

Bergslagen, etapp 3

Kartering i området Grängesberg-Idkerberget – fältarbeten 2021

Alexander Lewerentz & Cecilia Brolin

mars 2022

SGU-rapport 2022:03



Omslagsbild: Spektrometermätning på håll av metabasit på toppen av Solklinten, för skidåkare mer känd som Romme Alpin (6694316/522265).
Fotograf: Cecilia Brolin

Författare: Alexander Lewerentz & Cecilia Brolin

Granskad av: Magnus Ripa

Ansvarig enhetschef: Ildikó Antal Lundin

Redaktör: Lina Rönnåsen

Sveriges geologiska undersökning

Box 670, 751 28 Uppsala

tel: 018-17 90 00

e-post: sgu@sgu.se

www.sgu.se

INNEHÅLL

Inledning.....	4
Tidigare arbeten.....	4
Årets arbeten.....	7
Berggrundskartering	7
Litogeokemi.....	8
Petrofysik	9
Geofysiska mätningar i fält.....	9
Referenser.....	11

INLEDNING

Inom projektet Bergslagen, etapp 3, utförs riktade insatser för att uppdatera de geologiska, geofysiska och litogeokemiska underlagen avseende berggrunden kring historiskt sett viktiga gruvområden i Bergslagen. Ett delprojekt kallat Grängesberg-Idkerberget undersöker ett område i södra Dalarna, som sträcker sig ungefär från Grängesberg i söder till Borlänge i norr (fig. 1). Datainsamling och provtagning i fält görs i huvudsak längs med förutbestämda profiler. Därutöver undersöks även borrhärdar som finns tillgängliga i SGU:s borrhärdarkiv i Malå.

Fokus för delprojektet Grängesberg-Idkerberget är områdets kända apatitjärnmalmsförekomster, då dessa har visats och kan antas innehålla bland annat de, enligt EU-kommissionen kritiska, sällsynta jordartsmetallerna. Samtliga karteringsprofiler skär områdets järnmalmsförekomster och syftet är att, såväl geologiskt som geofysiskt, fastställa relationerna mellan apatitförande och icke apatitförande mineraliseringar liksom deras respektive värdbergarter.

Denna delrapport beskriver den geologiska kartering och provtagning, samt geofysiska mätningar, som utförts under 2021. Projektet sträcker sig över tre år och planeras avslutas i slutet av 2023.

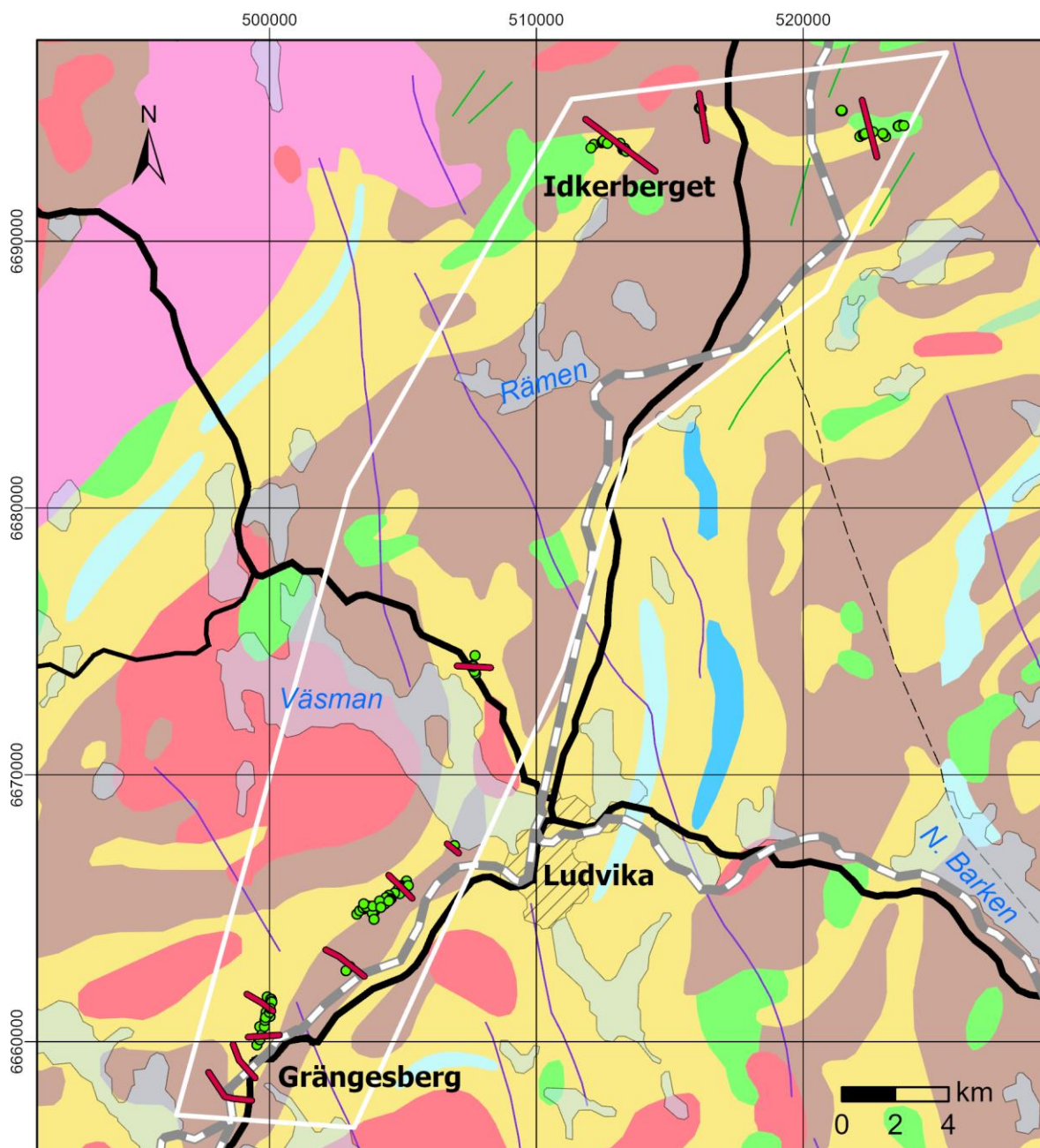
TIDIGARE ARBETEN

Projektområdet överlappar med delar av de kombinerade jord- och bergartskartorna Nya Kopparberget (Magnusson & Lundqvist 1932), Grängesberg (Magnusson & Lundqvist 1933), Smedjebacken (Lundqvist & Hjelmqvist 1937) och Säter (Hjelmqvist & Lundqvist 1952), samtliga utgivna med utförliga beskrivningar. Projektområdets sydligaste delar ingår i en detaljstudie av berggrunden och mineraliseringarna inom Ljusnarsbergs malmtrakt (Magnusson 1940). Områdets geologi beskrivs även i berggrundskartan över dåvarande Kopparbergs län (Hjelmqvist 1966). De modernare berggrundskartorna Ludvika SV (Strömberg 1988), Ludvika NO (Strömberg 1996) och Ludvika NV (Ripa & Kübler 2005) täcker tillsammans hela projektområdet, dessa är dock utgivna med endast en kortfattad beskrivning i kartbladets marginal. Tematiska karteringsinsatser har därefter föranlett mindre justeringar av kartbilden i SGU:s kartdatabas (Stephens m.fl. 2009, Claeson m.fl. 2018; 2019).

Områdets mineraliseringar har inventerats och översiktligt beskrivits av bland andra Geijer & Magnusson (1944), Ripa m.fl. (2015) och Claeson m.fl. (2018; 2019), samt därtill ett stort antal prospekteringsrapporter tillgängliga via SGU:s litteratursöktjänst GeoLagret. Detaljerade beskrivningar och malmgenetiska studier av Grängesbergs malmfält inkluderar Magnusson (1938), Looström (1939), Jonsson m.fl. (2013; 2016) och Weis (2021), liksom över 400 prospekteringsrapporter av varierande ålder. Apatitjärnmineraliseringar vid Kopslahyttan i projektområdets nordöstra del är dokumenterade av Jonsson m.fl. (2015).

Radiometriskas åldersbestämningar av berggrunden har hittills fokuserat på området kring Grängesberg och sådana finns för magmatisk kristallisation av subvulkaniska intrusioner och flera generationer av granitoida intrusivbergarter, liksom för en metamorf händelse kopplad till den svekokarelska orogenesen (Åberg & Bjurstedt 1986, Hallberg m.fl. 2008, Andersen m.fl. 2009, Högdahl m.fl. 2020)

Geofysiska flygmätningar över projektområdet har utförts i SGU:s regi 1972, 1975 och 2016. Vid dem registrerades jordens magnetfält, naturligt förekommande gammastrålning och mätningar av markens respons på lågfrekventa radiovågor (VLF). Vid 2016 års mätningar registrerades signalen från två VLF-sändare, vilket inte har gjorts i de äldre mätningarna, och detta möjliggör beräkning av markens elektriska ledningsförmåga.



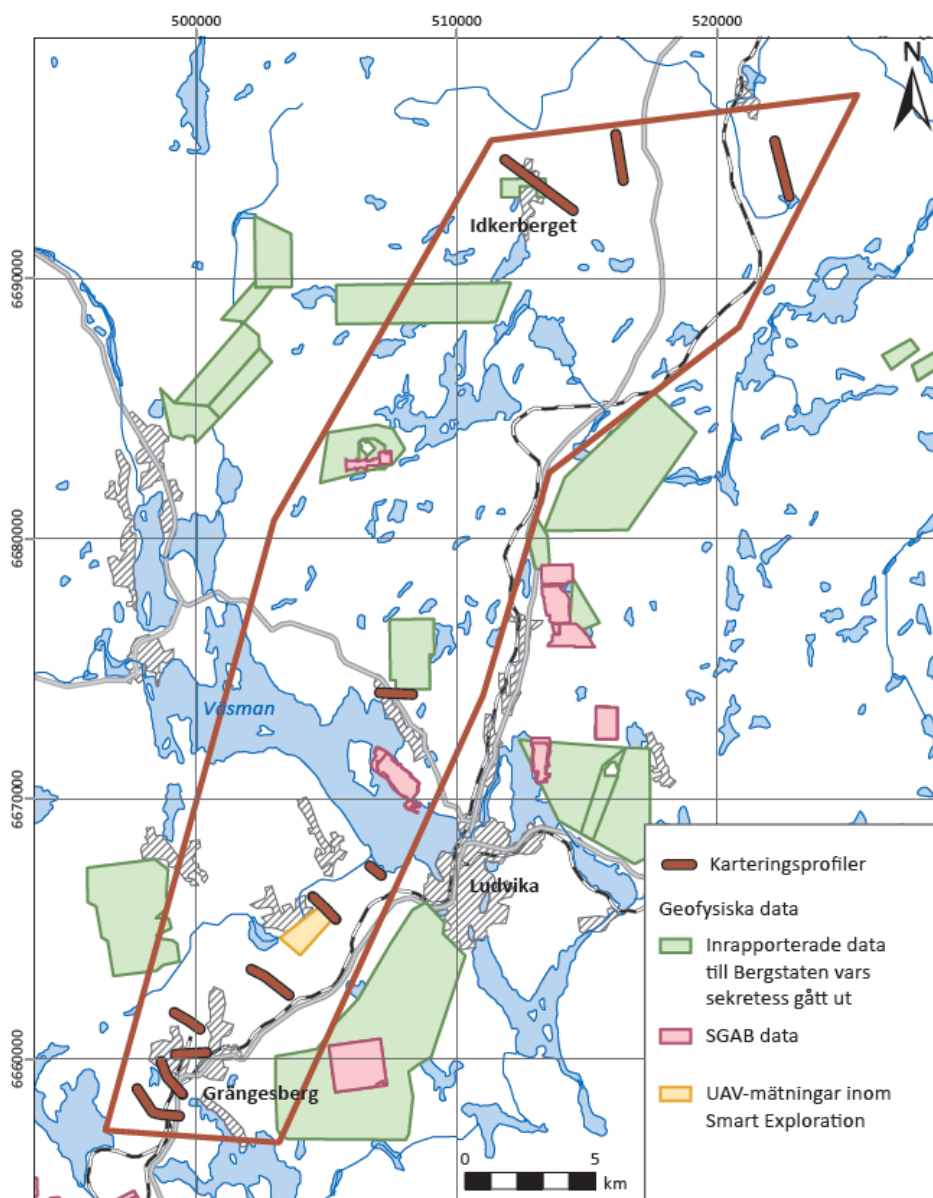
- | | | |
|---|---|--|
| <p>Karteringsprofiler</p> <p>● Apatitjärnmalmsförekomster</p> <p>Deformationszoner</p> <p>— Spröd till plastisk deformationszon, ospecificerad rörelse</p> <p>Berggrundslinjer</p> <p>— Gabbro, pyroxenit, anortosit, diabas, granofyrisk granit (1,6-1,5 miljarder år)</p> <p>— Diabas (1,0-0,9 miljarder år)</p> | <p>Berggrundsytor</p> <p>— Ryolit, dacit (ca 1,91-1,88 miljarder år), metamorfa</p> <p>— Granit, pegmatit (1,85-1,75 miljarder år)</p> <p>— Granitoid och underordnad syenitoid (ca 1,91-1,87 miljarder år), metamorfa</p> <p>— Granit, granodiorit, syenitoid, kvartsmonzodiorit och metamorfa ekvivalenter (ca 1,87-1,84 miljarder år)</p> | <p>— Basalt, andesit och underordnad dacit (ca 1,91-1,88 miljarder år), metamorfa</p> <p>— Gabbro, dioritoid, diabas, ultrabasisk bergart och metamorfa ekvivalenter (ca 1,91-1,87 miljarder år)</p> <p>— Sandsten, slamsten, konglomerat, vulkanisk bergart (ca 1,91-1,87 miljarder år och möjligen yngre), metamorfa</p> <p>— Kalksten, dolomit (ca 1,91-1,88 miljarder år), metamorfa</p> |
|---|---|--|

Figur 1. Karta över de karteringsprofiler som undersöks inom projektet med SGU:s karttjänst Berggrund 1:1 miljon som bakgrund. Projektområdet representeras av vit polygon. Vägar, järnvägar, tätorter och sjöar enligt Lantmäteriets Sverigekartan 1:1 miljon. Koordinater i SWEREF99tm.

Flyggeofysiska data från 2016 samlades in med en flygriktning på 310/130 grader, linjeseparation på 200 m och en nominell flyghöjd på 60 meter. Flygriktningen är anpassad efter den huvudsakliga strukturriktningen i området. Dessa data används som underlag vid den regionala tolkningen.

Inom projektområdet finns också historiska geofysiska data som har kommit SGU tillhanda genom inrapportering till Bergsstaten från prospekteringsbolag och vars sekretess har löpt ut. Ytterligare geofysiska data finns också från Sveriges Geologiska AB (SGAB) i SGU:s arkiv. Figur 2 visar områden med förekomst av denna typ av geofysiska data.

Blötbergsfältet var en av sex undersökningslokaler inom det EU-finansierade *Horizon 2020*-projektet *Smart Exploration*. Geofysiska data som samlats in inkluderar seismiska profiler (Bräunig m.fl. 2019, Markovic m.fl. 2019, Malehmir m.fl. 2021, Hloušek m.fl. 2021), borrhålsloggning (Maries m.fl. 2017) och helikopterburen TEM-mätning. SGU har deltagit i projektet och utvecklat ett kombinerat magnetisk- och elektromagnetiskt mätsystem som bärs av drönare (Malehmir m.fl. 2020). I Grängesberg har förkastningar samt andra strukturer och formationer kartlagts med hög detaljrikedom på djupet med hjälp av reflektionsseismik (Place m.fl. 2015).

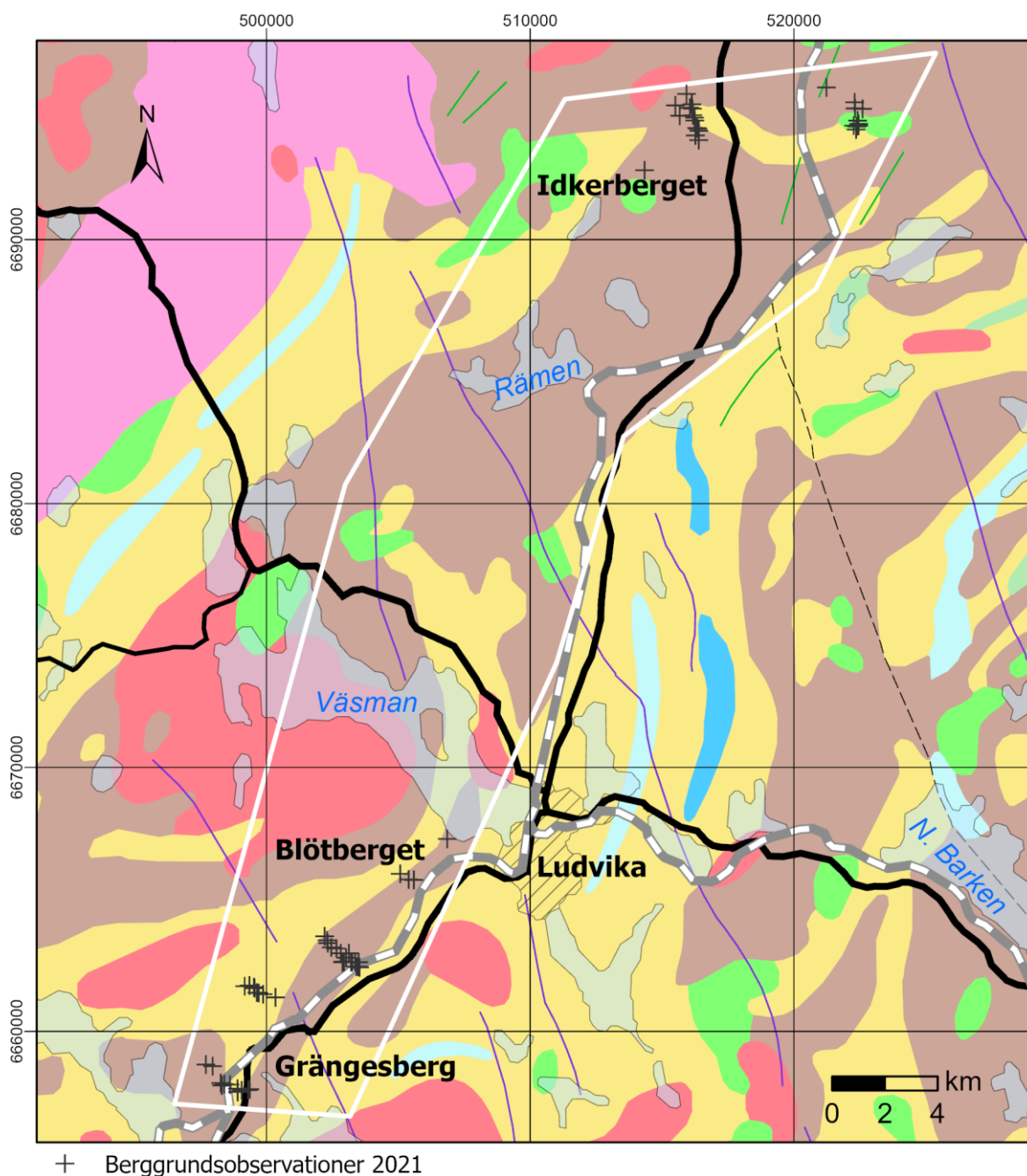


Figur 2. Karta över geofysiska data insamlade i prospekterings- eller forskningssyfte. Röd polygon visar projektområdets avgränsning.

ÅRETS ARBETEN

Berggrundskartering

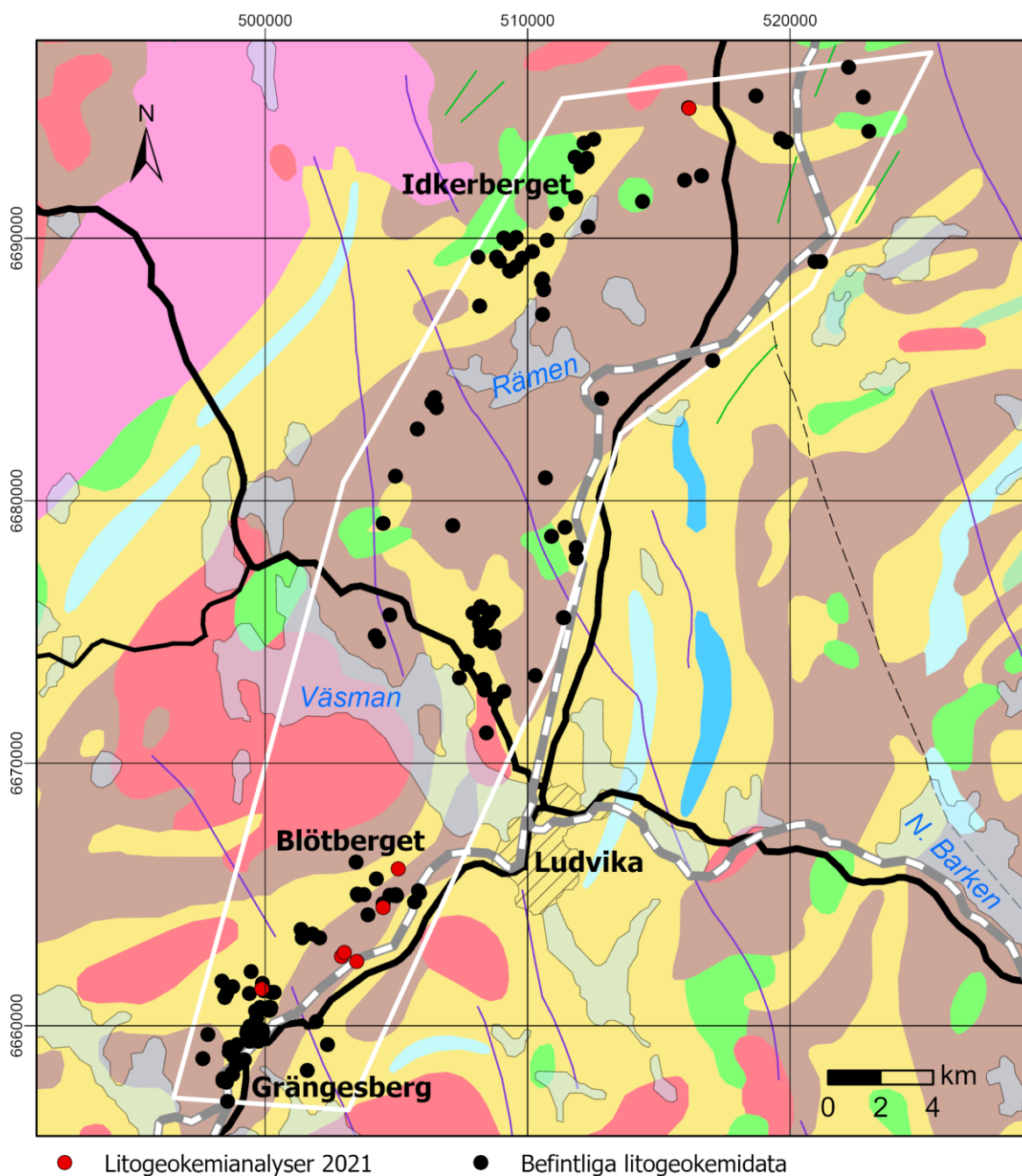
Årets fältinsats bestod av 15 dagars kartering med start i början av maj 2021. Samtliga av de i förväg planerade karteringsprofilerna (fig. 1) besöktes i rekognoseringsyfte, varefter observationer färdigställdes i varierande grad. Totalt dokumenterades de geologiska förutsättningarna vid 66 observationspunkter (fig. 3). Därutöver karterades i oktober 2021 vid SGU:s borrhälsarkiv i Malå tre stycken borrhälsar från Blötberget. All kartering utfördes av Alexander Lewerentz, samtliga observationer är inlagrade i SGU:s hälldatabas och tillgängliga via dataprodukten Berggrundsobservationer.



Figur 3. Karta över de berggrundsobservationer som gjorts under 2021. Övrigt innehåll enligt figur 1.

Litogeokemi

Inledande provtagning resulterade i 15 insamlade prover för litogeokemiska analyser; sex stycken insamlade från håll och nio stycken från borrhärlor (fig. 4). Analysresultaten finns inlagrade i SGU:s litogeokemidatabas och tillgängliga via dataprodukten Bergartskemi. Sedan tidigare finns i databasen analysdata för över 1 000 prover insamlade inom projektområdet. Detta rör sig dock främst om historiska data och av de dryga 1 000 analyserna erbjuder cirka 200 en någorlunda heltäckande geokemisk karakterisering av proverna. Endast 60 av de tidigare analyserna är helt jämförbara med de som utförs inom detta projekt. Sammanställning och tolkning av litogeokemiska data, såväl nyinsamlade som befintliga, kommer att ske efter avslutande av 2022 års fältarbeten och rapporteras i samband med projektets avslutande.



Figur 4. Karta över de litogeokemiprover som insamlats under fältsäsongen 2021, liksom befintliga data inom projektområdet tillgängliga i SGU:s litogeokemidatabas. Övrigt innehåll enligt figur 1.

Petrofysik

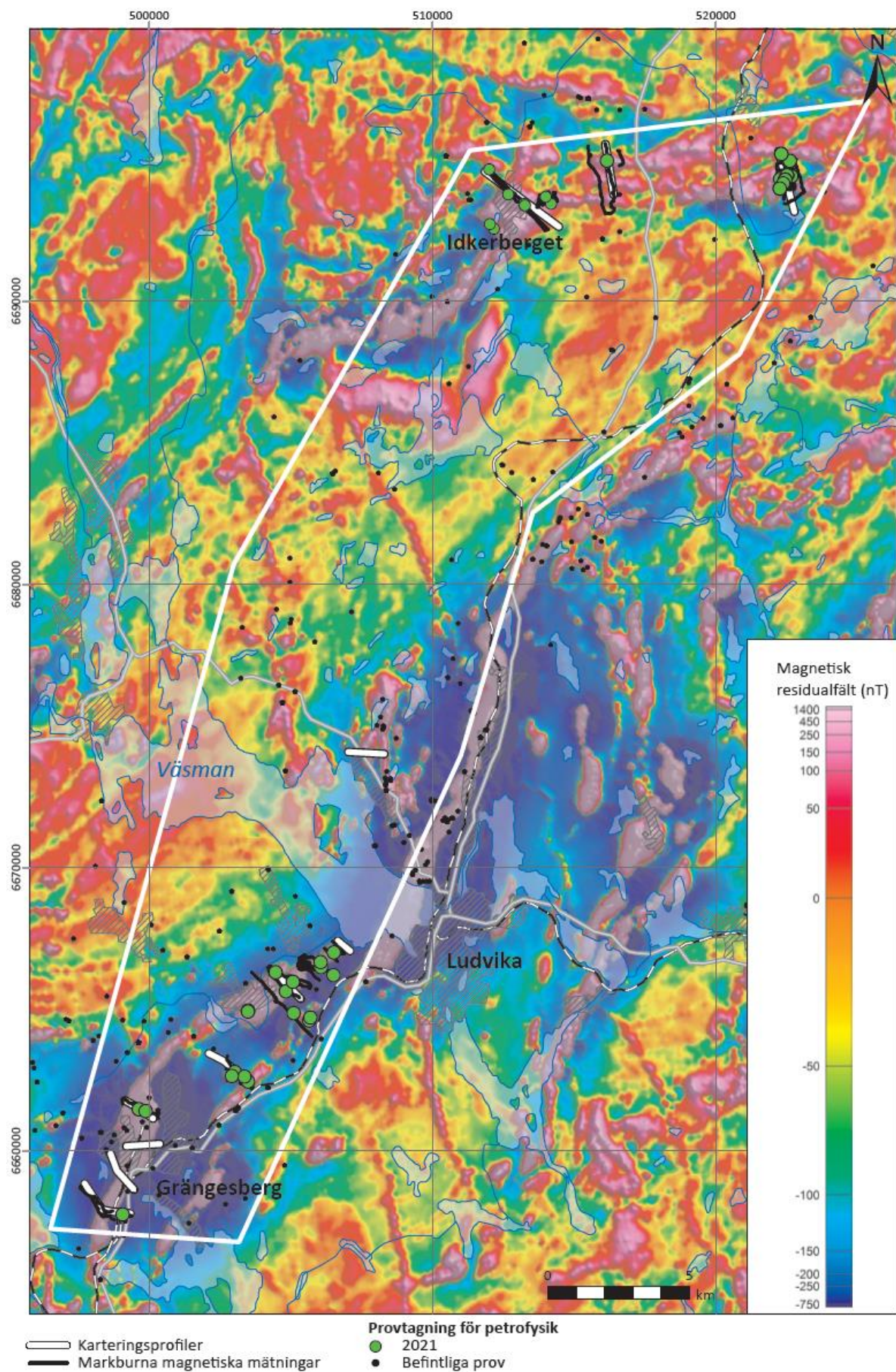
I samband med den geologiska och geofysiska karteringen samlades prov in för mätning av bergarternas petrofysiska egenskaper. Provinsamlingen har utförts av Alexander Lewerentz och Cecilia Brolin. Totalt togs nitton nya prov som adderas till de 186 befintliga petrofysikprov som finns inom projektområdet. Ytterligare 21 prov samlades in från området inom ett annat SGU-projekt av Daniel Sopher (fig. 5). Proven har analyserats med avseende på densitet och magnetiska egenskaper vid SGU:s petrofysiska laboratorium i Uppsala. Resultatet finns i SGU:s databaser och underlaget kommer att ingå i fortsatt arbete med upprättande av geofysiska och geologiska modeller.

Geofysiska mätningar i fält

De geofysiska fältmätningarna under 2021 bestod främst i markburna magnetiska mätningar längs karteringsprofilerna. Mätningarna utfördes av Cecilia Brolin. Viss anpassning och komplettering av profilernas sträckning har gjort utifrån tolkning av det magnetiska fältet från flygmätningar. Liksom för insamling av petrofysikprov har ytterligare markburna geofysiska mätningar utförts i projektområdet inom ramen för ett annat SGU-projekt. Dessa mätningar är alla utförda av Daniel Sopher. Totalt har en distans på ca 70 km täckts in med nya magnetfältsmätningar under fältsäsongen 2021. Fördelningen av profilerna visas i figur 5. För två planerade karteringsprofiler i Grängesbergs tätort har inga mätningar kunnat utföras på grund av för mycket störande infrastruktur eller inhängande områden.

Inom och i anslutning till projektområdet har nya tyngdkraftsmätningar utförts 2021. Mätningarna har utförts av Johan Jönberger, Sverker Olsson, Patrik Johansson, Mats Thörnelöf och Robert Berggren. Punkttätheten inom projektområdet har genom dessa mätningar förbättrats från 1,2 till 2,9 punkter per kvadratkilometer.

► **Figur 5.** Magnetfältskarta visad som magnetiskt residualfält. Den magnetiska residualen är uttryckt som skillnaden mellan det polreducerade totalfältet och en analytisk uppåträkning till 1 km. Lokalisering av befintliga och under 2021 insamlade petrofysiska prov och markburna magnetiska mätningar. Projektområdet representeras av vit polygon.



REFERENSER

- Andersen, T., Andersson, U.B., Graham, S., Åberg, G. & Simonsen, S.L., 2009: Granitic magmatism by melting of juvenile continental crust: new constraints on the source of Palaeoproterozoic granitoids in Fennoscandia from Hf isotopes in zircon. *Journal of the Geological Society* 166, 233–247.
- Bräunig L., Buske S., Malehmir A., Bäckström E., Schön M. & Marsden P., 2019: Seismic depth imaging of iron-oxide deposits and their host rocks in the Ludvika mining area of central Sweden. *Geophysical Prospecting* 68, 24–43.
- Claeson, D., Antal Lundin, I., Sadeghi, M., Persson, S. & Jönsson, C., 2018: Berggrundsgeologisk undersökning, Ludvika, Bergslagen etapp 1. *SGU-rapport 2018:12*, Sveriges geologiska undersökning, 66 s.
- Claeson, D., Sadeghi, M., Jönberger, J., Persson, L. & Bastani, M., 2019: Sammanfattning av pågående verksamhet 2018: berggrundsgeologisk undersökning, Ludvika, Bergslagen etapp 1. *SGU-rapport 2019:16*, Sveriges geologiska undersökning, 72 s.
- Geijer, P. & Magnusson, N.H., 1944: De mellansvenska järnmalmernas geologi. *Sveriges geologiska undersökning Ca 35*, 654 s.
- Hjelmqvist, S. & Lundqvist, G., 1952: Geologiska kartbladet Säter. *Sveriges geologiska undersökning Aa 194*.
- Hjelmqvist, S., 1966: Beskrivning till berggrundskartan Kopparbergs län. *Sveriges geologiska undersökning Ca 40*, 218 s.
- Hloušek, F., Malinowski, M., Bräunig, L., Buske, S., Malehmir, A., Markovic, M., Sito, L., Marsden, P. & Bäckström, E.: 2021, *3D reflection seismic imaging of the iron-oxide deposits in the Ludvika mining area (Sweden) using a focusing pre-stack depth migration approach*, Solid Earth Discuss. [preprint], <https://doi.org/10.5194/se-2021-101>, in review, 2021.
- Högdahl, K., Jonsson, E. & Malehmir, A., 2020: Magmatic and metamorphic ages of the host rocks to iron oxide deposits in the Grängesberg-Blötberget area, Bergslagen, Sweden. *NGF Abstracts and Proceedings 1*, 95.
- Jonsson, E., Harlov, D.E., Majka, J., Högdahl, K. & Persson-Nilsson, K., 2016: Fluorapatite-monazite-allanite relations in the Grängesberg apatite-iron oxide ore district, Bergslagen, Sweden. *American Mineralogist* 101, 1769–1782.
- Jonsson, E., Högdahl, K., Persson Nilsson, K. & Hellström, F., 2015: Apatite-iron oxide-hosted REE mineralisation at Kopslahyttan, NW Bergslagen, Sweden. *13th SGA Biennial Meeting 2015: proceedings volume 2*, 781–784.
- Jonsson, E., Troll, V.R., Högdahl, K., Harris, C., Weis, F., Nilsson, K.P. & Skelton, A., 2013: Magmatic origin of giant ‘Kiruna-type’ apatite-iron-oxide ores in Central Sweden. *Scientific Reports* 3:1644, 8 s.
- Looström, R., 1938: Lönnfallet: southernmost part of the Export Field at Grängesberg. *Sveriges geologiska undersökning C 428*, 33 s.
- Lundqvist, G. & Hjelmqvist, S., 1937: Geologiska kartbladet Smedjebacken. *Sveriges geologiska undersökning Aa 181*.
- Magnusson, N.H., 1938: Neue Untersuchungen innerhalb des Grängesbergfeldes. *Sveriges geologiska undersökning C 481*, 50 s.
- Magnusson, N.H., 1940: Ljusnarsbergs malmtrakt: berggrund och malmfyndigheter. *Sveriges geologiska undersökning Ca 30*, 188 s.
- Magnusson, N.H. & Lundqvist, G., 1932: Geologiska kartbladet Nya Kopparberget. *Sveriges geologiska undersökning Aa 175*.

- Magnusson, N.H. & Lundqvist, G., 1933: Geologiska kartbladet Grängesberg. *Sveriges geologiska undersökning Aa 177*.
- Malehmir, A., Gisselo, P., Socco, L.V., Carvalho, J., Marsden, P., Onar Verboon, A. & Loska, M., 2020. New ways of exploring the subsurface with Smart Exploration solutions. *First Break*, 38(8), p.77.
- Malehmir, A., Markovic, M., Marsden, P., Gil, A., Buske, S., Sito, L., Bäckström, E., Sadeghi, M. & Luth, S., 2021: Sparse 3D reflection seismic survey for deep-targeting iron oxide deposits and their host rocks, Ludvika Mines, Sweden, *Solid Earth* 12, 483–502.
- Maries, G., Malehmir, A., Bäckström, E., Schön, M. & Marsden P., 2017: Downhole physical property logging for iron-oxide exploration, rock quality, and mining: An example from central Sweden. *Ore Geology Reviews*, Volume 90, 1–13.
- Markovic M., Maries G., Malehmir A., von Ketelhodt J., Bäckström E., Schön M. & Marsden P., 2019: Deep reflection seismic imaging of iron-oxide deposits in the Ludvika mining area of central Sweden. *Geophysical Prospecting* 68, 7–23
- Place, J., Malehmir, A., Högdahl, K., Juhlin, C. & Person Nilsson, K., 2015: Seismic characterization of the Grängesberg iron deposit and its mining-induced structures, central Sweden. *Interpretation* 3, SY41–SY56.
- Ripa, M. & Kübler, L., 2005: Berggrundskartan 12F Ludvika NV. *Sveriges geologiska undersökning K 30*.
- Ripa, M., Sundberg, A., Wik, N.-G., Bergman, T., Claeson, D., Hallberg, A., Hellström, F., Kübler, L. & Nysten, P., 2015: Malmer, industriella mineral och bergarter i Dalarnas län. *Rapporter och meddelanden 139, del 1–3*, Sveriges geologiska undersökning, 918 s.
- Stephens, M.B., Ripa, M., Lundström, I., Persson, L., Bergman, T., Ahl, M., Wahlgren, C.-H., Persson, P.-O. & Wickström, L., 2009: Synthesis of the bedrock geology in the Bergslagen region, Fennoscandian Shield, south-central Sweden. *Sveriges geologiska undersökning Ba 58*, 259 s.
- Strömberg, A., 1988: Berggrundskartan 12F Ludvika SV med flygmagnetisk och strukturgeologisk karta. *Sveriges geologiska undersökning Af 158*.
- Strömberg, A., 1996: Berggrundskartan 12F Ludvika NO med flygmagnetisk och strukturgeologisk karta. *Sveriges geologiska undersökning Af 174*.
- Weis, F., Troll, V.R., Jonsson, E., Högdahl, K., Harris, C., Sun, W., Nilsson, K.P. & Dahrén, B., 2021: Absence of hydrothermal oxygen isotope variations in host rocks supports magmatic origin of the giant Grängesberg iron oxide–apatite (IOA) deposit, Central Sweden. *International Journal of Earth Sciences*, 13 s.
- Åberg, G. & Bjurstedt, S., 1986: Radiometric dating of the serorogenic Svecokarelian Enkullen and Fjällberg granites, south central Sweden. *Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar* 108, 73–77.