckor av Michael B. Stephens och Katarina Persson Nilsson. Slutligen inventerade Per Nysten under fyra veckor mineralfyndigheter i området 10C Åmål NO.

## REGIONAL STRUKTURANALYS

*Michael B. Stephens & Magnus Ripa*

### Metodik

Under våren 2011 genomfördes en strukturanalys baserad på befintliga strukturdata från Karlstadsprojektet. De strukturdata som insamlats i projektet fram till och med fältsäsongen 2010 delades in efter strukturtyp (foliation, minerallineation osv.) och vilken tektonisk domän de tillhör (se Ripa m.fl. 2010). Domänernas utbredning framgår också av figur 2. Avsikten var att skapa ett projektgemensamt underlag för det fortsatta fältarbetet och att identifiera storskaliga strukturer i berggrunden.

En av de mer iögonfallande företeelserna i den magnetiska anomalikartan (fig. 2) är det diskordanta bälte av starkt deformerade bergarter som breder ut sig i nord-sydlig riktning från Värmlandsnäs upp till Nedre Frykens västra sida. Bältet inkluderar det som tidigare har benämnts Mylonitzonen. I fortsättningen kallas det informellt för Värmlandsnäs-Buadeformationsbältet (VBDB). Bergarterna väster om bältet tillhör Idefjordenterrängen och de öster därom tillhör Östra segmentet. VBDB innehåller gnejsiga bergarter från båda dessa tektoniska domäner och gränsen mellan bergarterna inom dessa domäner ligger inom VBDB.

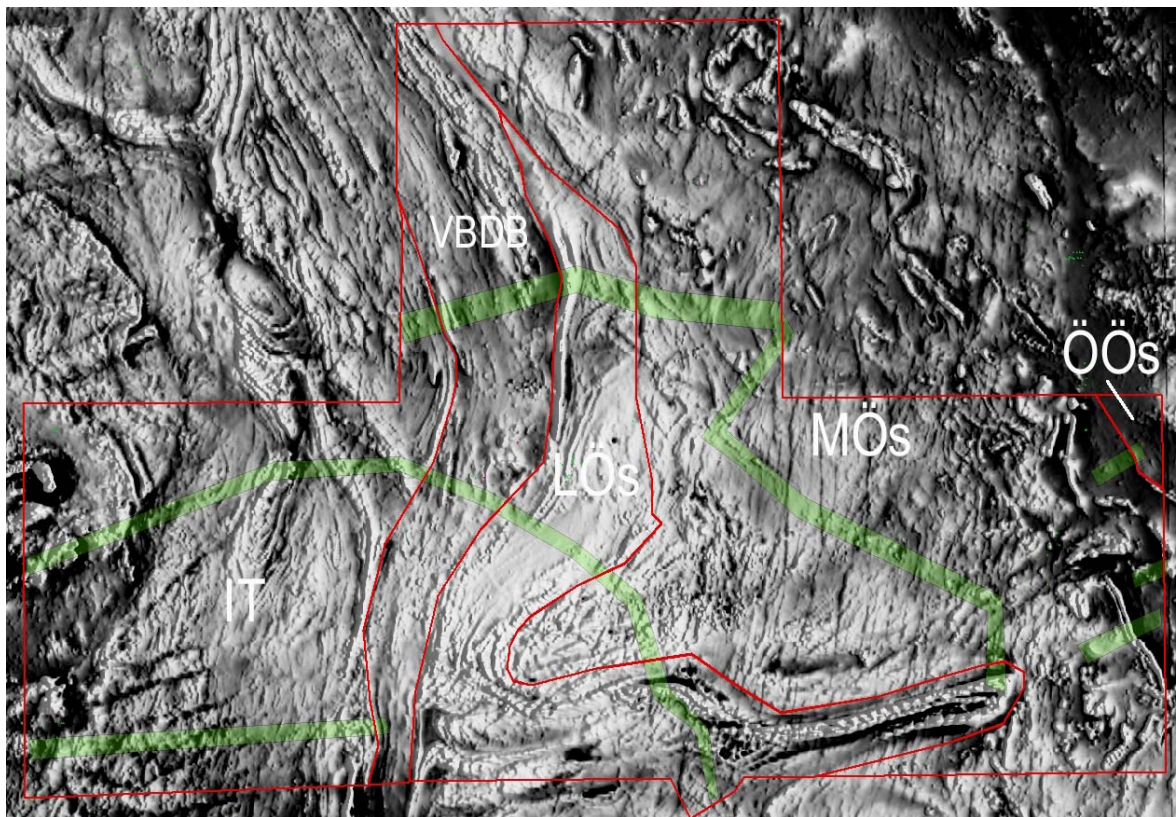


Fig. 2. Magnetisk anomalikarta med de tektoniska domänerna, Idefjordenterrängen (IT), Värmlandsnäs-Buadeformationsbältet (VBDB), Lägre delen av Östra Segmentet (LÖs), Mellersta delen av Östra Segmentet (MÖs) och Övre delen av Östra Segmentet (ÖÖs) samt profillägen markerade (gröna).

Poler till foliationer samt lineationer och veckaxlar i Idefjordenterrängen (IT) och Värmlandsnäs-Buadeformationsbältet (VBDB) presenteras i ett stereogram i figur 3 och motsvarande strukturer för Östra segmentet (ÖS) i figur 4. Foliationerna inkluderar de strukturer i databasen som kodats som bandning, foliation, gnejsig struktur, metamorf bandning, ådring och *spaced cleavage*. Lineationerna inkluderar linjärstruktur, minerallineation och sträckningslineation. Veckaxlarna inkluderar veckaxel och krenulationslineation. Ingen hänsyn har tagits till strukturernas eventuellt olika ålder i den här analysen. I stereogrammen med foliationer har i några fall även det plan polerna statistiskt sett definierar och pol till planet plottats. Det senare tolkas som riktningen av storskalig veckning efter bildning av foliationen.

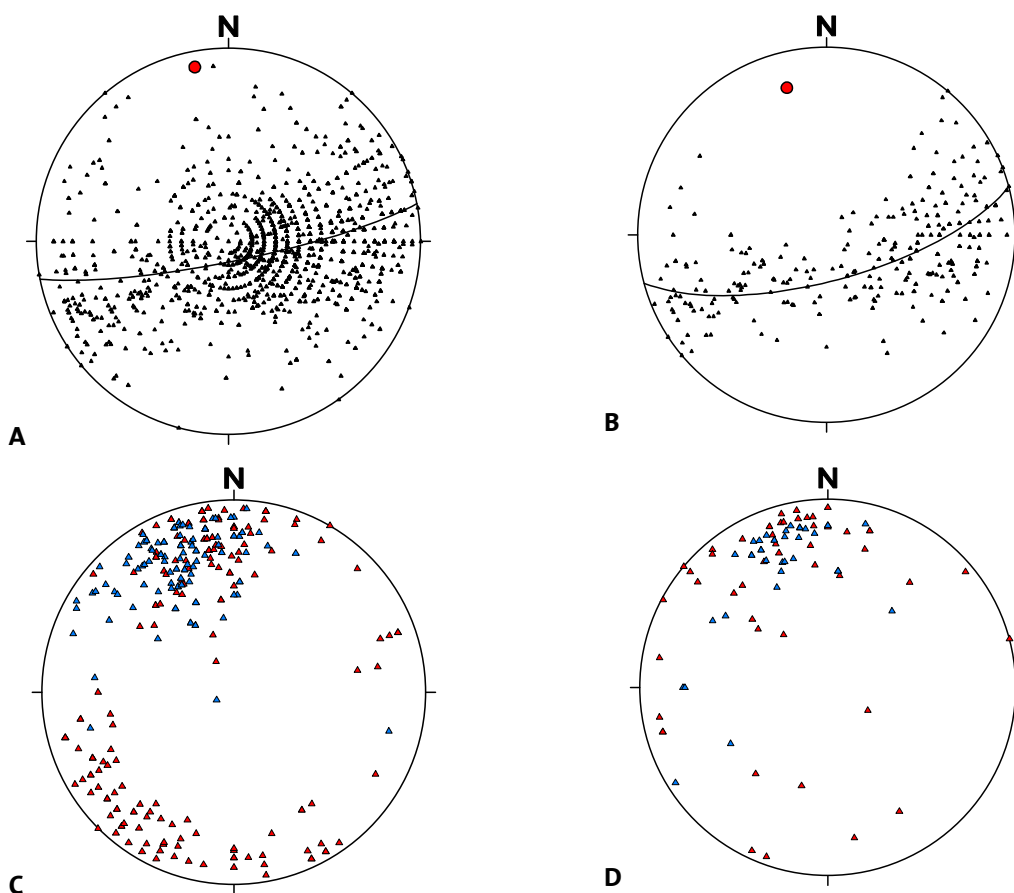


Fig. 3. Stereogram för plastiska strukturer i Idefjordenterrängen (IT) och Värmlandsnäs-Buadeformationsbältet (VBDB), lägre hemisfären. Se texten för förklaringar. **A.** Poler till foliationer i IT och VBDB. **B.** Poler till foliationer i VBDB. **C.** Lineationer i IT (röda trianglar) och VBDB (blå trianglar). **D.** Veckaxlar i IT (röda trianglar) och VBDB (blå trianglar).

## Resultat

Flacka planstrukturer dominerar i IT och VBDB, men polerna definierar också ett brant plan med ostnordöstlig till västsydvästlig strykning (fig. 3a). Poler till foliationen i VBDB visar övervägande nordnordvästligt strykande strukturer med stupningar åt både öster och väster, samt en tydlig fördelning längs ett plan med ostnordöstlig till västsydvästlig strykning (fig. 3b). Det visar att foliationerna, vilka domineras av gnejsigheter, är storskaligt veckade kring nordnordvästliga axlar. Lineationer (fig. 3c) och veckaxlar (fig. 3d) i IT och VBDB stupar huvudsakligen flackt mot nordnordväst och sammanfaller i orientering med de tolkade

storskaliga veckaxlarna. De lineationer som visar en flack, sydvästlig stupning (fig. 3c) kommer i huvudsak från västra delen av kartområdet 10C Åmål NO i IT och har sannolikt en koppling till tolkade skullstrukturer i detta område (Gorbatshev 1998). Följaktligen indikerar dessa data lineationer av olika karaktär i olika tektoniska domäner inom IT.

Totalt sett domineras ÖS av flacka foliationer med stupning huvudsakligen mot norr (fig. 4a). Foliationerna från den tektoniskt lägre delen (LÖS) definierar dels den öst–västliga s.k. Hammarözonen, längs Vänerns norra strand, dels ett mer nordligt till nordostligt strykande, storskaligt veckben (se fig. 2). Både branta och flacka stupningar förekommer (fig. 4b). I stor kontrast till IT och VBDB ligger polerna till foliationen i LÖS längs ett plan med nord–sydlig strykning och tolkas som ett resultat av storskalig veckning kring en ungefärligt öst–västlig axel (fig. 4b). Flacka lineationer (fig. 4c) och veckaxlar (fig. 4d) med varierande orientering dominerar.

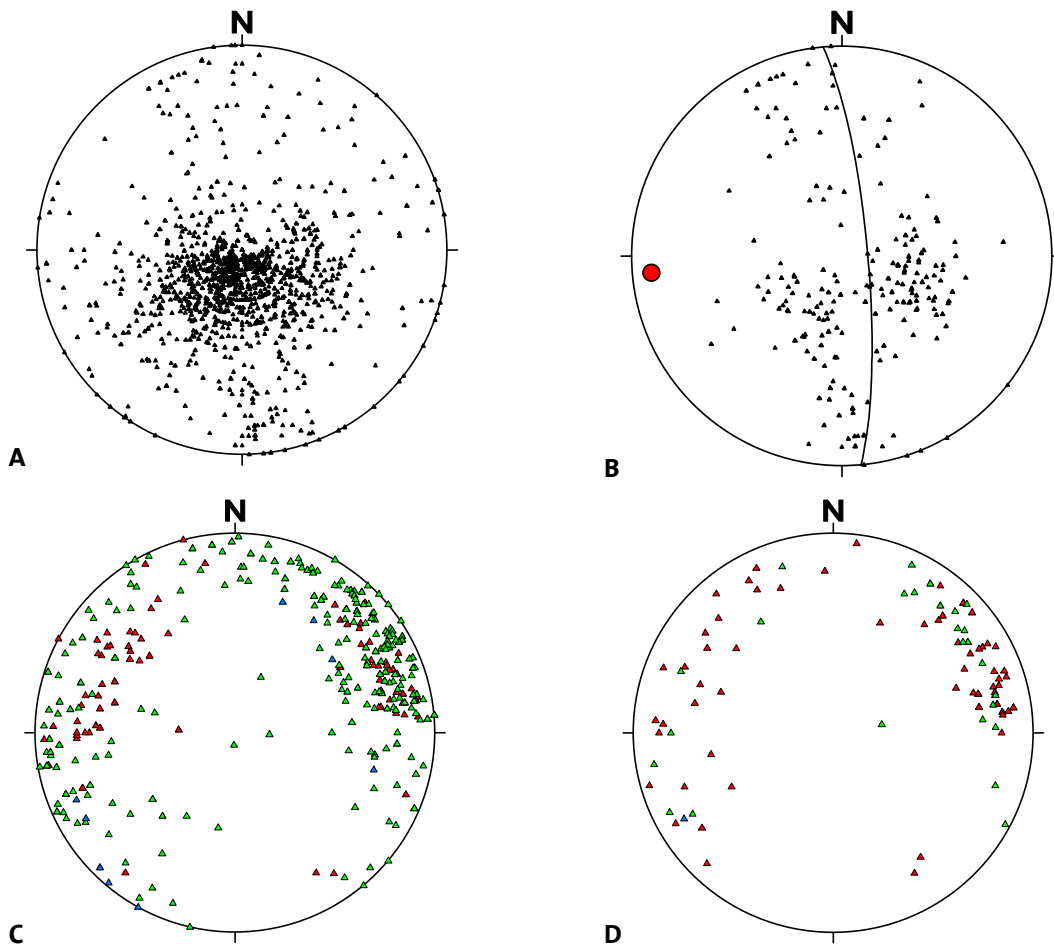


Fig. 4. Stereogram, Östra Segmentet (ÖS). Stereogram för plastiska strukturer i ÖS, lägre hemisfären. Se texten för förklaringar. **A.** Poler till foliationer i ÖS. **B.** Poler till foliationer i den tektoniskt lägre delen av ÖS. **C.** Lineationer i den tektoniskt lägre (röda trianglar), mellersta (gröna trianglar) och övre (blå trianglar) delen av ÖS. **D.** Veckaxlar i den tektoniskt lägre (röda trianglar), mellersta (gröna trianglar) och övre (blå trianglar) delen av ÖS.

Fältobservationer bekräftar förekomsten av överstjälpta veck med veckaxlar som stupar flackt mot norr och har en vergens ("överstjälpling") mot öster i Karlstadsområdet (fig. 5a). Observationerna visar också att lineationen bildats före veckningen (fig. 5b). Detta kan möjligen förklara variationen i orienteringen av lineationerna inom området (fig. 4c). I takt med utvecklingen av veckningen fick lineationerna en successivt mer öst–västlig orientering. Variationen i veckaxlarnas orientering har relaterats till rotation av veckaxlar från nord–sydliga till ungefär öst–västliga och parallella med lineationen (Ahl m. fl. 2011).

Spröda strukturer (sprickor, förkastningar och spröda skjuvzoner) varierar kraftigt i orientering i projektområdet (fig. 6). Preliminärt förefaller dock ÖS ha relativt sett fler branta, spröda strukturer än domänerna i väster.



Fig. 5. **A.** Större överstjälpta veck i ortognejs i den tektoniskt lägre delen av Östra Segmentet norr om Karlstad. Vecken har östlig vergens ("överstjälpling") och veckaxeln stupar flackt mot NNV. Minerallineationen och gnejsigheten i hällen stupar åt västsydväst. Vy mot västnordväst. 6590780/406762. Foto: Michael B. Stephens. **B.** Veckad lineation i mesoskopisk veckning av gnejsigheten i en ortognejs i den tektoniskt lägre delen av Östra Segmentet. 6573246/403429. Foto: Michael B. Stephens.

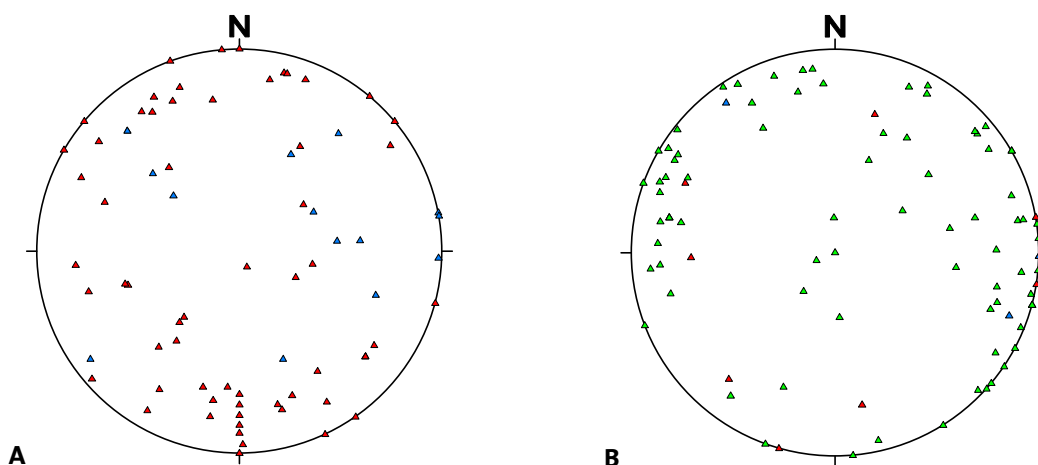


Fig. 6. Stereogram för spröda strukturer i projektområdet, lägre hemisfären. Se texten för förklaringar. **A.** Poler till sprickor i Idefjordenterrängen och Värmlandsnäs-Buadeformationsbältet. **B.** Poler till sprickor i Östra Segmentet.

**Pågående arbete**

Under fältsäsongen 2011 samlades strukturella och geofysiska data in längs med och intill några profiler i projektområdet (fig. 2). Dokumentation av strukturella data från 106 observationsplatser i huvudsakligen VBDB och ÖS samt 53 observationsplatser i IT gjordes. Analys av dessa data pågår för närvarande.

## LITOGEOKEMISKA ANALYSER OCH TEKNISKA ANALYSER FÖR BERGKVALITET

*Martin Ahl*

Provtagningsplatserna för de 133 bergartsproverna som analyserats på huvudelement, spårelement och sällsynta jordartselement, samt de 35 prov som har analyserats med avseende på tekniska egenskaper för berggrundens användning som ballast redovisas i figur 7.

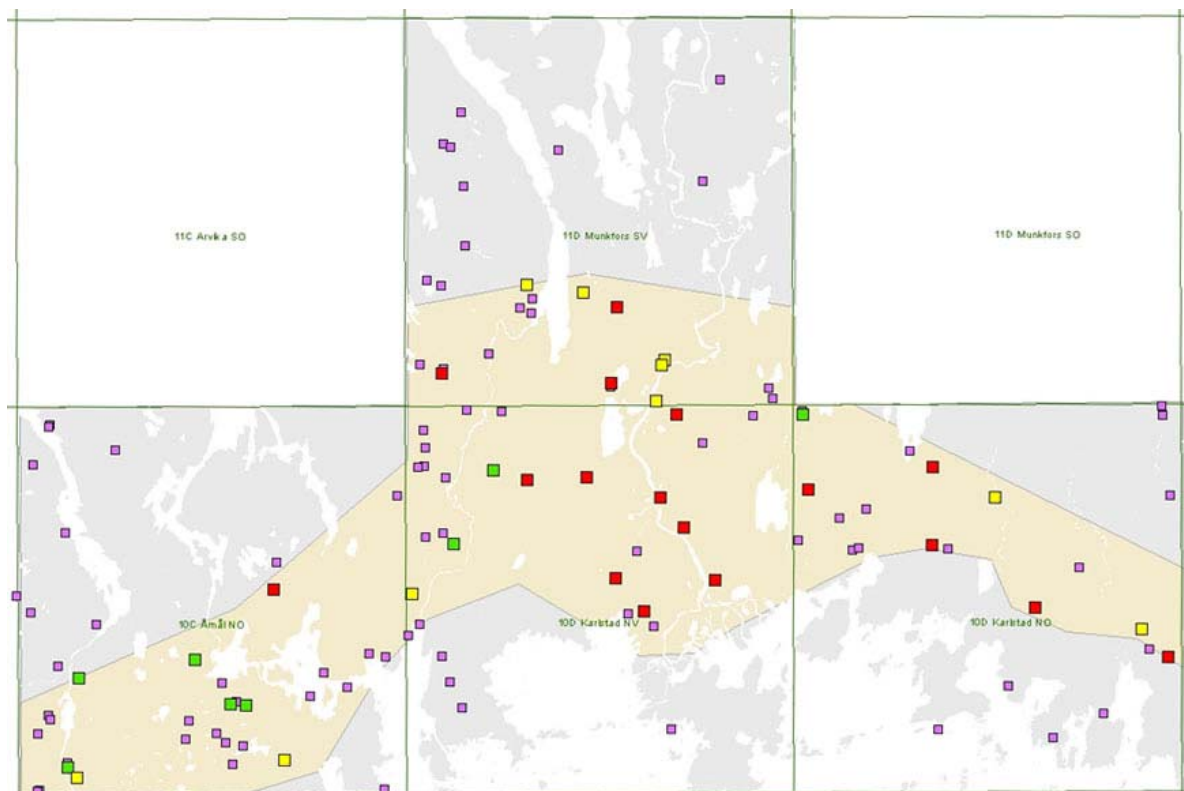


Fig. 7. Provtagningsplatser för litogeochemisk analys och tunnslipstillverkning. De större kvadratiske symbolerna representerar platser där dessutom prov tagits för teknisk analys för bedömning av berggrundens användbarhet som ballast. Grön kvadrat, klass I = god kvalitet, gul kvadrat, klass II = mindre god kvalitet, röd kvadrat, klass III = dålig kvalitet. Bergkvalitetsklassning för väg, enligt Vägverket (2004).

### Litogeochemiska analyser

En första genomgång av resultaten av de litogeochemiska analyser som gjorts inom området visar på några trender som skiljer Idefjordenterrängens cirka 1,6 miljarder år från Östra segmentets cirka 1,7 miljarder år gamla bergarter åt. Detta bekräftar resultatet från en tidigare litogeochemisk undersökning (Persson m.fl. 1995).

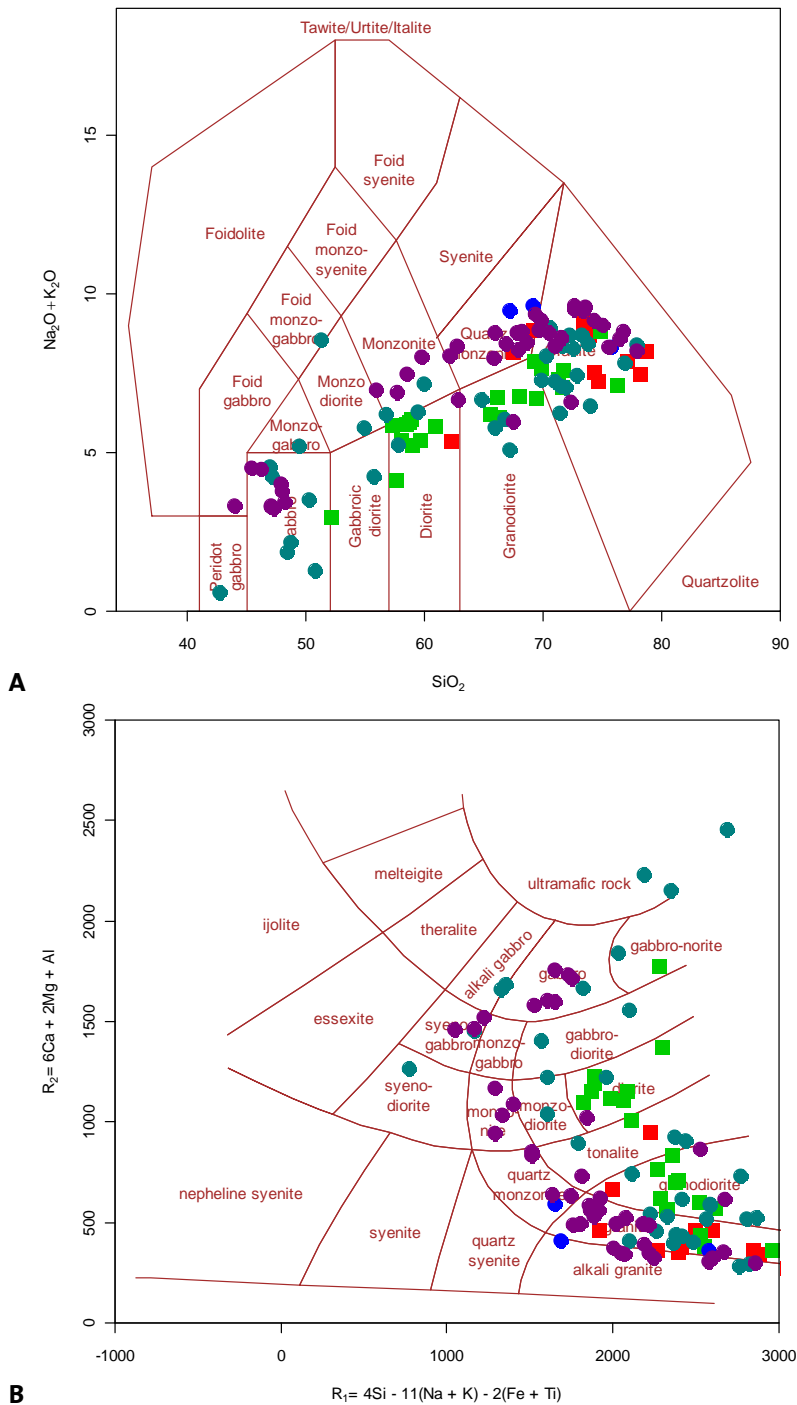


Fig. 8. Geokemisk klassificering av bergarter inom olika tektoniska domäner. **A.** TAS-diagram efter Middlemost (1994). **B.** R1-R2-diagram efter De la Roche m.fl. (1980). Mörkgrön symbol = Idefjordenterrängen, blå symbol = Segmongranit i Idefjordenterrängen, ljusgrön symbol = VBDB, röd symbol = Lägre Östra segmentet, lila symbol = Östra segmentets mellersta och övre nivå.

I TAS-diagrammet (Middlemost 1994 fig. 8a) och i R1-R2-diagrammet (De la Roche m.fl. 1980; fig. 8b) kan vissa trender utläsas. Här framgår det att bergarterna i Östra segmentet följer en dioritoid–syenitoid trend, dvs. samma trend som bergarterna i det transskandinaviska magmatiska bältet (TMB) uppvisar (se t.ex. Stephens m.fl. 2009). Till skillnad från Östra

segmentet är bergarterna i Idefjordenterrängen (IT) differentierade från gabbro via tonalit och granodiorit till granit. Två analyser i Östra segmentet ger motsägande resultat och dessa skall följas upp med hänsyn till möjliga omvandlingsprocesser. Den yngre 1,3 miljarder år gamla Segmongraniten i IT uppvisar samma trend som bergarterna i Östra segmentet och en 0,9 miljarder år gammal lamprofyr visar en sammansättning som motsvarar foidmonzogabbro (fig. 8a) eller syenodiorit (fig. 8b). Bergarterna i Värmlandsnäs-Buadeformationsbältet (VBDB) följer samma trend som IT-bergarterna.

### Tekniska analyser för bergkvalitet

I figur 9 redovisas alla tekniska analyser på bergartsprover med avseende på Los Angeles-tal och kulkvarnsvärde, sorterade efter förekomst i de olika tektoniska domänerna (fig. 2). Klassningen avser ballastmaterial för väg enligt ATBVÄG (Vägverket 2004). En första granskning av de tekniska analysresultaten indikerar att materialet är väldigt heterogent med avseende på bergkvalitet för användning som ballast. Generellt uppvisar omkristalliserade (metamorft omvandlade), finkorniga och mycket finkorniga material de bästa egenskaperna med avseende på kulkvarnsvärde och Los Angeles-tal (fig. 10).

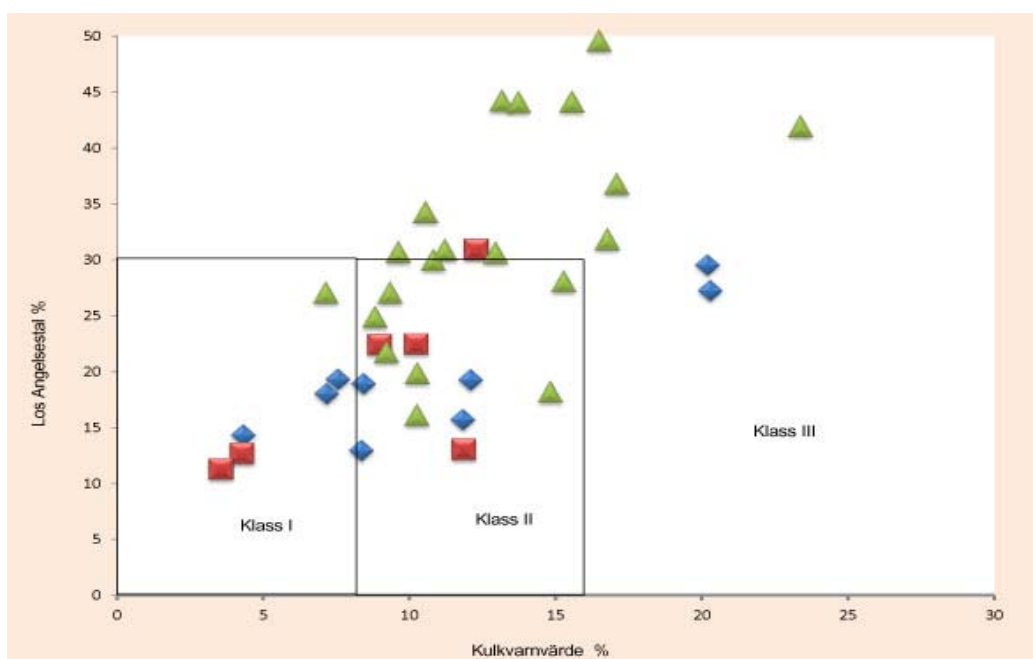


Fig. 9. Relation mellan Los Angeles-tal och kulkvarnsvärde. Blå romb = prov från Idefjordenterrängen, röd kvadrat = prov från VBDB, grön triangel = prov från Östra segmentet. Klassning med avseende på ballastmaterial för väg enligt ATBVÄG (Vägverket 2003). Klass I = god, klass II = mindre god, klass III = dålig.

Överlag har myloniter och metavulkaniter de bästa tekniska värdena medan grovkorniga porfyriska bergarter har de sämsta (fig. 10). Det innebär att klassningen av ytor i mindre grad kommer att ske utifrån bergarternas sammansättning och istället följa deras kornstorlek och omvandlingsgrad.



Fig. 10. Bergartsprover med bästa respektive sämsta kulfvarnsvärden och Los Angeles-tal . **A.** Kataklasit från VBDB med kulfvarnsvärde 3,6, LA-tal 1,3 och microdevalvärde 2,0 (TOB090103). Foto: Martin Ahl. **B.** Metagranit, porfyrisk och hornbländerik med kulfvarnsvärde 16,5 och LA-tal 49,6 (MAL090123). Foto: Martin Ahl. Pil markerar provtagningsplats.

## **KARTOMRÅDET 10D KARLSTAD NV – NORDVÄSTLIGASTE OCH NORDOSTLIGASTE DELARNA**

*Magnus Ripa*

Kartområdet 10D Karlstad NV omfattar delar av Karlstad, Hammarö, Kils, Forshaga och Grums kommuner. Under fältsäsongen 2011 utfördes fältarbete i de nordvästligaste och nordostligaste delarna av kartområdet. Bergarter och strukturer vid ca 300 hållar eller andra objekt beskrevs i drygt 120 observationsposter, vilka är lagrade i SGUs hälldatabas.

### **Berggrundsgeologisk översikt**

I stora drag utgör berggrunden ett gränsområde mellan Idefjordenterrängen i väster och Östra segmentet i öster. Terränggränsen går i det aktuella området ungefär längs med eller strax öster om Norsälven. Väster om gränsen består berggrunden till stora delar av grå, tonalitisk (till granodioritisk) ortognejs av Åmålstyp, medan röd, granitisk ortognejs av TMB-typ dominerar på den östra sidan.

Bergarternas nuvarande utbredning och begränsning är, liksom de tektoniska terrängerna, i stort sett helt betingade av svekonorvegisk strukturell överprägling. De enda undantagen är några förekomster av gångbergarter som intruderade efter all plastisk deformation.

I ett upp till ca 5 km brett bälte längs med och öster om Norsälven är de röda till rödgrå ortognejserna mer eller mindre starkt mylonitiserade och dessutom överpräglade av spröd deformation. Bältet inkluderar det som i äldre arbeten (t.ex. Sandegren & Magnusson 1937) betecknades som Mylonitzonen och benämns i stycket om strukturanalys ovan för VBDB.

Vid karteringen under fältsäsongerna 2009 och 2010 av motsvarande litologier i kartområdet 11D Munkfors SV norr härom, tolkades den s.k. Frykdalshöjdsagnejsen som en del av Östra segmentets berggrund. Tolkningen baserades på dess ”monzonitlika” karaktär och gråroda till rödgråa färg, vilka kontrasterade mot Åmålbergarternas i allmänhet gråa färg och till synes granodioritiska-tonalitiska sammansättning. En datering av Frykdalshöjdsagnejsen (Åhäll & Connelly 2008) ger dock åldern  $1608 \pm 4$  miljoner år, som visar att den bör hänföras till Åmålsbergarterna och tillhör Idefjordenterrängen. Terränggränsen mellan den senare och Östra segmentet går alltså i huvudsak i direkt anslutning till Mylonitzonens västra begränsning (enl. Sandegren & Magnusson 1937) också i kartområdet 11D Munkfors SV.

### **Resultat från fältarbetet 2011**

#### ***Bergarter***

Östra segmentets bergarter domineras i det aktuella området av röd, granitisk ortognejs (fig. 11a). Underordnat finns gnejs med kvartsmonzonitisk, monzonitisk och granodioritisk karaktär. Dessutom finns pegmatitådror och amfibolitband.

Den granitiska ortognejsen är mest röd, men kan också vara gråröd eller rödgrå, fin- till medelkornig, och jämnkornig. Lokalt är den ojämnkornig eller smått kalifältspatporfyrisk och den innehåller något magnetit, hornblände och granat eller kombinationer av dem. Underordnat finns även pyrit. I anslutning till Mylonitzonen har bergarten på många platser

kvarts- och/eller epidotläkta sprickor. En penetrativ, sentektonisk kloritombildning finns också lokalt, liksom grusvittrade horisonter.

Förekommande kvartsmonzonitiska till monzonitiska ortognejs är grå, rödgrå eller gråröd, finkornig eller medel- till grovkornig, jämnkornig och hornbländeförande.

Kvartsmonzonitiska till granodioritiska led uppträder tillsammans med amfibolit och pegmatit–aplit i bandade sekvenser, vilka utgör begränsade zoner av högre deformation i kartområdet nordöstra delar. De är rödgrå till grå, finkorniga och ojämnkorniga. Liksom omgivande granitiska gnejs har de granat, magnetit och hornblände i varierande halter.

Pegmatit bildade ådror eller band som lokalt och delvis är något diskordanta och alltså övervägande syn- till sentektoniska. De övergår på några platser i aplit. Magnetit och hornblände är vanliga karaktärsmaterial. På några platser ser ådrorna ut att ha bildats i två generationer där den senare är starkt kvartsdominerad och posttektonisk. De kan i dåliga blottningar tolkas som kvartsläskta sprickor.

Amfibolit som är grå till svart, finkornig till fint medelkornig och jämnkornig uppträder som konforma band i ovan nämnda ortognejs. Den för kvarts, granat och underordnat pyrit. På ett ställe har några knappt centimetertunna, sen- till posttektoniska gångar av en tät, mörkgrå mafisk bergart observerats.

Idelfjordenterrängens bergarter består i det aktuella området av tonalitisk (till granodioritisk) ortognejs som i varierande grad genomslags av dels granitiska, dels pegmatitiska ådror (fig. 11b). De pegmatitiska ådrorna är senare än de granitiska, men alla är pretektoniska. Proportionen mellan tonalitisk (till granodioritisk) gnejs och granitådror varierar i området. Från ungefär i höjd med Edsvalla och söderut dominerar granitådror starkt, och bergarten är närmast en gnejs av granit med sliror av tonalit (till granodiorit) och ådror av pegmatit. Underordnat finns paragnejs, amfibolit och pegmatit.

Den tonalitiska (till granodioritiska) ortognejsen är mest grå, men även bruna och gråröda varieteter finns. Den är finkornig och jämnkornig. Lokalt kan man se att bergarten före metamorfosen var åtminstone medelkornig. Det finns porfyriska varieteter med små (2–5 mm och ca 10 mm stora) fältspatkorn. Bergarten innehåller på några ställen hornblände eller granat eller båda dessa. De tonalitiska (till granodioritiska) partierna är i sig tämligen välbevarade, och gnejsigheten beror i första hand på ovan nämnda ådror av granit och pegmatit i varierande mängd.

De granitiska ådrorna uppträder som helt konforma band eller smärre intrusioner. I områdets norra delar uppträder de tillsammans med och något underordnat värdbergarten, men mot söder ökar alltså dess andel och i området väster om Vålberg dominerar granit medan tonalitgnejsen är helt underordnad. Graniten är röd till rödgrå, finkornig, jämnkornig och lokalt hornblände- eller granatförande. I några kroppar finns en fint medelkornig, smått kalifältspatporfyrisk och hornbländeförande varietet som möjligen skulle kunna vara granitisk ortognejs av Åmålstyp snarare än granitisk neosom.

Lokalt finns en svårbestämd bergart som kan vara paragnejs. Mineralogiskt består den av kvarts, fältspat och biotit, lokalt också muskovit. Den är betydligt mera ”slirig” till karaktären än omgivande tonalitgnejs, som förutom pegmatitådror och granater ser välbevarad ut. Det ser på någon plats ut som att paragnejsen övergår i granitisk neosom av ovan beskrivna typ.

Pegmatit bildar ådror i ovan nämnda bergarter (fig. 11b). Ådrorna är helt konforma med gnejsigheten. De är hornblände- och lokalt granatförande. De är ställvis kvartsdominerade och det ser ut som att det finns två generationer kvarts. Pegmatitådrorna har lokalt en mm-tunn bård av hornblände i kontakten mot neosom.

Amfibolit finns som metamorfa band eller linser. Den ser lokalt ut att gradera över i ovan nämnda tonalitiska gnejs och bergarterna torde alltså vara komagmatiska. Den är grå, finkornig till fint medelkornig (underordnat medel- till grovkornig) och granatförande. Lokalt för den kvarts och kan ha amfibolerna separerade i metamorfa band.

I Vålberg finns några hällar med en till synes monzonitisk ortognejs. Den är rödgrå, ojämnkornig och glimmerrik. Troligen utgör den s.k. Frykdalshöjdsagnejs (se ovan).



Fig. 11. **A.** Röd, granitisk ortognejs i Östra segmentet. Två veckfaser kan urskiljas. CMR110385, 6583611/404482. Foto: Magnus Ripa. **B.** Grå bergarter i Idefjordenterrängen. Vita, dm-smala och konforma band i bilden är pegmatitådror. Amf. är amfibolit. CMR110340, 6594755/397303. Foto: Magnus Ripa. **C.** Intern mylonit i Idefjordenterrängen som är veckad tillsammans med gnejsigheten (syns ej i bild). Röd-vita aggregat tolkas vara ursprungliga pegmatiter. CMR110335, 6591477/396215. Foto: Magnus Ripa. **D.** Grå-röd mylonit med röda fältspatkorn och magnetitporfyroblaster i Mylonitzonen (traditionell mening). Troligen ursprunglig monzonit ur Östra segmentet. CMR110361, 6587611/399259. Foto: Magnus Ripa.

### **Strukturer, metamorfos och hydrotermalomvandlingar**

Strukturellt domineras det undersökta områdets bergarter av veckade gnejser i både Idefjordenterrängen och Östra segmentet (fig. 11a, b). Veckens form är dock olika i de båda terrängerna. I det aktuella området överpräglades till synes i huvudsak det Östra segmentet av

det som man i äldre litteratur betecknade som Mylonitzonen (t.ex. Sandegren & Magnusson 1937). Terränggränsen sammanfaller i stort sett med den senare zonens västra gräns.

Idefjordenterrängens gnejser domineras här av en öppen, synform med flackt mot nordnordväst stupande veckaxel. Lokalt finns både asymmetriska och symmetriska parasitveck som stöder veckstruktur och vergens ("överstjälpling"). På många ställen saknas en minerallineation, men där den finns är den till den övervägande delen parallell med veckaxeln. På ett ställe har en minerallineation observerats som är i det närmaste vinkelrät mot veckaxeln och istället parallell med veckbenets stupningsriktning. Det är på en plats där den tonalitiska gnejsen för ovanlighetens skull (se ovan) är migmatitisk till karaktären.

Det finns åtminstone en mer än meter-mäktig mylonitzon som veckas med i strukturen och alltså är en plastisk struktur äldre än veckningen av gnejsigheten (fig. 11c). Myloniten är en mörk bergart med centimeterstora, röda fältspataggregat. De senare tolkas vara delar av ursprungliga pegmatiter som sönderdragits, vilket betyder att myloniten är yngre än gnejsomvandlingen.

I området nordväst om Edsvalla verkar antalet ådror i ortognejsen öka mot de centrala delarna av veckstrukturen. Över hela området ökar dock andelen granitiska ådror mot söder. Det är oklart om detta beror på att den metamorfa graden ökar, eller att litologiernas sammansättning varierar eller på mängden injekterade fluider.

Längs med och kring E45ans dragning finns det zoner av mer kraftigt deformerad till mylonitisk gnejs som utgör den västligaste delen av VBDB.

Östra segmentets gnejser definieras enligt flygmätta magnetiska data i hela projektområdet (se ovan) ett stort z-veck norr om den s.k. Hammarözonen. Det aktuella områdets bergarter och strukturer ligger i och utgör ett mot nordost strykande veckben i detta z-veck. Uppmätta strykningar av gnejsigheten är alltså nordostliga och dess stupning i genomsnitt flack mot nordväst. I veckets fortsättning i kartområdet 11D Munkfors NV stryker gnejsen åt nordväst och stupar flackt åt nordost och z-veckets axialyta torde i det här området vara flackt mot norr stupande. Mesoskopiska, asymmetriska veck i båda kartområdena bekräftar vergensen hos denna storskaliga, överstjälpta antiformal. Ovan nämnda veckning av gnejserna överpräglades i sin tur av en öppen veckning längs tämligen nordligt strykande och nästan horisontella veckaxlar. Lineationer är i stort sett parallella med gnejsighetens stupningsriktning och i förekommande fall även med veckaxlar. Lokalt finns i varierande grad penetrativ, sentektonisk kloritomvandling.

VBDB inkluderande den s.k. Mylonitzonen överpräglar i det aktuella området i huvudsak bergarter i det Östra segmentet. Den är till karaktären heterogent utbildad med mer eller mindre starkt mylonitiserade delar, det finns områden eller linser av tämligen normaldeformerad gnejs, vilka sedan överpräglades av minst två sprödplastiska till spröda deformationsfaser. I sin mest karaktäristiska form finns Mylonitzonen på och kring berget Risåsen nordost om Vålberg (fig. 11d). Här är berget starkt mylonitiserat och sedan överpräglat av två faser av kvarts- eller epidotbrecciering. I samband med breccieringen rödfärgades också bergarterna. Resultatet är en röd, hård, splittrig och lokalt sinterliknande bergart mellan kvartsådrorna. Den mylonitiska foliationen är tämligen flack på Risåsen och svår att se på många ytor.

Längre åt norr, i området öster och nordost om Edsvalla, är zonen bredare och består av både relativt välbevarad gnejs och mylonitiserad sådan. Lokalt är bergarten snarare fyllonitiserad i vissa stråk. Den starka deformationen har på något ställe fört samman granitisk och amfibolitisk gnejs till en märklig tektonisk hybridbergart.

Strierade harneskytor, som är parallella med gnejsigheten, och ”trappsteg” visar att någon fas av den spröda deformationen var revers, dvs. att västra sidan rörde sig uppåt upp. Det finns ganska många sådana ytor och det totala rörelsebeloppet kan ha varit betydande. Strukturerna i de olika terrängerna diskuteras mer i avsnittet om strukturanalys.

### ***Naturresurser***

Det finns två aktiva (Trossnäs och Rallarberget, öster respektive väster om Edsvalla) och flera nedlagda krossbergstäkter som i några fall är kombinerade med grustäkter. I mindre skala finns täkter där man brutit till husbehov, möjligen även blocksten.

## GEOFYSISKA UNDERSÖKNINGAR

*Lutz Kübler & Cecilia Jelinek*

Fältarbetstiden fördelades ungefär lika över hela projektområdet och inkluderade provtagning för petrofysiska analyser och radiometriska mätningar på lokaler med typbergarter. Vid provtagningen har speciell hänsyn tagits till de utvalda korridorerna (fig. 1b) längs vilka berggrundsgeologiska profiler ska konstrueras. Sammanlagt besöktes 203 lokaler. På 192 av dessa utfördes 519 radiometriska mätningar med gammasppektrometer för att bestämma aktivitetsindex och radiumindex samt halterna av kalium, uran och torium i berggrunden. Nedan beskrivna objekt undersöktes närmare med geofysiska metoder under fältarbetet.

### Kartområdet 10C Åmål NO

Förutom de lamprofyrgångar som undersöktes 2010 i närheten av och öster om Segmon, beskrev Wahlgren & Kähr (1977) också förekomster av lamprofyr söder om Nysäter i sydvästra delen av kartområdet 10C Åmål NO. Endast den förekomst som visar sig i vägsärningen undersöktes. Flera mätningar med magnetometer genomfördes längs profiler över en förmodad fortsättning av gången åt öster och väster. Det visade sig att den knappt 1 m breda gången, trots hög magnetiserbarhet ( $1\ 200\text{--}2\ 800 \times 10^{-5}$  SI-enheter), inte orsakar någon noterbar avvikelse från normalfältet. Däremot identifierades en anomali ca 16 m norr därom, som verkar vara förorsakad av en bredare gång. Två nya lokaler där lamprofyren bl.a. är synlig i ett 4 m brett tvärsnitt upptäcktes i skogspartiet ca 25 m sydöst om den tidigare kända lokalen. De uppmätta magnetfältsvärdena längs en profil 100 m öster om landsvägen domineras av signalen från högmagnetiska ryolitiska(?) bergarter (susceptibilitet  $4\ 000\text{--}10\ 000 \times 10^{-5}$  SI-enheter). Också en amfibolitisk bergart (diabas) med hög magnetiserbarhet stör bilden. En antydning till anomali som kan vara fortsättningen av en lamprofyrgång västerut finns längs vägen mellan Ökne och Nysäter.

Ett karaktäristiskt strukturdrag i området 10C Åmål NO är ett system av sprödtektoniska zoner som sträcker sig i öst–västlig till västsydvästlig riktning. De är tydligt markerade i topografien och bildar negativa anomalidrag på magnetfältskartan. Den elektromagnetiska kartan visar att zonerna har mer eller mindre låg resistivitet.

Eftersom flygmätningarna utfördes i en för dessa strukturer ogynnsam riktning – zonerna ligger subparallellt med flygriktningen – utfördes markmätningar längs två profiler. Syftet var att få en uppfattning om den verkliga bredden och stupningen på zonerna. Resultaten från en nord–sydlig profil 1 km öster om Galtebol visar lokala, extrema gradienter som inte kan förklaras såsom varande artefakter eller liknande, men heller inte med naturliga fenomen. Mätningen kunde därför inte utnyttjas för grundligare tolkning. Man kan emellertid dra slutsatsen att den av sprödtektoniken påverkade zonen har en bredd på mellan 300 och 500 m. En magnetisk profilmätning över en av zonerna mellan Stubbkärr och Södervik antyder en bredd på cirka 300 m. Ytterligare provtagning behövs dock i området.

Wahlgren (1979) beskriver en förekomst av ultrabasit (peridotit) 2,5 km sydväst om Grums på halvön Fårhallen. Kontakten till angränsande amfibolit i söder är inte synlig men verkar följa en topografisk kant. Resultaten från markmätningar med magnetometer längs tre nord–sydligt orienterade profiler ger samma läge för kontakten. Profilerna sträcker sig till den nordligaste spetsen av halvön (ca 350 m).

Den ultrabasiska kroppen genomdras av minst två, eventuellt tre extremt högmagnetiska zoner i västnordvästlig riktning. En av dessa zoner mättes i ett förtätat mönster (fig. 12). Det lokala magnetfältet präglas av mycket kraftiga gradienter. På några meters distans ändras fältet från ca 42 000 nT till mer än 70 000 nT.

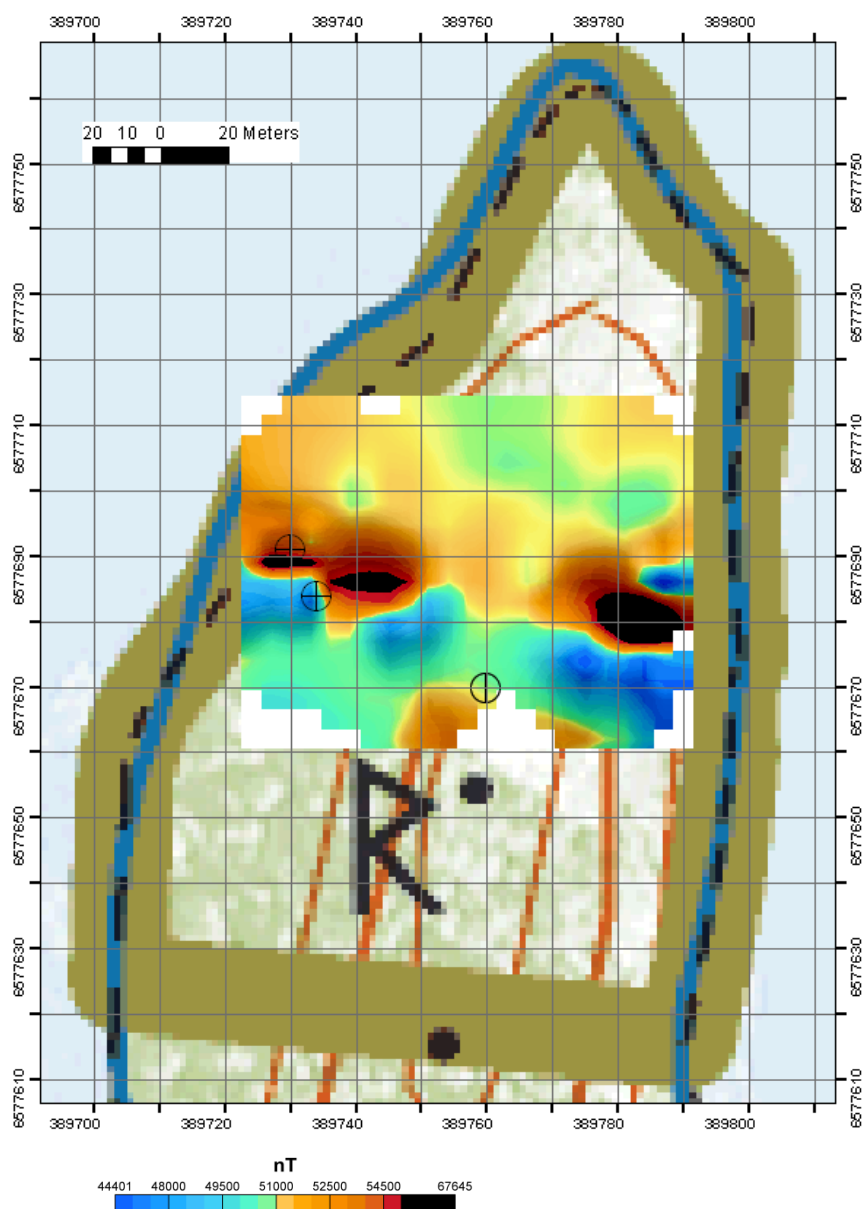


Fig. 12. Detaljerade magnetometermätningar över ett av de högmagnetiska stråken på Fårhallenhalvön ca 2 km sydväst om Grums. Små cirklar markerar provtagningspunkter. Bakgrunden är ett utdrag ur Lantmäteriets fastighetskarta.

Bergartsprover från dessa högmagnetiska zoner har egenskaper som väl förklarar de extrema värdena. Magnetiserbarheten är relativt hög i samtliga prover och sammanfaller med markmätta susceptibilitetsvärden. Den naturliga remanensen når däremot extrema värden i

själva zonerna (>500 A/m) vilket ger sällsynt höga Q-värden upp till 920. Med hjälp av röntgendifraktometri påvisades magnetit, maghemit, hematit och ilmenit. De halter av FeO och Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> som tidigare kemiska analyser har gett (6 resp. 5 %) är till stor del bundna till amfiboler och till järnrik spinell (Wahlgren 1979). Röntgenanalysen indikerar ca 2 till 3 % magnetit som förmodligen föreligger som submikroskopiska inneslutningar i silikaterna. En preliminär slutsats är att de extrema magnetiska egenskaperna orsakas av magnetitkorn som inte är större än att de bildar enskilda magnetiska domäner, s.k. "single domain"-korn (Dunlop & Özdemir 1997). Königsbergerkvoten är 925 vilket är ett av de 15 högsta värdena som registrerats i SGUs databaser.

Bergarterna i områdets norra del är i allmänhet lågstrålande. Ingen av bergarterna som observerades längs den norra korridoren (fig. 2) hade en uranhalt över 5 ppm, endast en har en toriumhalt över 20 ppm. Dock undersöktes en toriumanomali längre norrut, på en höjd öster om Granhult, öster om Norra Fjöle. Anomaliorsaken är en ljus röd, omkristalliserad, lågmagnetisk granit med toriumhalt runt 40 ppm.

## **Kartområdena 10D Karlstad NV och SV**

### ***Låga halter av kalium relaterad till hydrotermalomvandling***

I föregående års redovisning beskrevs ställvis förekommande, mycket låga halter av kalium i röda gnejsiga graniter längs VBDB. Röntgendifraktionsanalyser visade att albitrik plagioklas hade ersatt kalifältspaten. Flera nya lokaler på Hammarö i vilka graniterna uppvisar samma låga halter av kalium, medan halten av torium är oförändrad hög, har upptäckts i årets undersökning. Detta visar att omvandlingsfenomenet inte är bundet till VBDB utan följer hela horisonten med röd, toriumanomal granitisk gnejs längs VBDB och Hammarözonen. De pegmatiter som förekommer längs samma stråk, både i den granitiska gnejsen och i amfiboliterna, innehåller i många fall höga till mycket höga halter av uran (20–170 ppm).

### ***Negativa magnetfältsanomalier***

Den magnetiska s.k. Hammarödepressionen undersöktes 2010 med magnetometer. Den största negativa avvikelser från normalfältet låg kring ca 3 000 nT. Halvvärdesbredden av de olika negativa amplituderna längs profilernas riktning (NS) överstiger inte 60 m. Mätdata antyder att det är ett sammanhängande område antingen i form av en ring med en central, starkt positiv amplitud eller i form av 10-30 m breda lager. Under årets fältsäsong gjordes nya provtagningar i syfte att hitta orsaken till den kraftiga negativa anomalien. I själva anomalins utbredningsområde finns emellertid inga hållar. I en flathäll 100 m väster om det västligaste profilssegmentet uppträder en amfibolit med mycket hög magnetisk susceptibilitet ( $3\,000\text{--}13\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter). Ett orienterat prov har en mot jordmagnetfältet riktad remanent magnetisering på 28 A/m, vilket ger ett Q-värde på 0,34. Dessa egenskaper kan inte förklara orsaken till anomalien i den mån inte Q-värdet är större än 1 i andra delar av området.

Den kraftigaste negativa magnetfältsanomalien enligt flygmätta data ligger i Vänern, ca 4 km väster om Härö. Den mättes med hjälp av båttransport under optimala väderförhållanden. Mätningarna skedde längs fem parallella, 1 kilometer långa profiler i nord-sydlig riktning. Den största negativa avvikelser från normalfältet är ca -2 500 nT. Precis som på Hammarön

antyder mätresultaten att det kan röra sig om en mer eller mindre utpräglad negativ, cirkulär anomali med central positiv del.

Den negativa, öst–västliga magnetfältsanomalin strax norr om Skoghall kan tänkas härröra från en kanteffekt, eftersom den är parallell med Hammarözonens kraftigt magnetiserade horisonter. Den motsvaras dock inte av anomalins ytutbredning. Två bergartsprover av röd, granitisk gnejs från området har låg magnetiserbarhet ( $41 \times 10^{-5}$  respektive  $94 \times 10^{-5}$  SI-enheter) men förhållandevis hög remanent magnetisering (710 respektive 1 110 mA/m), vilket resulterar i för trakten ovanligt höga Q-värden.

Med hjälp av röntgendiffraktionsanalys identifierades hematit (dominerande järnoxidfas) och magnetit i provet med det högsta Q-värdet. Ett prov av röd, granitisk gnejs från en lokal i närheten, som antogs ligga på den magnetiska horisonten, visar mycket hög susceptibilitet ( $3\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter) men saknar i stort sett remanent magnetisering. Från samma lokal togs ett orienterat prov av amfibolit med samma höga susceptibilitet, men med kraftig remanent magnetisering (8 A/m) som är riktad mot jordmagnetfältet. Resultaten från de tre lokalerna antyder att motriktad remanent magnetisering kan vara orsaken till den negativa magnetfältsanomalin. Provunderlaget är inte tillräckligt för att avgöra om anomalibilden bara orsakas av magnetit eller genom lamellär magnetism i avblandningar av ilmenit i hematit (Robinson m.fl. 2002).

Under 2012 kommer kompletterande provtagningar på Hammarön och på Arnön att göras i områden där starkt negativa anomalier präglar magnetfältsbilden.

### **Hammarözonen i kartområdena 10D Karlstad NV och NO**

Hammarözonen sträcker sig i öst–västlig riktning och är därmed parallell med den flygmätning som användes generellt för hela projektområdet. Mätkonfigurationen över den komplexa strukturen är således allt annat än optimal. Därför utfördes markmätningar med magnetometer längs nord–sydligt orienterade profiler öster om Skoghall på Hammarön, på Arnön och vid båtburen mätning i Sätterholmsfjärden. Syftet med mätningarna var att få en detaljerad bild av de magnetiska strukturerna och deras förändring längs Hammarözonen. På grund av störningar från infrastrukturen blev resultaten inte så tydliga i Skoghallsprofilerna, men tre magnetiska horisonter med mäktigheter från 20 till 80 m kan urskiljas.

Hammarözonens fortsättning i Sätterholmsfjärden, mellan Hammarön och Arnön, dokumenteras av fyra distinkta magnetfältsanomalitoppar som med största sannolikhet motsvaras av fyra lager anrikade på magnetiska komponenter. På Arnön upprepas denna uppdelning i fyra lager, men inom lagren syns en splittring i låg- respektive högmagnetiska drag. På Hultön har mätningarna med magnetometern gjorts yttäckande för att få större detaljrikedom i Hammarözonens veckomböjning. Det som magnetfältskartan återger som en bred, svängande anomali utgörs av ett flertal smala magnetiska stråk.

### **Kartområdet 10D Karlstad NO**

#### ***Nord–sydlig förkastningstektonik***

Ett omfattande system av nord–sydliga lågmagnetiska lineament finns i kartområdet 10D Karlstad NO (fig. 2). Två av dessa, öster om Alsters kyrka, har undersökts genom

markmätningar. Den ena med magnetometer med GPS-funktion, den andra med VLF-instrument. VLF-mätningarna visar att zonerna är lågresistiva. Både VLF-mätningen öster om Stormossen, och magnetfälts- och susceptibilitetsmätningarna vid Finnbråten visade att de enskilda lineamenten är sammansatta av flera förkastningar (fig. 13).



Fig. 13. En av förkastningsytorna som markerar trappavsatserna längs norra profilen. LUK111379, 6593885/426345 Foto: Lutz Kübler

De något översiktligt utförda mätningarna av magnetiserbarheten antyder att denna minskar i närheten av varje enskild förkastning. Det finns en ganska tydlig korrelation mellan topografiska höjdvariationer och magnetfältets amplitudvariation (fig. 14).

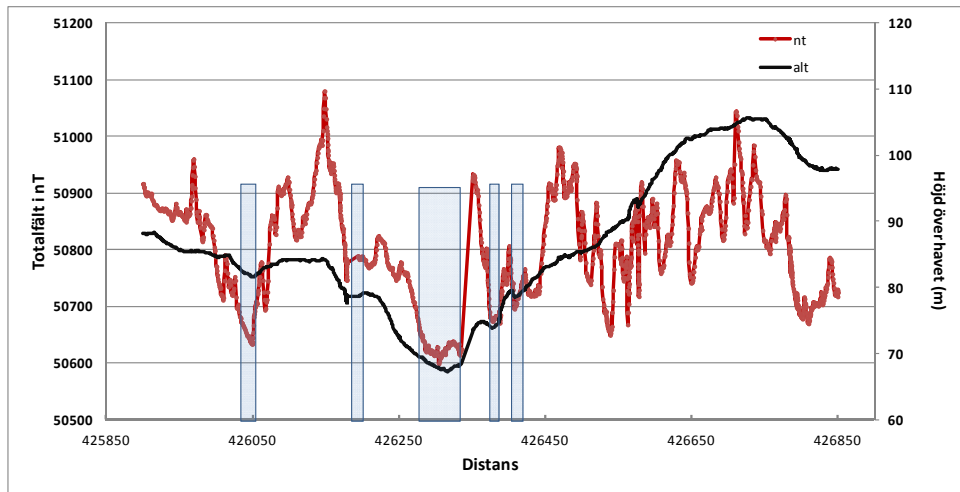


Fig. 14. Korrelation mellan topografiska höjdvariationer och magnetfältet inom ett nord-sydligt lågmagnetiskt lineament. Röd linje: magnetiskt totalfält, svart linje: höjd över havet i meter. Höjddata från Lantmäteriets 2-meters höjddatabas. Staplar indikerar trappavsatser och sänkor i topografin som sammanfaller med negativa magnetfältsanomalier.

### **Diabas och amfibolit (1,6 miljarder år)**

Diabaser (hyperiter) och amfiboliter utgör ett framträdande inslag i magnetfältsbilden i kartområdet 10D Karlstad NO. Med hänsyn till de magnetiska egenskaperna är skillnaden mellan de två bergartskategorierna flytande och kan bara avgränsas statistiskt. Karaktäristiskt för amfiboliterna är att resultaten från 50 % av samtliga susceptibilitetsmätningar utförda på håll (dvs. 1 750 mätningar) ligger under  $100 \times 10^{-5}$  SI-enheter, med en typisk anhopning av mätningar vid den paramagnetiska tröskeln  $60 \times 10^{-5}$  SI-enheter. Bland mätningarna på diabashällar hittas 31 % med värden under  $100 \times 10^{-5}$  SI-enheter och bland dessa en tydlig anhopning vid  $60 \times 10^{-5}$  SI-enheter. Däremot ligger mer än 50 % av alla mätningar över  $1\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter, med ett stort antal extremt höga värden. Generellt kan sägas att diabasproverna, som har tagits från 21 olika lokaler, visar små variationer med hänsyn till densitet (medel  $3\,017 \text{ kg/m}^3$ , standardavvikelse  $37 \text{ kg/m}^3$ ), kaliumhalt (0,55–1,19 %) och susceptibilitet ( $1\,000$ – $8\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter). 25 amfibolitprover visar i stället stor variation (fig. 15).

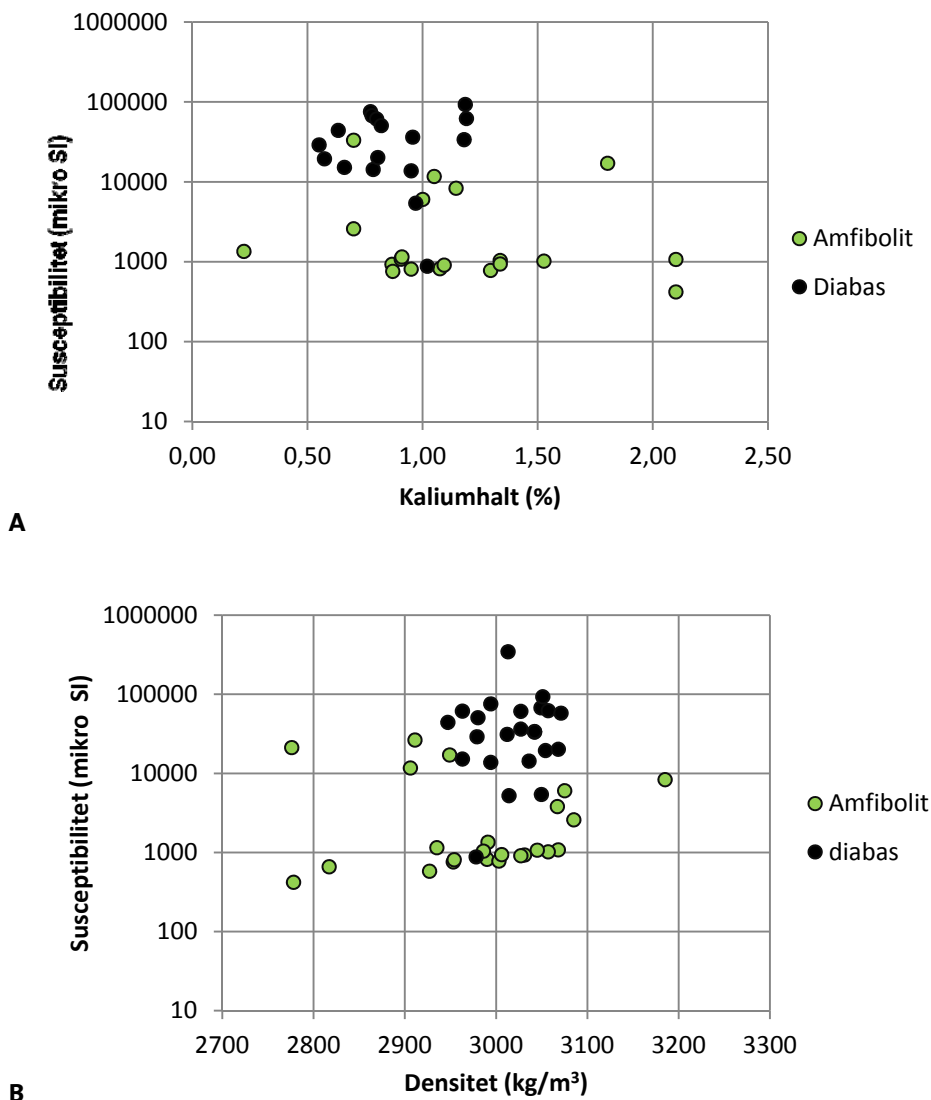


Fig. 15. Semilogaritmisk presentation av diabasernas och amfiboliternas petrofysiska egenskaper. **A.** Diagrammet visar logaritmen för magnetisk susceptibilitet mot kaliumhalt. **B.** Diagrammet visar logaritmen för susceptibiliteten mot densiteten.

## Kartområdet 11D Munkfors SV

### *Undersökning av den nord-sydliga, starka magnetfältsanomalin längs östra stranden av sjön Fryken*

VBDB begränsas i öster av en mycket karaktäristisk magnetfältsanomali (fig. 2). Den undersöktes år 2009 längs två markmätta profiler i trakten av Nilsby respektive vid Fryksta. I båda fallen visade det sig att den starkaste amplituden har en halvvärdesbredd på enbart ca 20 m. Parallellt med denna ligger en bredare men mindre kraftig anomali. Ytterligare en undersökning gjordes i motionsområdet vid Frykstastugan. Syftet med detta var att få en ytbild av relationen mellan de två parallellt löpande anomalierna som bekräftelse på flygmätta data. Dessa smala magnetanomalier sträcker sig till ca 3 km söder om Kils centrum.

Bergartsenheterna som orsakar anomalin stupar 60 till 80 grader åt väster. Strukturmätningar som har utförts på plats visar en något flackare trend vilket kan tyda på att den magnetiska enheten utgörs av brant stående, intensivt veckade lager.

### **Undersökning av en veckomböjning norr om Fagerås**

Norr om Fagerås kan en veckomböjningsstruktur identifieras på den flygmagnetiska kartan. Den har även undersökts längs flera markmätta profiler (fig. 16).

Modell Anpassning av profildata visar att den högmagnetiska horisonten är 30–40 meter bred (i höjd med profil 1, som börjar vid Perstorp och går mot ostnordost). Vid Perstorp har graniten, som antas vara orsaken till anomalibilden, en susceptibilitet på  $6\,000\text{--}14\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter enligt mätningarna på håll, och närmare  $26\,000 \times 10^{-5}$  SI-enheter enligt laboratoriemätning, medan den angränsande granitoiden har nästan 1 000 gånger lägre magnetisk susceptibilitet ( $26 \times 10^{-5}$  SI-enheter enligt laboratoriemätning).

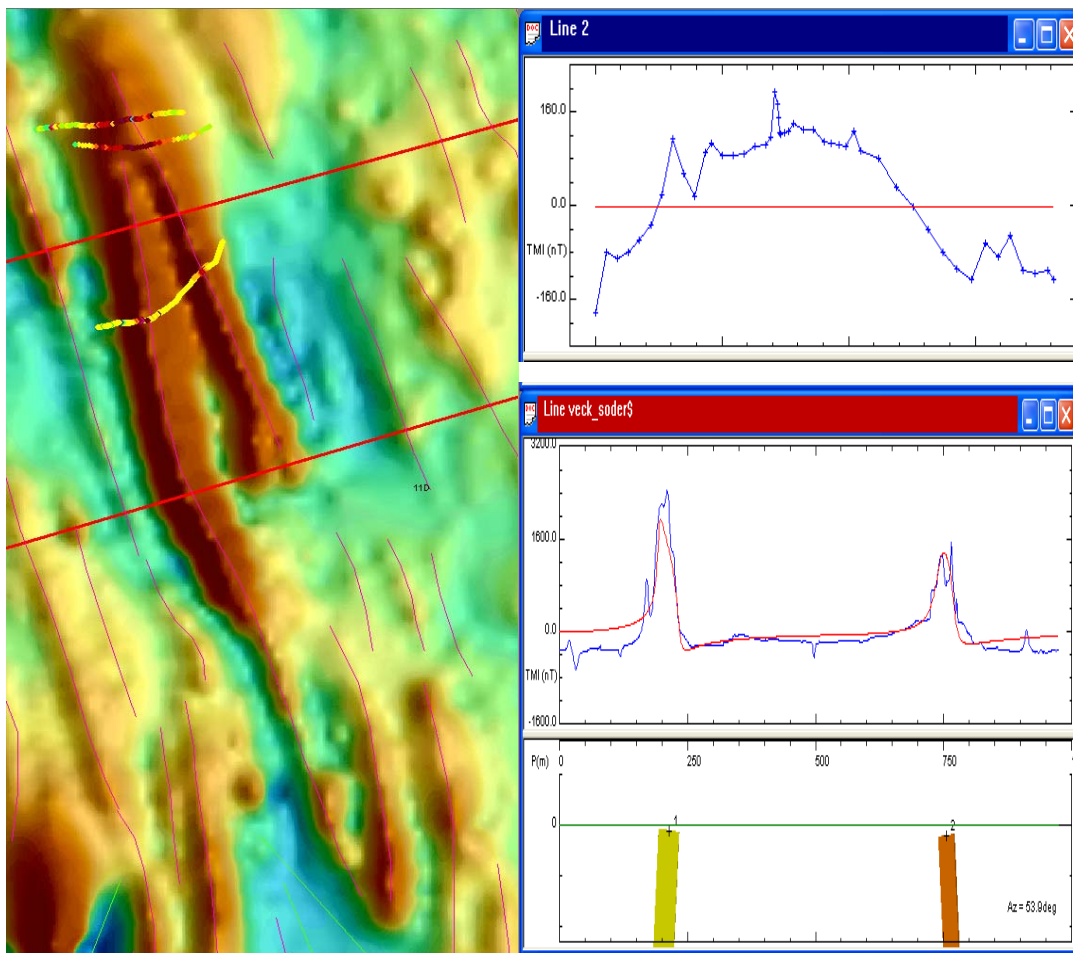


Fig. 16. Till vänster: magnetanomalikarta över en veckstruktur vid Perstorp med lägen för markprofilerna utsatta. Den övre högra bilden visar resultatet av den norra markmätta magnetprofilen vid veckomböjningen. Den nedre högra bilden visar en markmätt profil över veckbenen, samt en modell Anpassning av profildata.

## MALMER OCH INDUSTRIMINERAL I KARTOMRÅDET 10C ÅMÅL NO

*Per Nysten*

Två typer av malmförekomster har dokumenterats i området 10C Åmål NO. Den ena är hydrotermalt bildade, polymetalliska kvartsgångar med varierande halter av ädelmetaller, den andra disseminerade kopparmalmer i diorit till gabbro och amfibolit. Andra fyndigheter är metamorf karbonatsten som linser i bandad gnejs av förmodat magmatiskt ursprung och som inneslutning i Segmongranit. Pegmatit- och kvartsbrott har upptagits på albitrika gångar öster om Borgvik.

De mest betydande och största gångförekomsterna representeras av Vegerbol-, Karlsbol- och Degerbynäsfyndigheterna. Vegerbolfyndigheten (6595492/381629) kan följas via avlånga dagbrott längs en sträcka på ca 250 m i riktning 285°. Malmen utgörs av vit, delvis drusig kvarts med körtlar av zinkblände, blyglans, kopparkis och pyritkristaller. Vegerbol var främst en silvergruva, och silvret förekommer i mikroskala bundet till bl.a. tetrahedrit och polybasit, men finns också i elementär form. Sidoberg utgörs av ljusröd, fin- till medelkornig, svagt deformerad granit och grå, grovt medelkornig, rekristalliserad tonalit (fig. 17).



Fig. 17. Vegerbol gruva (6595492/381629) Foto: Per Nysten.

Karlsbol (6595278/ 382190) kan betraktas som en direkt fortsättning av Vegerbol och har liknande mineralogi och omgivning. Vid Degerbynäsfyndigheten (6594481/384953) ses idag enbart något drusig, hematithaltig kvarts, dock har blyglans och zinkblände rapporterats härifrån. Fyndigheten omges av granatrik Segmongranit. En möjlig västlig fortsättning av gångsystemet finns strax utanför kartområdet vid Norra Näshöjden, nordväst om Värmskog.

Ytterligare gångförekomster som lokaliserats är Borgebol (6589734/382225) med rikt pyrit- och kopparkisförande kvarts och ankerit omgiven av röd, gnejsig granit, Kyrkebol (6590533/387652) med pyrit och underordnat kopparkis i kvartsbreccierad grå till rödgrå gnejs och Grindsbol (6590038/383683). Vid Grindsbol har man brutit kopparmineraliserad kvarts, vilken dels är rik på kopparglans, bornit och malakit, dels kopparkis- och pyritförande. Fyndigheten omges av bandad gnejs av röda, granitiska till pegmatitiska och grå tonalitiska komponenter.

En kopparmineraliserad kvartsgång nordost om Segmon i en vägs kärning vid E45an har beskrivits av Lundegårdh (1995). Gången, som är ett mineraljaksfynd, har sökts vid denna inventering och kopparkismineraliserad kvarts hittades i lösmaterial i anslutning till amfibolit vid koordinaterna 6574698/389972. Gången är troligtvis begravd under vägen idag.

Kopparmineralisering i mafiska bergarter finns vid Stömne Nya Västra (6589670/ 371158) och Stömne Södra (6589032/372109) gruvor. Norr om dessa finns den mineralogiskt mer komplexa Stömne koppargruva. Vid Stömne Nya Västra gruva kunde enbart en svag dissemination av kopparkis i hornbländeskiffrig amfibolit (tonalit–diorit) dokumenteras. Stömne Södra gruva består av en grund skärpning med ojämnt fördelad kopparkis i svagt deformerad till massformig, lokalt högmagnetisk diorit till gabbro ( $1\ 000\text{--}10\ 000 \times 10^{-5}$  SI-enheter). Vidare är Göksbol (6590256/375636) beskriven som kopparfyndighet. Vid denna inventering hittades enbart spår av sprickbunden kopparkis. De relativt rikt mineraliserade styckena i varphögarna innehåller röd, magnetitförande pegmatit och en grön- och vitfläckig, grovkornig och folierad metagabbro. I håll finns även en medelkornig, relict ojämnkornig, rekristalliserad granit.

Karbonatstenar har dokumenterats vid Butorp (6590812/388760), även benämnd Långs kalkbrott, vid Malsjö (6587060/387802) och Gullsjö (6581777/386892). Ren, vit kristallin kalksten omgiven av bandad gnejs finns i ett ca 20 m långt, delvis vattenfyllt brott nära landsvägen vid Butorp. I kontakten syns grovt epidot-hornbländeskarn. Malsjö- och Gullsjöbrodden är betydligt större än det i Butorp, det förstnämnda ca  $15 \times 70$  m och Gullsjö något mindre. Båda brodden är vattenfyllda och omges av helt övervuxna varphögar. Lokalerna är kända sedan lång tid och besöktes bl.a. av Berzelius under första hälften av 1800-talet. Skarnet som omger karbonatstenen består av grov tremolit–aktinolit, ovanligt järnfattig diopsid och skapolit. Karbonatstenen är vit och finkornig. Skapoliten visar röd UV-fluorescens och karbonatstenen vackert ljusblå UV-fluorescens i kortvåg. Orsaken till detta är okänd. Sidostenen vid Gullsjö är bandad gnejs och vid Malsjö Segmongranit. Noterbart är förekomsten av metasedimentära bergarter inlagrade i de bandade gnejserna.

**REFERENSER**

Ahl, M., Delin, H., Jelinek, C., Kübler, L. Ripa, M., & Stephens, M.B., 2011: Projekt Karlstad, berg och bergkvalitet. I S. Lundqvist (red.): Berggrundsgeologisk undersökning. Sammanfattning av pågående verksamhet 2010. *Sveriges geologiska undersökning Rapport 2011:6*, 70–85.

De la Roche, H., Leterrier, J., Grandclaude, P. & Marchal, M., 1980: A classification of volcanic and plutonic rocks using R1R2-diagram and major element analyses – its relationships with current nomenclature. *Chemical Geology* 29, 183–210.

Dunlop, D.J. & Özdemir, Ö., 2001: *Rock Magnetism: Fundamentals and Frontiers*. Cambridge (Cambridge University Press).

Gorbatshev, R., 1998: Gillbergaskålen, Glaskogens skollkomplex och några tektoniska huvuddrag i västra Värmland. I A. Lindh, R. Gorbatshev & P.H. Lundegårdh: Beskrivning till berggrundskartan över Värmlands län. Västra Värmlands berggrund. *Sveriges geologiska undersökning Ba 45:2*, 269–392.

Koistinen, T., Stephens, M.B., Bogatchev, V., Nordgulen, Ø., Wennerström, M. & Korhonen, J., 2001: *Geological map of the Fennoscandian Shield, scale 1:2 000 000*. Geological Surveys of Finland, Norway and Sweden and the North-West Department of Natural Resources of Russia.

Lundegårdh, P.H., 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*, 180 s.

Middlemost, E.A.K., 1985: Naming materials in the magma/igneous rock system. *Earth-Sciences Reviews* 37, 215–224.

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.

Vägverket 2004: Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktion *ATB VÄG 2004 Publ. 2004:111*, 541 s.

Robinson, P., Harrison, R.J., McEnroe, S.A. & Hargraves, R.B., 2002: Lamellar magnetism in the haematite–ilmenite series as an explanation for strong remanent magnetization. *Nature* 418, 517–520.

Persson, P.-O., Lindh, A., Schöberg, H., Hansen, B.T. & Lagerblad, B., 1995: A comparison of the geochronology and geochemistry of plagioclase-dominated granitoids across a major terrane boundary in the SW Baltic Shield. *Precambrian Research* 74, 57–72.

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

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

Wahlgren, C.-H. & Kähr, A.-M., 1977: Micro-lamprophyres in western Värmland, south-western Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 99*, 291–295.

Åhäll, K.-I. & Connelly, J.N., 2008: Long-term convergence along SW fennoscandia: 330 m.y. of proterozoic crustal growth. *Precambrian Research 161*, 452–474.