Slutredovisning av Barentsprojektet

Sammanfattning av resultat 2012-2015

Ildikó Antal Lundin

SGU
Sveriges geologiska undersökning
Geological Survey of Sweden

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Redovisning av resultaten från Barentsprojektet 1

Inledning 1

Syfte och mål 1

Genomförande 2

Geofysiska undersökningar 2

Flygburnamätningar över delar av södra Norrbotten 2

Tyngdkraftsmätningar 4

Nya moderna metoder i norra Norrbotten 4

Morängeokemiska undersökningar 7

Berggrundsgeologisk kartläggning 9

Berggrundsgeologiska undersökningar i norra Norrbotten 10

Berggrundsgeologiska undersökningar i södra Norrbotten 12

Styrgruppsmöten 15

Internationellt samarbete, deltagande i konferenser, mässor och kommunikation 15

Informationsspridning 15

Samarbete med universitet och högskolor 16

Projektet i siffror 16

Effektanalys 16

Lista över projektets publikationer 17

Tekniska rapporter 18

Kronologisk redovisning 19

Redovisning av resultaten från Barentsprojektet

INLEDNING

Efterfrågan på metaller och mineral ökar i Europa och det folkrika Asien upplever en ekonomisk tillväxt som är omöjlig att upprätthålla utan råvaror. De europeiska länderna är i stor utsträckning beroende av importerade råvaror. Tillgång till metaller och mineral är en förutsättning för välfärden och de nordiska länderna har de bästa geologiska förutsättningar i Europa att hitta nya malmer och industrimineral. Norrbottens rika mineraltillgångar var kända redan på 1600-talet.

Prospektering ställer krav på geovetenskaplig basinformation och SGU och andra statliga organisationer så som LKAB, NSG, SGAB, universitet och högskolor har genom årens lopp utökat den geovetenskapliga kunskapen om Norrbotten, först genom kartering och dokumentation av enskilda områden och fyndigheter, senare genom större karteringsprojekt i regional skala. Dock finns fortfarande stora områden som saknar moderna geovetenskapliga data.

Sveriges geologiska undersökning har fått i uppdrag av Näringsdepartementet att samla in modern geofysisk, geologisk och geokemisk information från de nordligaste länen i Sverige. För uppdraget har SGU fått 30 Mkr årligen under ett fyraårs period. Ytterligare 5 Mkr har erhållits i bidrag från LKAB. Projektet startades 2012 och avslutades 2015 och leddes av en styrgrupp bestående av Kaj Lax, Kajsa Hult, Leif Björk (2012-2013) och Nikolaos Arvanitidis (2013-) från SGU samt Pär-Olof Fjällborg och Kirsten Holme från LKAB. Projektledare har Ildikó Antal Lundin varit.

SYFTE OCH MÅL

Projektet Kartering Barents påbörjades 2012 i syfte att ta fram ny geologisk information med moderna metoder i de nordligaste delarna av Sverige. Resultaten från projektet bidrar till ökad kunskap om berggrunden, dess fysikaliska egenskaper och information om huvud och spårelement i moränen och att även i framtiden kunna hitta nya malmer och mineraler i Sverige. De övergripande målen var att stödja prospektering och gruvindustrin, det vill säga att öka Sveriges konkurrenskraft inom mineralnäringen genom att tillhandahålla modern geovetenskaplig information. Modern geovetenskaplig information bidrar till effektivare och miljövänligare resursutnyttjande på ett långsiktligt hållbart sätt.

Målen för projektet var att undersöka

1. berggrundens regionala uppbyggnad och utveckling, hydrotermala omvandlingar, mineraliseringar m.m.
2. berggrundens fysikaliska egenskaper indikerade genom olika geofysiska mätningar från luften och på marken
3. halterna av huvud- och spårelement i moränen
4. redovisa resultaten i form av databaser, kartor och beskrivningar.

Resultaten i form av geofysiska, geokemiska och geologiska data, kartdatabaser (kartor) och publikationer har gett och ger värdefulla bidrag många år framöver till:

1. prospektörer och gruvbolag för mer målinriktad resursförsörjning
2. ökad prospektering med större sannolikhet att hitta nya förekomster
3. planeringsunderlag för länsstyrelser och kommuner
4. underlag för remissvar
5. underlag för forskning och utveckling inom de naturvetenskapliga ämnena geologi, geofysik och geokemi
6. internationellt samarbete
7. samarbetsprojekt med universitet

Mätning av tyngdkraftsfältet. Vintern gör framkomligheten enklare i vissa områden. Foto: Johan Jönberger.

Genomförande

Integrerade geovetenskapliga undersökningar har genomförts i norra och södra Norrbotten. I norra Norrbotten har riktade multidisciplinära undersökningar har gjorts inom utvalda nyckelområden och nya moderna geofysiska metoder har använts vid insamling och tolkning. I södra Norrbotten har kartering i regional skala genomförts inom områden där berggrundsgeologiskt kartunderlag saknades helt. Även här har nya geofysiska data samlats in. I västra delarna av Norrbotten har morängeokemiska prov samlats in och analyserats.

GEOFYSISKA UNDERSÖKNINGAR

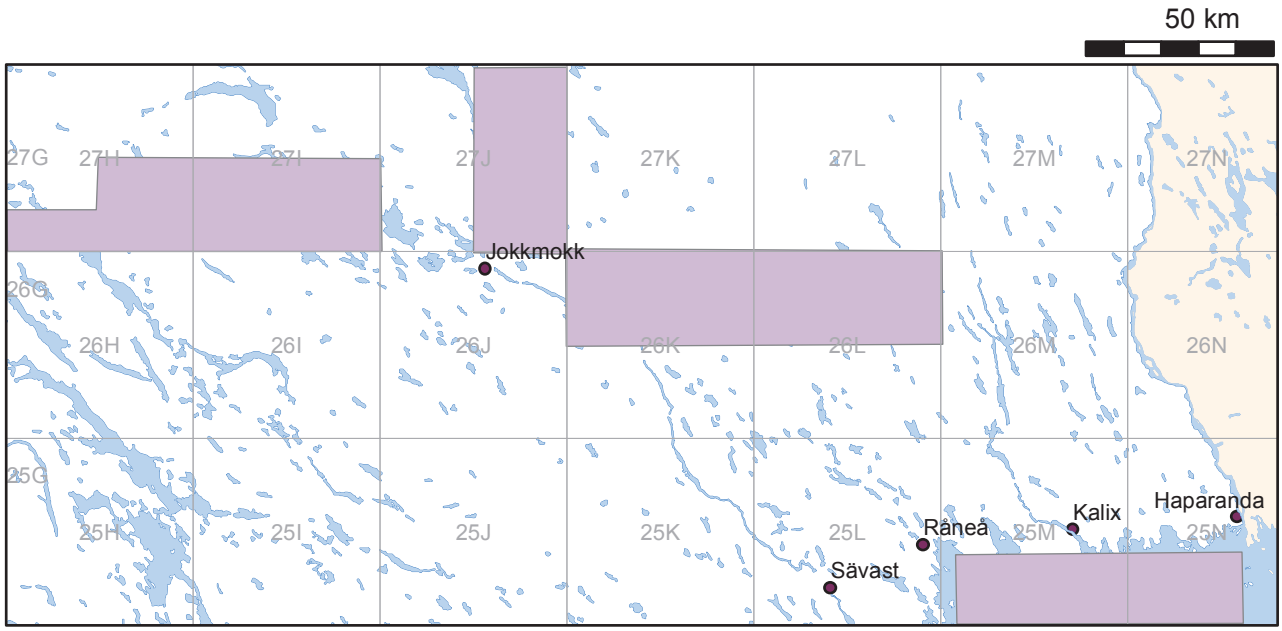
Med hjälp av olika geofysiska undersökningsmetoder karterar man markens och berggrundens fysikaliska egenskaper och kan indirekt ”se” ner på djupet. Informationen är av stor betydelse för förståelsen av berggrundens uppbyggnad, prospektering och för att skapa 3D-modeller av berggrunden. Vid mätningar från flygplan eller helikopter registrerar man jordens magnetfält, elektromagnetiska fältet och den naturliga gammastrålningen. Tyngdkraftmätningar, som huvudsakligen utförs på marken ger information om massfördelningen i jordskorpan. Även tyngdkraftsfältet kan mätas från flygplan, i detta fall som full tensor gradiometri. Reflexionsseismik används exempelvis för att se bergartskontakter på djupet. En sammanfattning av de utförda geofysiska mätningarna finns i tabell 1.

Flygburnamätningar över delar av södra Norrbotten

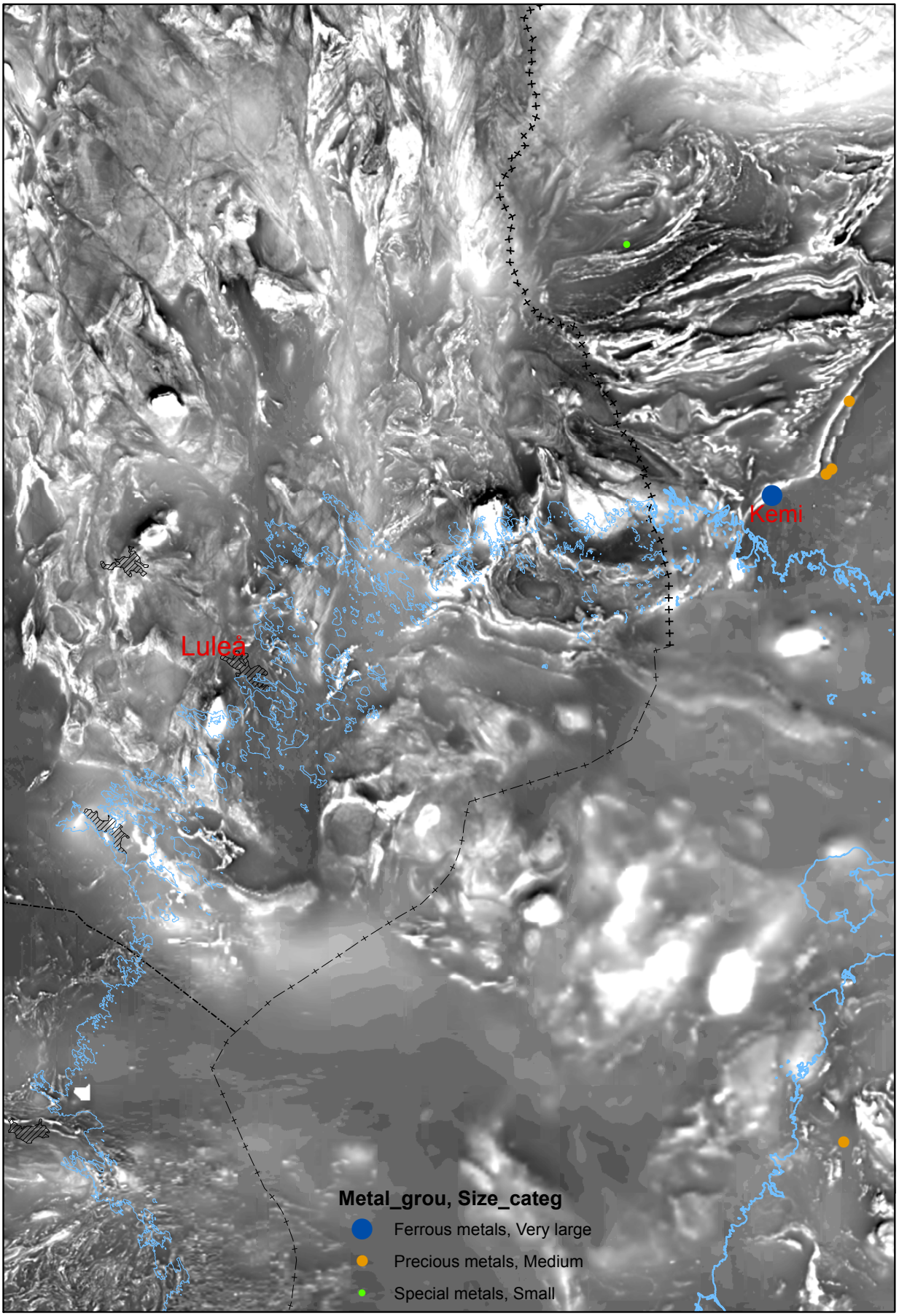
Sammanlagt 32 255 linjekilometer flögs under sommaren 2012 och området är nu täckt med modern magnetisk, elektromagnetisk (VLF-metoden) och gammastrålningsinformation. Mätningarna gjordes med 200 meters linjeavstånd och från 60 meters höjd. Mätområdet kan ses i figur 1. 2013 utfördes även mätning av magnetfältet över de nordligaste delarna av Bottenviken för att få en helhetsbild över berggrundens strukturer mellan Finland och Sverige (fig. 2). Kromgruvan i finska Kemi till exempel ligger på en magnetisk anomali vars fortsättning kan möjligen ses in till Sverige.

Tabell 1. Geofysiska mätningar

Utförare och mätmetod	Linjekilometer	Mätpunkter
SGUs mätning från flygplan (magnetfält, elektromagnetiska fält med VLF- metoden, radiometri)	32 255	
Geotech Ltd mätning från helikopter (transient elektromagnetiska fält med VTEM- metoden, magnetfält)	4531	
Bell Geospace, mätning från flygplan (full tensor gradiometri, magnetfält)	4531	
SGU, tyngdkraft, mätning på marken		2489
SGU i samarbete med Uppsala universitet, reflexionseismik	74	
SGU i samarbete med Uppsala universitet, magnetotellurisk mätning	90	



Figur 1. Områden som flygmättes under 2012 och 2013 visas som lila ytor, totalt 32 255 linjekilometer.



Figur 2. Magnetiskt totalfält över norra delen av Bottenviken. Ljusa områden är högmagnetiska och mörka lågmagnetiska. Berggrundens strukturer framgår tydligt i bilden. Kromfyndigheten i Kemi på den finska sidan ligger på en högmagnetisk anomali som liknar de i Sverige.

Tyngdkraftsmätningar

Tyngdkraftsmätningar, även kallat gravimetri, på marken gjordes både under vårvintern och under sommaren 2012 i syfte att förtäta och öka kvalitén i befintlig information. Antalet mätpunkter ökades med 1245. Ytterligare mätningar gjordes 2015 inom södra Norrbotten och antalet mätpunker utökades med 1244. Genom att förtäta den befintliga informationen höjer man upplösningen i tyngdkraftsfältet som i sin tur används för avgränsning av bergartsenheter och 3D -modellering av berggrunden.

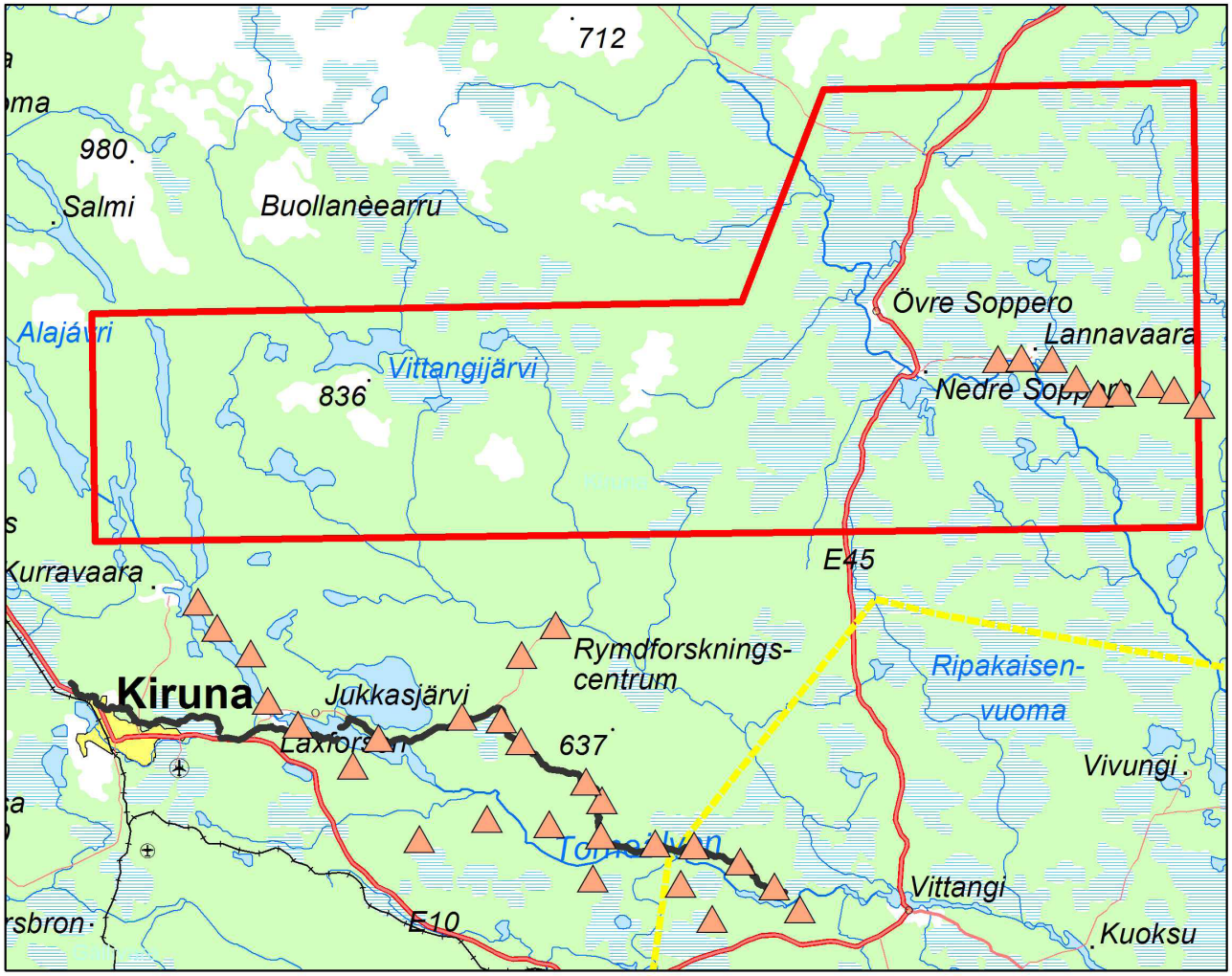
Nya moderna metoder i norra Norrbotten

Flygburna elektromagnetiska (VTEM) och gravimetriska (full tensor gradiometri) mätningar utfördes 2013 norr om Kiruna över en yta på 2088 km^2 och 4531 linjekilometer flögs. Mätningarna gjordes med 500 meters linjeavstånd och det geografiska läget för mätområdet framgår i av figur 3. Förutom mätresultaten levererades två tekniska rapporter som finns att hämta från SGUs hemsida. De elektromagnetiska mätningarna utfördes av Geotech Ltd och tyngdkraftsmätningarna av Bell Geospace Ltd.

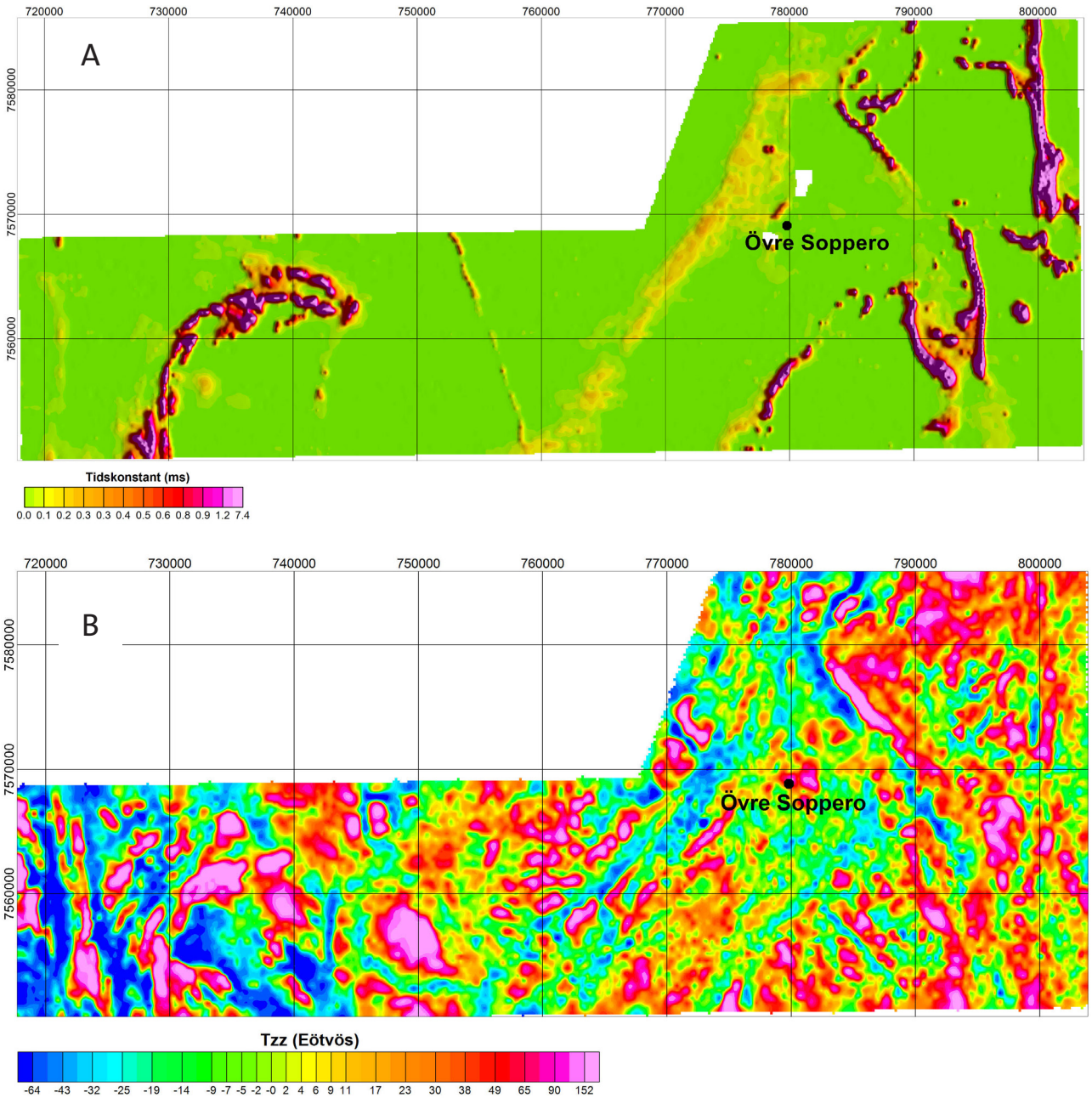
De elektromagnetiska mätningarna från helikopter ger värdefull information över elektriska ledare i marken som till exempel bergartsled med grafit och sulfidinnehåll, mineraliseringar och eventuella malmförekomster(fig. 4A). Tyngdkraftsmätningarna (fig. 4B), förutom fördelningen av bergarter med olika densitet kan i kombination med andra geofysiska och geologiska metoder ge information över mineraliseringar och malmer eftersom dessa oftast har högre densitet än omgivande bergarter.

En ca 75 km lång reflexionsseismisk profil gjordes mellan Kiruna och Vittangi i syfte att kunna se strukturer djupare ner i berggrunden. Fokus var på de översta fem kilometrarna men information samlades in även från större djup.

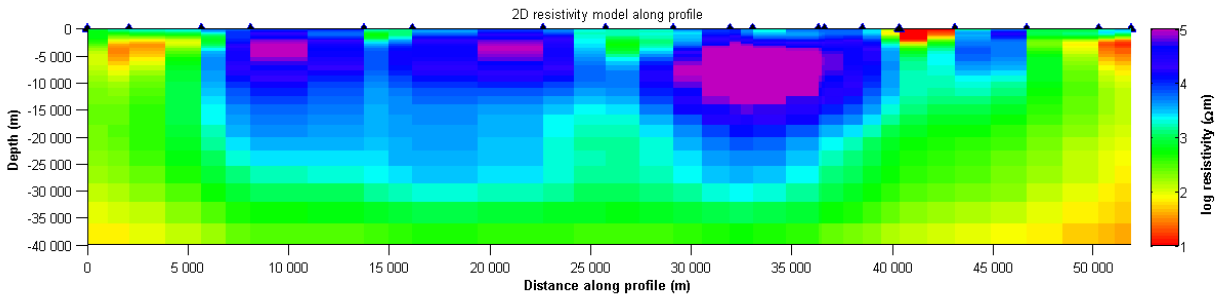
2014 utfördes magnetotelluriska (MT) mätningar längs samma sträcka samt i Lannavaara området. Metodiken ger information om markens resistivitet på djupet (fig 5). De seismiska och magnetotelluriska mätningarna gör det möjligt att tolka berggrunden ner till flera kilometers djup. Resultaten av de seismiska och magnetotelluriska undersökningarna är redovisade i två rapporter (se publikationslistan i slutet av denna rapport) och kan laddas ner från SGUs hemsida.



Figur 3. Det flyggeofysiska mätområdet visas med röd polygon, den seismiska profilens utbredning med svart färg och de magnetotelluriska mätstationerna visas som bruna trianglar



Figur 4. A) Resultat från elektromagnetiska (VTEM) mätningar. Hög tidskonstant indikerar god elektrisk ledare (låg resistivitet). B) Tyngdkraftsfältets vertikalgradient, ett resultat frånmätmetoden full tensor gradiometri. Röda färger visar fördelningen av bergarter med hög densitet. Basiska bergarter eller bergartsled som innehåller mineraliseringar har hög densitet. Det geografiska läget framgår i figur 3.



Figur 5. Resistivitetsmodell från magnetotelluriska (MT) mätningar som visar markens resistivitet ner till ca 35 kms djup. Elektriska ledare som t.ex. mineraliserade bergartsled har låg resistivitet (röda-gula färgnyanser).

Förberedelse inför mätning av det elektromagnetiska fältet från helikopter. Foto: Carl-Axel Triumf.

En hydraulisk slaghammare monterad på en traktor som användes vid de seismiska mätningarna. Foto: Karin Berglund.

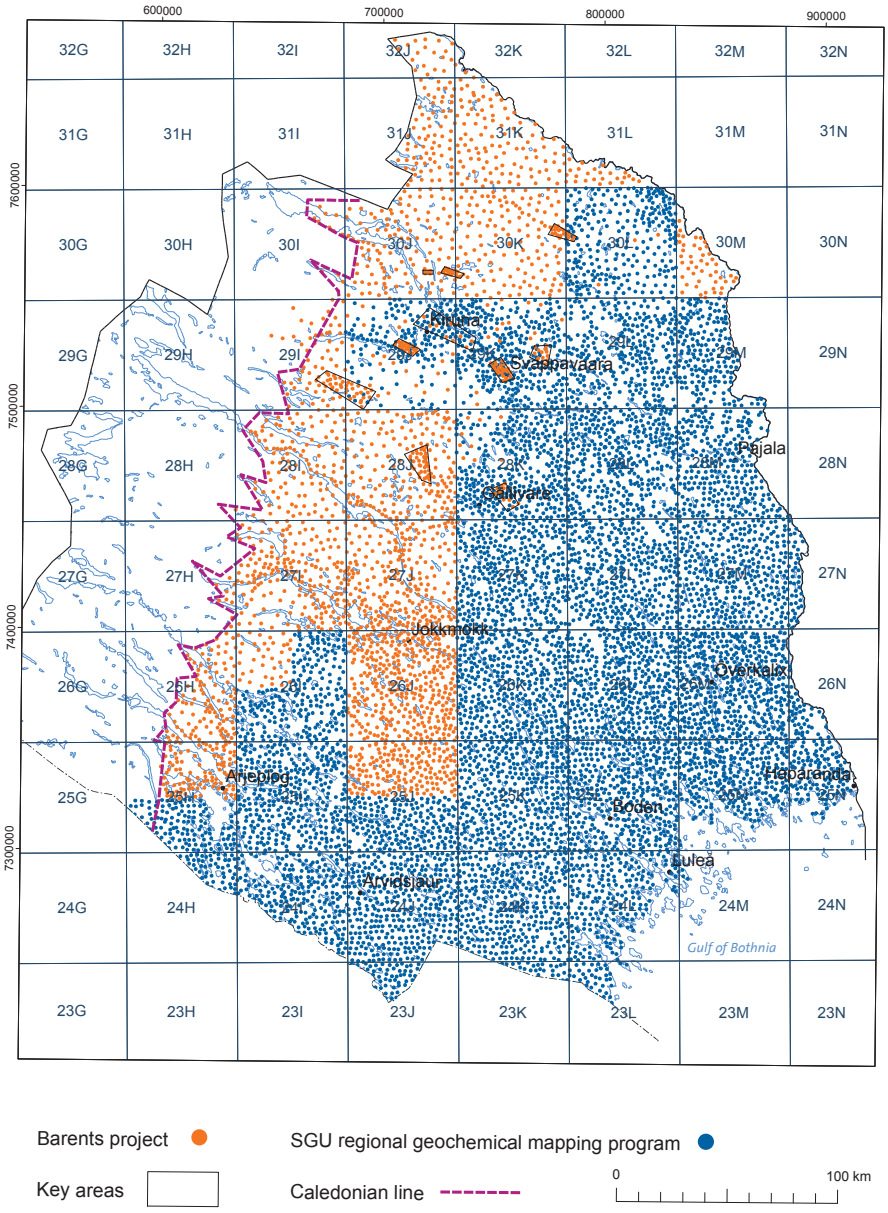
MORÄNGEOKEMISKA UNDERSÖKNINGAR

Stora delar av den svenska berggrunden är täckt med glaciala avlagringar vars sammansättning väl återspeglar den underliggande berggrundens. Fördelningen av huvud- och spårelement i moränen kan ge indikationer till prospektörer vilka områden som kan vara intressanta för vidare undersökningar.

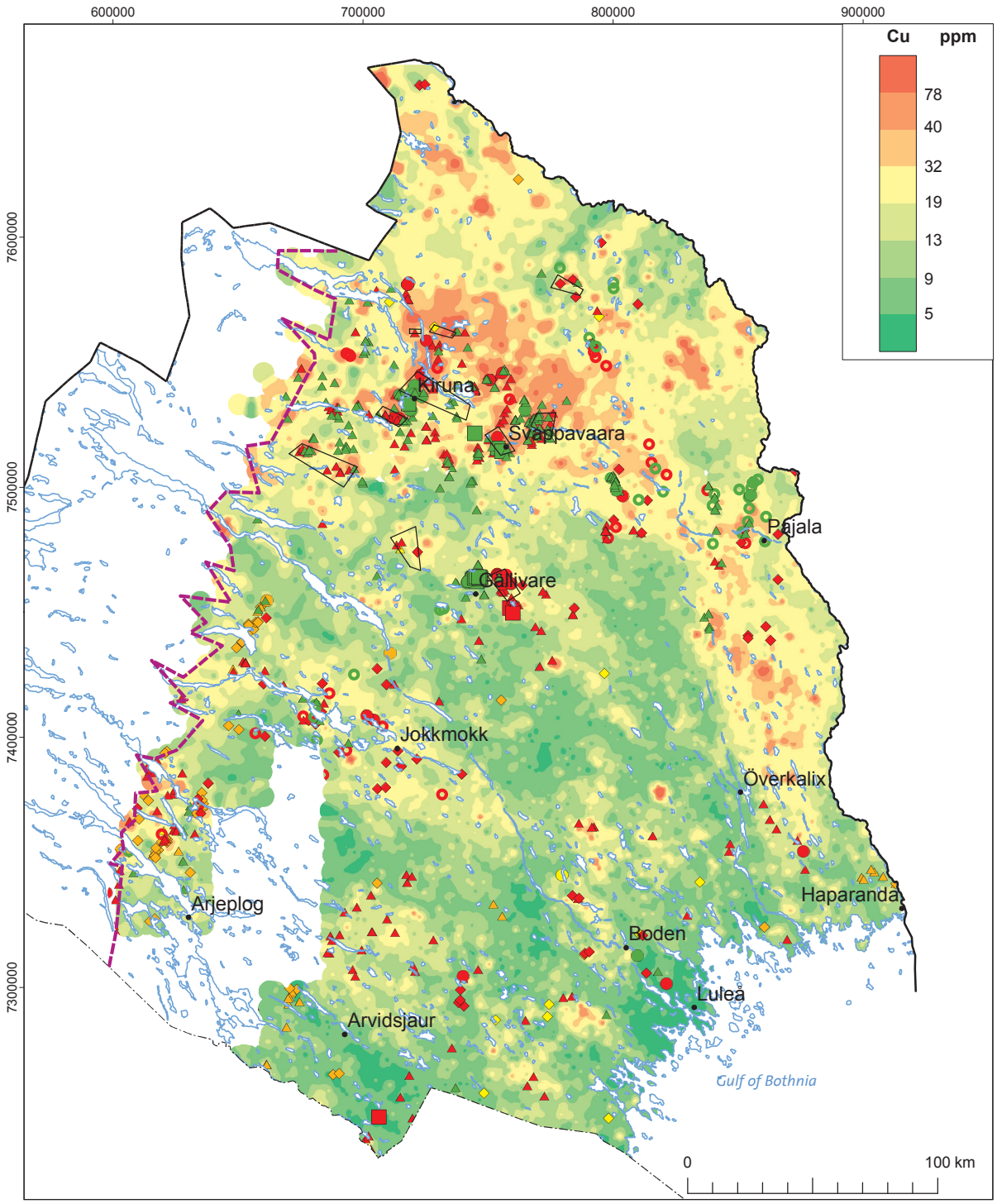
Morängeokemisk provtagning gjordes under åren 2012 och 2013 huvudsakligen i västra delarna av Norrbotten där information saknades helt (fig. 6) Analysresultaten av huvud och spårelement från 2400 prov finns nu lagrade i SGUs databaser.

I figur 7 visas fördelningen av kopparhalten i moränen. Tydligt högre halter kan ses till exempel i norra Norrbotten där de allra flesta kända mineraliseringarna finns.

Geokemisk provtagning utförs bl.a. med spade. Foto: Harry Eriksson



Figur 6. Gula punkter visar moränprovernas läge tagna inom Barentsprojektet. Blå punkter visar läget för befintliga analyser före Barentsprojektet.



Key areas

Caledonian line

- Iron mine, in operation
- Iron mine, abandoned
- Iron mineralization, trial pit or prospect
- Iron mineralization known from drilling
- Precious metal mine, in operation
- Precious metal mine, abandoned
- Precious metal, trial pit or prospect
- Precious metal mineralization
- Sulphide ore mine, in operation
- Sulphide ore mine, abandoned
- Sulphide mineralization, trial pit or prospect
- Sulphide mineralization
- Sulphide mineralization known from drilling
- Other metal oxide mine, in operation
- Other metal oxide mine, abandoned
- Other metal oxide, trial pit or prospect
- Other metal oxide mineralization

Figur 7. Fördelningen av koppar i morän i Norrbotten. Röda ytor visar de undersökta nyckelområdena i norra Norrbotten.

BERGGRUNDSGEOLOGISK KARTLÄGGNING

Den omfattande berggrundsgeologiska kartläggningen startade i stor skala 2013 både i delar av norra Norrbotten och i södra Norrbotten där modern berggrundsgeologisk information saknas nästan helt. Integrerade berggrundsgeologiska, geofysiska och geokemiska undersökningar utfördes. Datainsamling, analyser och kunskapsutveckling för bättre förståelse av berggrundens uppbyggnad och utveckling är avgörande för gruv- och prospekteringsbolag att hitta nya fyndigheter. Undersökningarna i norra Norrbotten var inriktade på integrerade geovetenskapliga specialstudier inom utvalda nyckelområden medan det i södra Norrbotten utfördes regionalkartering inom områden där information saknades helt. Undersökningarna och kartläggningen har resulterat i en stor mängd nya geovetenskapliga data och beskrivningar i form av rapporter. En sammanställning av resultat visas i tabell 2.

Tabell 2. Resultat av de berggrundsgeologiska undersökningarna i siffror.

	Hällobservationer	Litogeokemiska analyser	Tunnslip	Petrofysikobservationer	Kartdatabaser	Rapporter*	Åldersbestämningar av bergarter **	Isotopkemiska analyser (Sm-Nd)	Moränge-okemiska analyser
Nyckelområden, norra Norrbotten	1298	692	692	152		23	32	36	
Regionalkartering, södra Norrbotten	3812	626	545	1506	12800 km²	13	20	13	
Hela Norrbotten, moränkemi									2400
Total produktion	**5110**	**1318**	**1273**	**1658**	**12800 km²**	**36**	**52**	**49**	**2400**

* Tillsammans med 2 konsultrapporterna = 38.
** Ytterligare 16 åldersbestämningar gjordes i norra Norrbotten i ett samarbetsprojekt mellan GTK och SGU

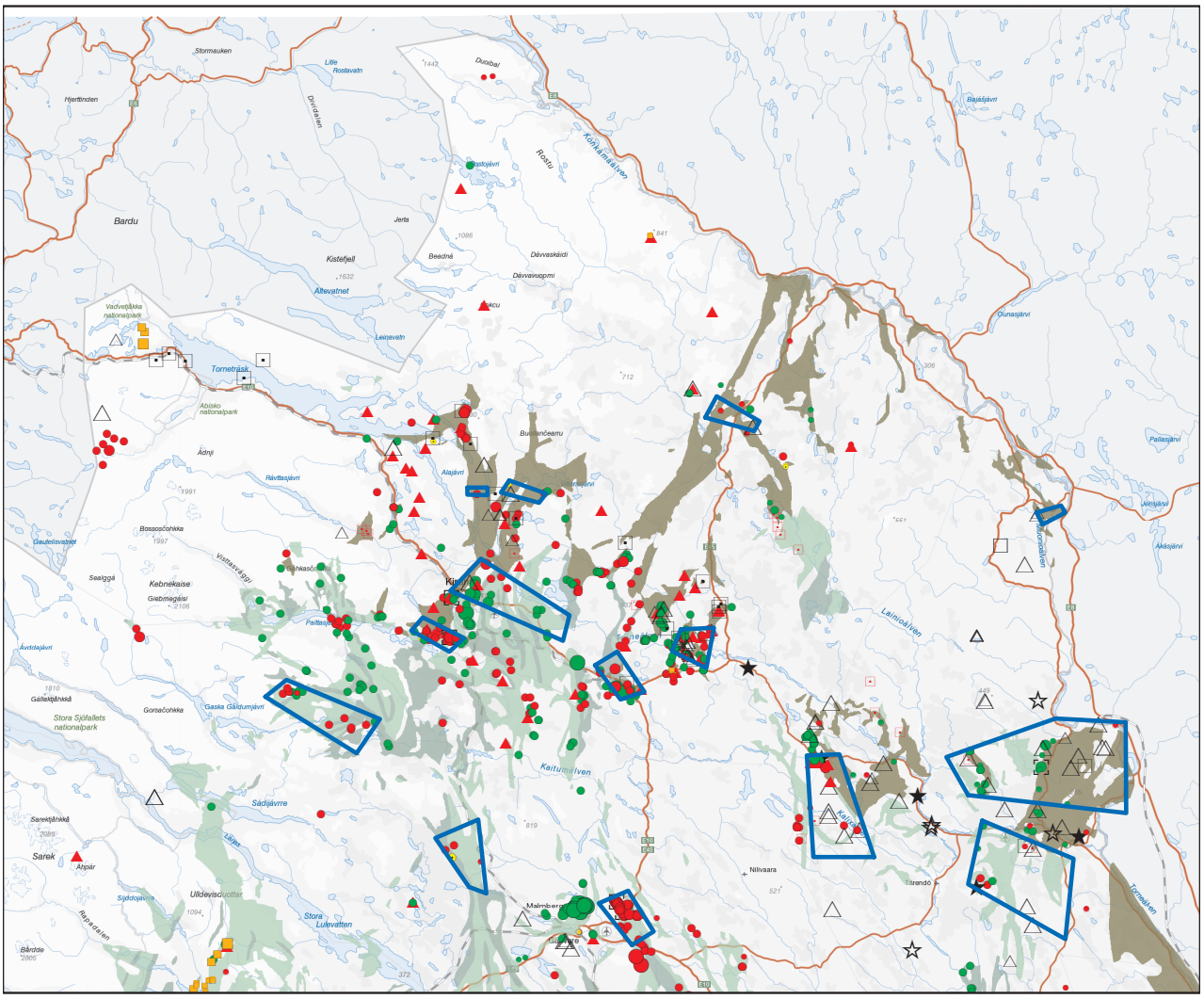
Karterande berggrundsgeolog på Gáldesbuovdda (Galtisbuouda), sydvästra Norrbotten. Foto: Benno Kathol

Berggrundsgeologiska undersökningar i norra Norrbotten

Norra Norrbotten är ett av Europas viktigaste malmpotentiella områden med järnmalmfyndigheter av världsklass, som den i Kiruna men också flera andra järnmalmsfyndigheter som i Malmberget samt kopparmalmen i Aitikgruvan. Förutom de kända ekonomiska fyndigheterna finns även bl.a. ett stort antal (över 500 dokumenterade) järn-, koppar-, guld- och grafitfyndigheter samt andra mineraliseringar.

Målet med undersökningarna i norra Norrbotten var att få en bättre och djupare kännedom av ytbergarternas stratigrafi, strukturella uppbyggnad, hydrotermala omvandlingar, litogeokemiska och fysikaliska egenskaper och att kunna göra regionalgeologiska korrelationer i framtiden.

I detta syfte har 14 så kallade nyckelområden (fig.8) undersökts. Det är välkänt att mer än 60 % av de kända malmerna och mineraliseringarna i Norr- och Västerbotten har vulkaniska och sedimentära bergarter som värdbergart, därför har fokus varit på undersökningar av dessa. De valda nyckelområdena täcker tillsammans den mest kompletta stratigrafin i ytbergarter inom åldersintervallet 2.5 till 1.8 miljarder år.



Nyckelområden
Ytbergarter 2,5-1,96 miljarder år
Ytbergarter, 1,88-1,86 miljarder år
Ytbergarter, 1,96-1,88 miljarder år

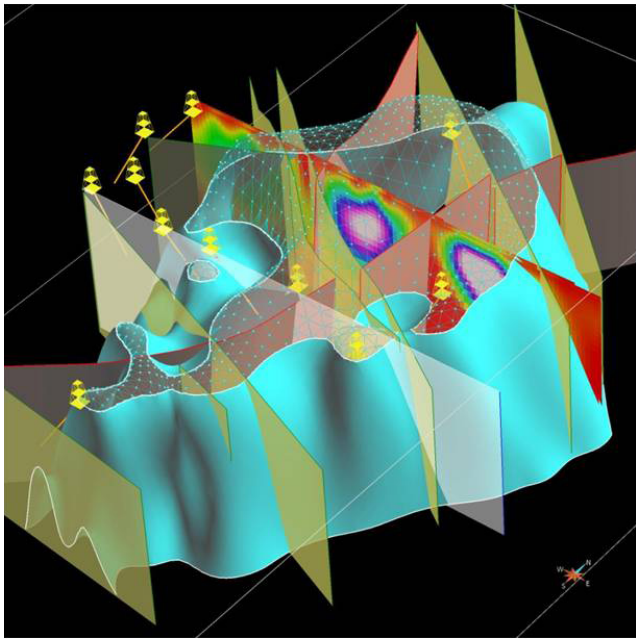
Järnmalmsgruva, i drift
Järnmalmsgruva, nedlagd
Järnskärpning eller uppslag
Järnmineralisering
Sulfidmalmsgruva, i drift
Sulfidmalmsgruva, nedlagd
Sulfidskärpning eller uppslag
Sulfidmineralisering
Sulfidmineraliserng, känd genom kärnborrning
Gruva, på annan metalloxid, nedlagd
Annan metalloxidskärpning eller uppslag

Mineralisering på annan metalloxid
Ädelmetallskärpning eller uppslag
Ädelmetallmineralisering
Industrimineral, täkt i drift
Industrimineral, nedlagd täkt
Industrimineral, mineralisering
Industrimineral, skärpning
Blocksten, nedlagd täkt
Krossberg, nedlagd täkt
Krossberg, täkt i drift
Stenbrott, nedlagt

Figur 8. De undersökta nyckelområdena visas som blåa polygoner. Befintliga mineraliseringar och malmer från SGUs databas visas som punktsymboler i olika färger. Ytorna i olika gröna nyanser visar utbredningen av ytbergarterna som bildats i ålderspannet 1.86–2.5 miljarder år.

Hällobservationer, litogeokemiska analysresultat, bestämningar av bergets ålder, mikroskopanalys, petrofysiska analyser samt geofysiska markprofiler har utförts och resultaten har kontinuerligt lagts in i SGUs databaser (tabell 2). För att belysa ytbergarternas strukturella förhållanden har tredimesionella modeller skapats genom integrerad tolkning av geologisk och geofysisk information (fig. 9). Bl.a. studerades ytbergarternas olika veckfaser som visar att bergarterna i väst har genomgått färre veckfaser än de öst. De nya åldersdateringarna visar bl.a. att de processer som styr mineraliseringarna är tidsmässigt nära besläktade med de stora magmatiska, metamorfa och deformationshändelserna i området.

Resultaten av undersökningarna har avrapporterats varje år och de insamlade informationslagen redovisas i tabell 1 och 2 i slutet av denna rapport. 23 rapporter som sammanfattar all tillgänglig geologisk och geofysisk information över de utvalda nyckelområdena och de uppnådda resultaten av undersökningarna i norra Norrbotten finns nu att ladda ner från SGUs hemsida.



Figur 9. 3D-modell av domstrukturen i Liviövaare modellerad av Stefan Luth. Koppar, guld och grafitmineraliseringar finns i området som har varit föremål för prospektering tidigare.

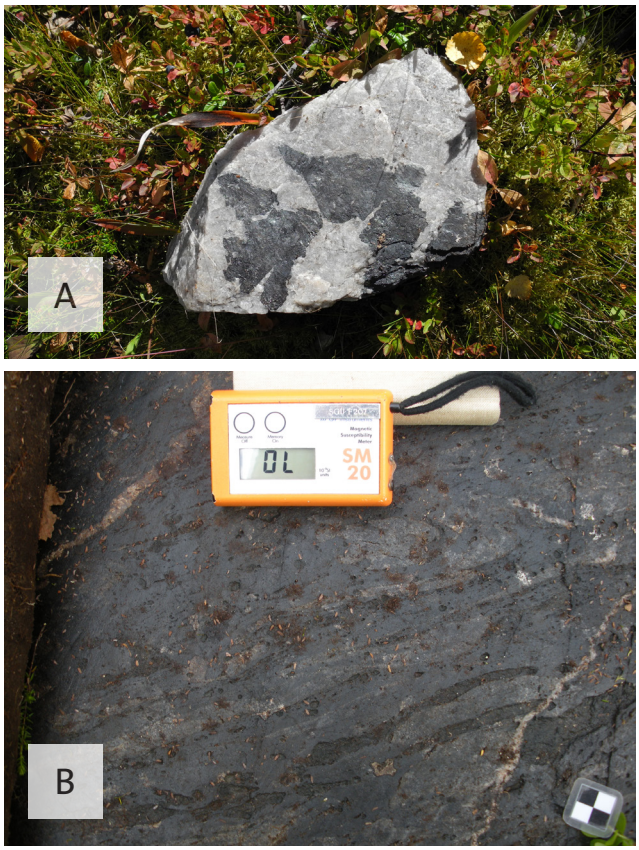
Några exempel av olika fyndigheter från norra Norrbotten. A) Grafitmineralisering i Nunasvaara i närheten av Vittangi. Foto: Edward Lynch. Grafit som har hög potential i den framtida industrin är identifierad som ”kritiskt mineral” av europeiska kommissionen. B) Nerlagd koppargruva i Nautanen. Foto: Ildikó Antal Lundin. C) Dolomitbrott i Masugnsbyn. Foto: Fredrik Hellström. D) Magnetitmineralisering från Masugnsbyn. Foto: Fredrik Hellström.

Flygfoto över Kiruna. LKABs huvudkontor i mitten av bilden. Dagbrottet Kirunavaara till vänster i bild. De små dagbrotten höger i bild visar Lussavaara och Rektorn. Viscaria koppargruva finns bakom vindkraftsanläggningen i övre centrala delen av fotot. Foto: Fredric Alm, LKAB

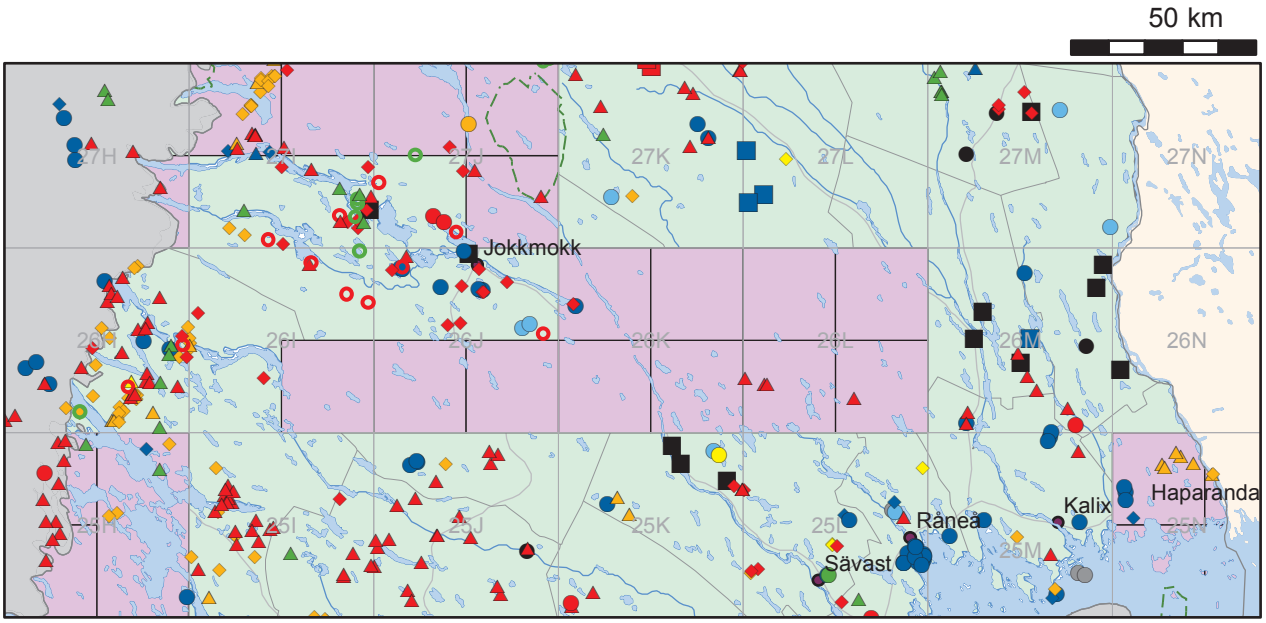
Berggrundsgeologiska undersökningar i södra Norrbotten

I södra Norrbotten, Sveriges fjärde område med hög malmpotential har regional kartering anpassad till en skala av 1: 250 000 utförts över kartområdena 25H Arjeplog, 25N Haparanda, 26I Luvos SO, 26J Jokkmokk SO och SV, 26K Murjek, 26L Pålkem, 27H Kvikkjokk SO, 27I Tjåmotis NO och NV och 27J Porjus NO, NV och SO (fig.10). Syftet med kartläggningen var att få fram en sammanhängande geologisk karta över södra Norrbotten där denna typ av information helt saknas. Karteringen utfördes mellan åren 2013 och 2015 och den sammanlagda karterade ytan är på ca 12800 km^2. Sedan tidigare, från början av 2000 talet och parallellt med Barentsprojektet har SGU karterat ca 27500 km^2 i en mer detaljerad skala 1:50 000. Resultaten från karteringarna ger en helt ny, heltäckande berggrundsgeologisk karta över södra Norrbottens berggrund (fig. 11 a-b). Informationen är lagrade i SGUs berggrundsgeologiska databas.

Förutom den berggrundsgeologiska kartdatabasen har hällobservationer, litogeokemiska analysresultat, mikroskopanalyser, bestämningar av bergets ålder och resultat från bergarternas petrofysika analyser levererats kontinuerligt till SGUs databaser (tabell 2). Avrapportering av delresultat från karteringen har gjorts i årliga rapporter (se publikationslista). Sammanlagt 12 rapporter publicerats över södra Norrbotten och de finns att ladda ner från SGUs hemsida.

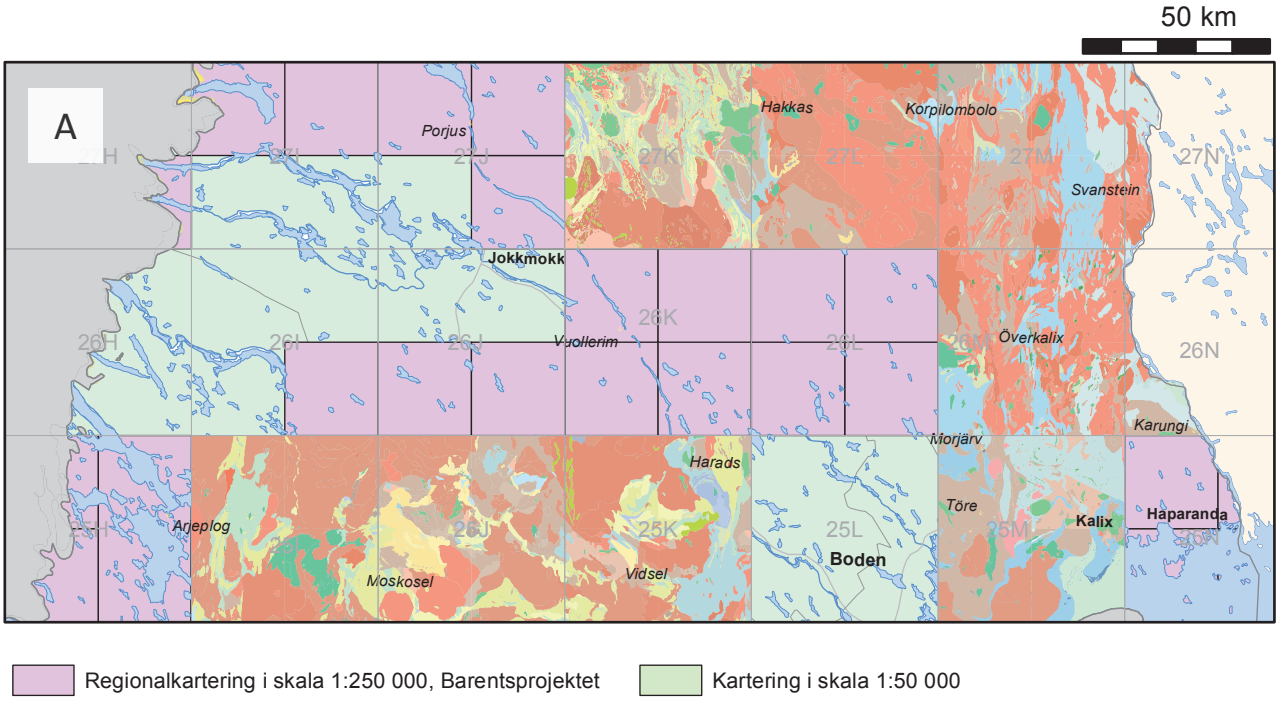


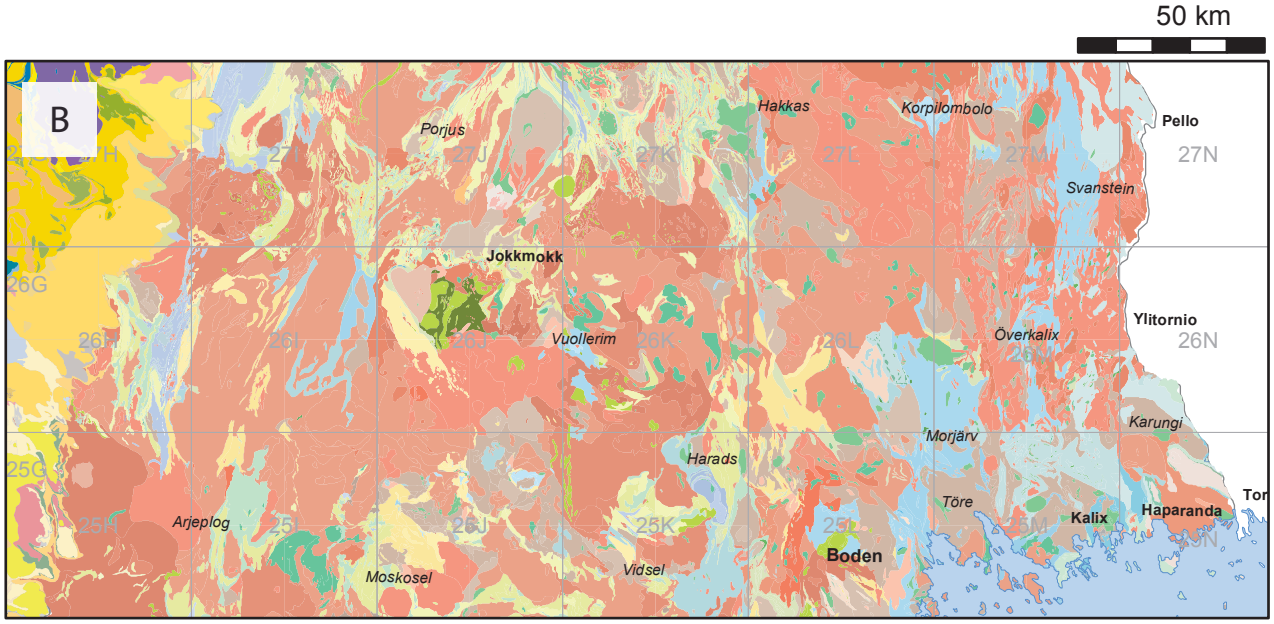
Fyndigheter från södra Norrbotten. A) Mangan-järnoxiden bixbyit i kvarts från en pegmatit, Sörhårås östsida (Ultevismineraliseringen). Foto: Per Nysten. B) Häll i magnetit, järnoxidmineraliseringen i Kallak. Foto: Dick Claeson.



- Järnmalmsgruva, nedlagd
- Järnskärpning eller uppslag
- Järnmineralisering känd genom borrning
- Sulfidmalmsgruva, i drift
- Sulfidmalmsgruva, nedlagd
- Sulfidskärpning eller uppslag
- Sulfidmineralisering
- Sulfidmineraliserng, känd genom borrning
- Gruva, på annan metalloxid, nedlagd
- Annan metalloxidskärpning eller uppslag
- Mineralisering på annan metalloxid
- Ädelmetallgruva, nedlagd
- Ädelmetallskärpning eller uppslag
- Ädelmetallmineralisering
- Industrimineral, täkt i drift
- Industrimineral, nedlagd täkt
- Industrimineral, skärpning
- Industrimineral, mineralisering
- Blocksten, nedlagd täkt
- Krossberg, täkt i drift
- Krossberg, nedlagd täkt
- Stenbrott ospec., nedlagt
- Regionalkartering

Figur 10. Områden som karterades i skala 1:250 000 inom Barentsprojektet visas i lila färg. Punktsymbolerna visar kända malmer, mineraliseringar och bergtäkter i södra Norrbotten





Figur 11. Från SGUs bergrundsgeologiska kartdatabas, södra Norrbotten. a) före 2016 b) efter 2016. Gula, ljusgröna och blåa nyanser visar utbredningen av vulkaniska och sedimentära bergarter medan röda och bruna nyanser visar utbredningen av intrusiva bergarter.

STYRGRUPPSMÖTEN

Sammanlagd har tio stycken styrgruppsmöten hållits varav fyra med LKAB.

INTERNATIONELLT SAMARBETE, DELTAGANDE I KONFERENSER, MÄSSOR OCH KOMMUNIKATION

Två informationsmöten om projektet hölls under hösten 2012 på GTK respektive NGU.

Tre samarbetsmöten under fyra dagar har hållits mellan SGU, GTK och NGU. Medarbetare från SGU, GTK och NGU har regelbundet träffats för att utbyta erfarenheter under projektets gång. Ett första samarbetsmöte ägde rum våren 2013 vid GTK i Rovaniemi. På hösten 2013 samordnades ett två dagars möte vid SGU i Uppsala där de pågående projekten i de tre ländernas nordligaste delar presenterades och riktlinjer för eventuella samarbetsprojekt diskuterades. Gemensamma projektförslag har tagits fram. Mötena följdes upp i juni 2014 vid NGU i Tromsö, Norge.

Två samarbetsexkursioner ägde rum i ländernas nordligaste delar med GTK och NGU, den första 2012 och den andra 2014. Syftet var utbyte av kunskaper och erfarenheter och att korrelera geologin längs gränserna.

INFORMATIONSSPRIDNING

Allmän information om projektet gavs på Geoarena 2012 och projektets medarbetare deltog på Geologiska vintermötet 2014 och i januari 2016 där resultat från projektet presenterades i form av posters och föredrag. Resultaten från de geofysiska undersökningarna föredrogs 2016 på konferensen Near Surface Geoscience i Barcelona.

Information om projektets innehåll gavs till användare på världens största mässa för prospekterings- och gruvföretag PDAC (Pospectors and Developers Association of Canada) 2014 och 2015 och på Fennoscandian Exploration and Mining, FEM2015.

Hösten 2015 deltog två medarbetare på en internationell SGA sponsrad seminarium vid Luleå Tekniska Högskola. I mars 2016 presenterades resultat från Barentsprojektet på konferensen ”North Atlantic Craton meeting” i Edinburgh, Storbritannien.

Information om projektet gavs också till länsstyrelsen i Norrbotten, till prospekteringsbolag på SGUs prospekteringsråds- och gruvnäringsmöten, SGUs nyhetsbrev ”Mineralnäring” och på SGUs hemsida.

Exkursionsdeltagare från SGU, GTK och NGU undersöker berggrunden i Norge. Foto: SGU.

SAMARBETE MED UNIVERSITET OCH HÖGSKOLOR

Samarbete har varit mellan forskare från LTU och studenter och forskare från Uppsala universitet. Fyra examensarbeten har knutits till projektet varav två färdigställs under senare delen av 2016. De två färdiga examensarbetena är:

1. Seismic Modeling of Reflection Survey near Kiruna. Joanna Holmgren, 2013. Bachelor of Science, Natural Resources of Technology. Luleå University of Thechnology
2. Tectonic and metamorphic development of the Pajala Deformation Zone in the Pajala region, Norrbotten County, Sweden. Bart van Assema, MSc Earth Siences ,Track Solid Earth, University of Amsterdam

De flyggeofysiska mätningarna av tyngdkraftsfältet i norra Norrbotten användes också i forskningssyfte och blev del i en doktorsavhandling vid Uppsala universitet med titeln:

- Airborne Gravity Gradient, Magnetic and VLF datasets Case studies of modelling, inversion and interpretation. Sayyed Mohammad Abtahi, 2016

Två vetenskapliga artiklar där projektets insamlade geofysiska data användes publicerades i tidsskriften Geophysics med följande titlar:

- Gravity gradient and magnetic terrain effects for airborne applications: A practical fast Fourier transform technique. Laust Pedersen, Mehrdad Bastani & Jochen Kamm, 2015.
- Estimating rock-vector magnetization from coincident measurements of magnetic field and gravity gradient tensor. Laust Pedersen & Mehrdad Bastani, 2016.

PROJEKTET I SIFFROR

Projektets samlade resultat, kostnader och arbetade timmar redovisas i tabell 1 och 2 nedan.

EFFEKTANALYS

Resultaten från projektet redovisades löpande genom åren i rapporter. En undersökning gjordes för att jämföra antalet nya undersökningstillstånd, prisökning av koppar och järnmalm samt publiceringar av Barents-rapporter (fig. 12). Resultatet visar tydligt att undersökningstillstånden ökade efter publiceringen av rapporter.

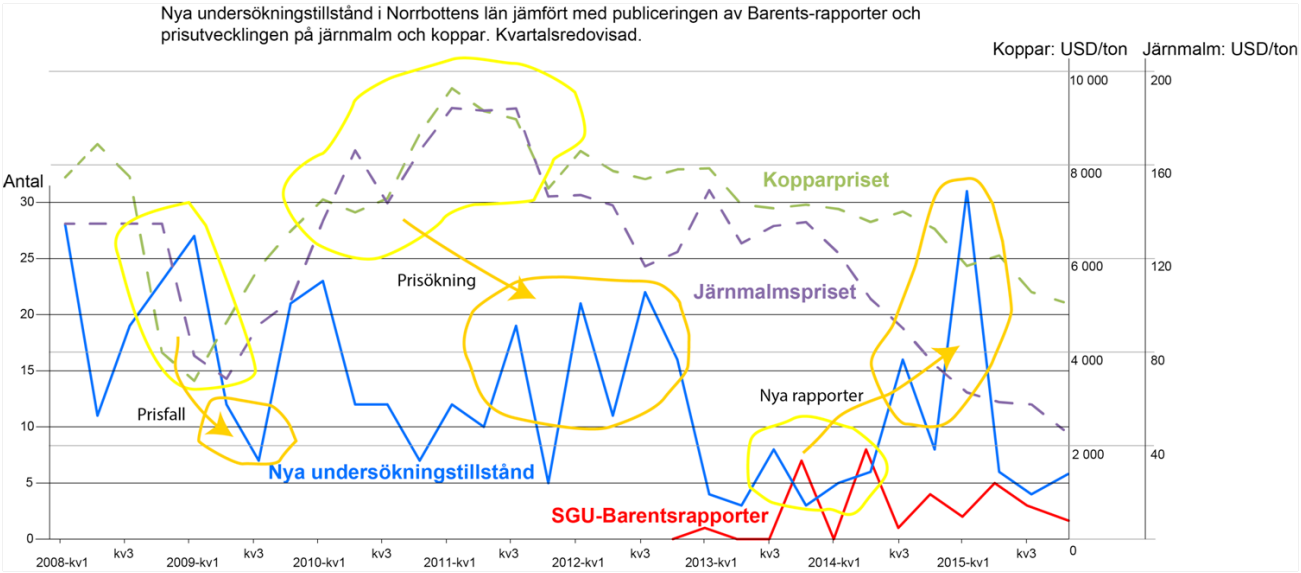
Tabell 1. Geofysiska mätningar

Utförare och mätmetod	Linjekilometer	Mätpunkter
SGUs mätning från flygplan (magnetfält, elektromagnetiska fält med VLF- metoden, radiometri)	32 255	
Geotech Ltd mätning från helikopter (transient elektromagnetiska fält med VTEM- metoden, magnetfält)	4531	
Bell Geospace, mätning från flygplan (full tensor gradiometri, magnetfält)	4531	
SGU, tyngdkraft, mätning på marken		2489
SGU i samarbete med Uppsala universitet, reflexionseismik	74	
SGU i samarbete med Uppsala universitet, magnetotellurisk mätning	90	

Tabell 2. Resultat av de berggrundsgeologiska undersökningarna i siffror.

	Hällobservationer	Litogeokemiska analyser	Tunnslip	Petrofysikobservationer	Kartdatabaser	Rapporter*	Åldersbestämningar av bergarter **	Isotopkemiska analyser (Sm-Nd)	Moränge-okemiska analyser
Nyckelområden, norra Norrbotten	1298	692	692	152		23	32	36	
Regionalkartering, södra Norrbotten	3812	626	545	1506	12800 km²	13	20	13	
Hela Norrbotten, moränkemi									2400
Total produktion	**5110**	**1318**	**1273**	**1658**	**12800 km²**	**36**	**52**	**49**	**2400**

* Tillsammans med 2 konsultrapporterna = 38.
** Ytterligare 16 åldersbestämningar gjordes i norra Norrbotten i ett samarbetsprojekt mellan GTK och SGU



Figur 12. Nya undersökningstillstånd i Norrbottens län jämfört med publiceringar av Barents-rapporter och prisutvecklingen på järnmalm och koppar. Kvartalsredovisad.

LISTA ÖVER PROJEKTETS PUBLIKATIONER

1. Berggrundsgeologisk undersökning, 25H Arjeplog, Projekt Barents. Benno Kathol, Johan Jönberger, Daniel Larsson & George Morris, SGU-rapport 2012:26
2. Background information Kiruna - Jukkasjärvi key area. Susanne Grigull & Ildikó Antal Lundin, SGU-rapport 2013:08.
3. Background information Svappavaara key area. Susanne Grigull & Johan Jönberger, SGU-rapport 2013:09
4. Summary report on the geological and geophysical characteristics of the Saarijärvi key area (29J Kiruna NO, NV, SO). Edward P. Lynch & Johan Jönberger, SGU-rapport 2013:10
5. Summary report on the geological and geophysical characteristics of the Nunasvaara key area (29K Vittangi NO & SO) Edward P. Lynch & Johan Jönberger, SGU-rapport 2013:11
6. Summary report on the geological and geophysical characteristics of the Akkiskera-Kuormakka key area. Stefan Luth & Robert Berggren, SGU-rapport 2013:12
7. Summary report on the geological and geophysical characteristics of the Harrijärvet-Vittangivaara key area. Stefan Luth & Ildikó Antal Lundin, SGU-rapport 2013:13
8. Background information Tjårrojåkka key area (29I Kebnekaise SO & 29J Kiruna SV). Edward P. Lynch & Robert Berggren, SGU-rapport 2013:14
9. Geological and geophysical studies in the Nunasvaara, Saarijärvi and Tjårrojåkka areas, northern Norrbotten. Edward P. Lynch, Johan Jönberger, Stefan Luth, Susanne Grigull & Olof Martinsson, SGU-rapport 2014:04
10. Reflexionsseismiska mätningar vid Kiruna – preliminär tolkning. Niklas Juhojuntti, Sverker Olsson, Stefan Bergman & Ildikó Antal Lundin, SGU-rapport 2014:05
11. Geologisk inventering av nya järnvägsskärningar väster om Kiruna. Daniel Larsson, SGU-rapport 2014:06
12. Regionalkartering i kartområdet 25N Haparanda, tidigare arbeten och resultat från fältarbetet 2013. Stefan Bergman, Ulf Bergström, Mehrdad Bastani, Johan Jönberger, Niklas Juhojuntti & Patrik Johansson, SGU-rapport 2014:07
13. Geological and geophysical studies in the Harrijärvet, Vittangivaara and Akkiskera-Kuormakka key areas. Stefan Luth, Edward P. Lynch, Susanne Grigull, Mats Thörnelöf, Robert Berggren & Johan Jönberger, SGU-rapport 2014:09
14. Geological and geophysical field work in the Kiruna-Jukkasjärvi and Svappavaara key areas, Norrbotten. Susanne Grigull & Johan Jönberger , SGU-rapport 2014:10
15. Berggrundsgeologisk undersökning 27I Tjåmotis NV och NO Per Nysten, Stefan Persson & Carl-Axel Triumf, SGU-rapport 2014:11
16. Berggrundsgeologisk undersökning 25H Arjeplog, 26I Luvos SO, 26J Jokkmokk SV. Benno Kathol, Ildikó Antal Lundin, Johan Jönberger, Daniel Larsson, George Morris & Lena Persson, SGU-rapport 2014:12
17. Summary of geological and geophysical information of the Masugnsbyn key area. Fredrik Hellström & Cecilia Jönsson, SGU-rapport 2014:21
18. Summary report on available geological, geochemical and geophysical information for the Allavaara key area, Norrbotten. Edward P. Lynch & Johan Jönberger, SGU-rapport 2014:28
19. Summary report on the geological and geophysical characteristics of the Liviöjärvi key area. Stefan Luth & Cecilia Jönsson, SGU-rapport 2014:29

20. Background information Käymäjärvi-Ristimella key area. Susanne Grigull, Robert Berggren & Cecilia Jönsson, SGU-rapport 2014:30
21. Summary report on available geological, geochemical and geophysical information for the Nautanen key area, Norrbotten. Edward P. Lynch & Johan Jönberger, SGU-rapport 2014:34
22. U-Pb zircon age of a metaquartz monzonite in the type area of the Haparanda suite. Stefan Bergman, Fredrik Hellström & Ulf Bergström, SGU-rapport 2015:02
23. Summary of geological and geophysical field investigations in the Masugnsbyn key area, northern Norrbotten. Fredrik Hellström & Cecilia Jönsson, SGU-rapport 2015:04
24. Regionalkartering i kartområdet 26L Pålkem, tidigare arbeten och resultat från fältarbetet 2014. Ulf Bergström, Stefan Bergman, Martiya Sadeghi, Lena Persson & Johan Jönberger, SGU-rapport 2015:06
25. The Kukkola gneiss – protolith age of an Archean metatonalite, northern Sweden. Ulf Bergström, Stefan Bergman & Fredrik Hellström, SGU-rapport 2015:07
26. Audiomagnetotelluriska (AMT) mätningar i Kiruna- och Lannavaraområdet, preliminära resultat. Mehrdad Bastani, Ildikó Antal Lundin, Alexandross Savvaidis, Jochen Kamm & Shunguo Wang, SGU-rapport 2015:10
27. Modellering av TEM-data över området Kiruna–Soppero. Lena Persson, SGU-rapport 2015:11
28. Integrated geological and geophysical studies in the Liviöjärvi key area, Pajala region. Stefan Luth, Cecilia Jönsson & Johan Jönberger, SGU rapport 2015:12
29. U-Pb zircon age of an Arvidsjaur group rhyolite at Makkavare in the Arjeplog area, northern Sweden. George Morris, Fredrik Hellström & Benno Kathol, SGU rapport 2015:17
30. Berggrundsgeologisk undersökning 27H Kvikkjokk NO och SO, 27I Tjåmotis NV och NO samt 27J Porjus NV och NO. Per Nysten, Stefan Persson & Carl-Axel Triumf, SGU rapport 2015:22.
31. Berggrundsgeologisk undersökning, 26J Jokkmokk SO, 27J Porjus SO. Benno Kathol, Ildikó Antal Lundin, Johan Jönberger, Daniel Larsson & George Morris, SGU-rapport 2015:28
32. Geological and geophysical field work in the Käymäjärvi-Ristimella key area. Susanne Grigull & Robert Berggren, SGU-rapport 2015:29
33. Meta-volcanosedimentary rocks in the Nautanen area, Norrbotten: preliminary lithological and deformation characteristics. Edward P. Lynch, Johan Jönberger, Tobias E. Bauer, Zimer Sarlus & Olof Martinsson, SGU-rapport 2015:30
34. Age and chemical character of the Perthite monzonite suite in south-western Norrbotten, northern Sweden. Fredrik Hellström, Benno Kathol & Daniel Larsson, SGU-rapport 2015:38
35. U-Pb zircon age of a Lina suite granite at the Archean–Proterozoic palaeoboundary south of Jokkmokk, northern Sweden. George A. Morris & Fredrik Hellström, SGU-rapport 2016:01
36. U-Pb zircon age of a metagranite at Björnberget in the Pålkem area, northern Sweden. Stefan Bergman, Fredrik Hellström, Ulf Bergsström, Lena Persson & Martiya Sadeghi, SGU-rapport 1016:12

Ytterligare två vetenskapliga publikationer tas fram från projektets samlade resultat under 2016:

1. New insights on the geology of the Norrbotten ore district in northern Sweden: results from the Barents project
2. Synthesis of regional geological and geophysical maps of southern Norrbotten

TEKNISKA RAPPORTER

1. Air-FTG® Acquisition and Processing Report Geological Survey of Sweden Kiruna Survey, Kiruna, Sweden October 2013, Bell Geospace Ltd
2. Report on a helicopter-borne Versatile Time Domain electromagnetic (VTEMplus) and horizontal Magnetic Gradiometer Geophysical Survey, Barents-Lainio TEM Kiruna, Sweden

KRONOLOGISK REDOVISNING

2012

- Flyggeofysiska mätningar 32 255 linjekilometer
- Tyngdkraftsmätningar: 1245 mätpunkter (815 på vintern och 460 på våren)
- Reflexionsseismisk profil mellan Kiruna och Vittangi, 74 km
- Morängeokemisk provtagning 1700 prov
- Berggrundskartering längs den nya järnvägsskärningen i Kiruna, längs den seismiska profilen och Arjeplog
- Rapport (1)
- Poster om projektet på Geoarena
- Internationell exkursion med deltagare från SGU, GTK och NGU
- Informationsmöte hos GTK och NGU
- Information om projektet på SGUs prospekterings och gruvnäringsråd

2013

- Elektromagnetiska (VTEM) helikoptermätningar 4531 linjekilometer och teknisk rapport
- Flyggravimetriska mätningar (full tensor gravimetri), 4531 linjekilometer och teknisk rapport
- Morängeokemisk provtagning (700 prov)
- 7 nyckelområden karterade i norra Norrbotten
- Regionalkartering i södra Norrbotten (delar av 25H Arjeplog, 25N Haparanda, 26I Luvos SO, 26J Jokkmokk SO, 27I Tjåmotis NO och NV)
- Rapporter (7)
- 2 samarbetsmöten med GTK-SGU-NGU i Rovaniemi och i Uppsala
- 2 st styrgruppsmöten med LKAB
- Seminarium hos LKAB om projektets resultat i december 2013

2014

- Samarbetsmöte i Tromsö, GTK, SGU och NGU
- 5 nyckelområden karterade i norra Norrbotten
- Regionalkartering i södra Norrbotten (26J Jokkmokk SV, 26L Pålkem, 27H Kvikkjokk SO, 27J Porjus NO,NV och SO)
- MT profil
- Internationell exkursion med deltagare från SGU, GTK och NGU
- Rapporter (13)
- Analyser
- 2 st styrgruppsmöten med LKAB
- Visning på PDAC 2014 i SGUs monter
- Information om projektet på SGUs prospekterings och gruvnäringsråd
- Geologiska vintermötet 2014, där delar av projektet presenterades

2015

- Revidering och kartering inom nyckelområdena
- Regionalkartering av 26K Murjek och delar av 27J Porjus NO
- Rapporter (12)
- Analyser
- Bearbetning av resultat och arbete med kartdatabaser
- 1 (2) styrgruppsmöten med LKAB
- Visning på PDAC 2015 i SGUs monter
- SGA sponsrat seminarium vid Luleå tekniska högskola
- Seminarium om resultaten hos LKAB i september 2015
- Visning på FEM2015 i SGUs monter
- Kartdatabaser i södra Norrbotten klara

2016

- Geologiska vintermötet januari 2016, där projektet presenterades
- Rapporter (3)
- Två vetenskapliga publikationer från norra och södra Norrbotten:
    - New insights on the geology of the Norrbotten ore district in northern Sweden: results from the Barents project
    - Synthesis of regional geological and geophysical maps of southern Norrbot ten