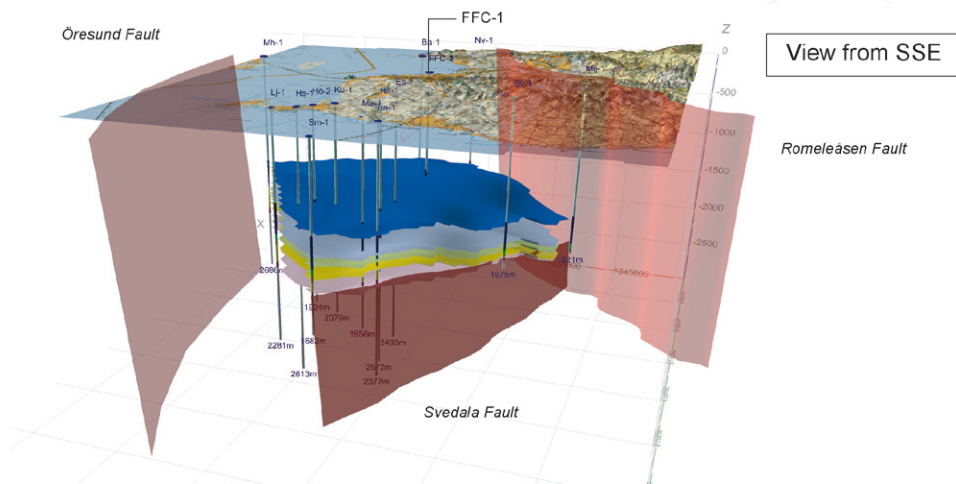
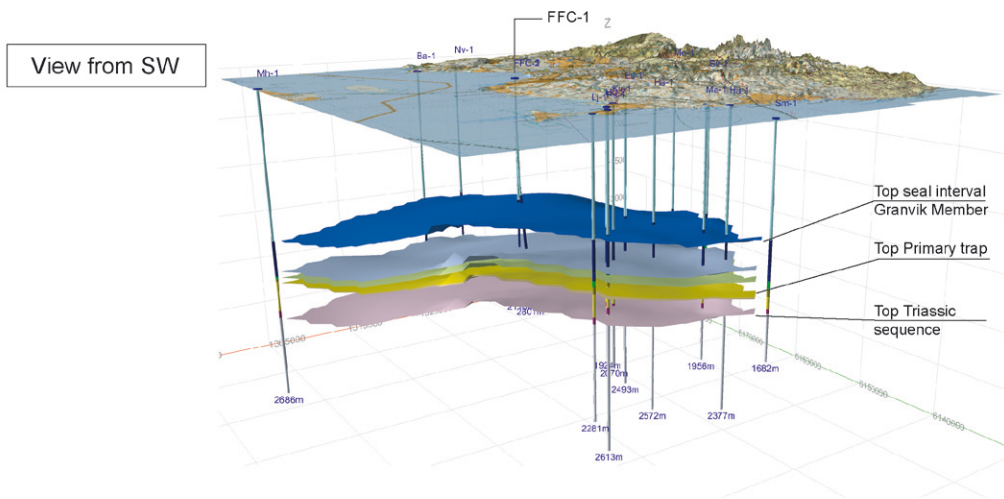


Dokumentation



Mars 2011

SGU-rapport 2011:03



Omslagsbild: Modeller från MUSTANG-projektet, av Mikael Erlström.
Cover: Models from the MUSTANG project, by Mikael Erlström.

Sveriges geologiska undersökning
Box 670, 751 28 Uppsala
tel: 018-179000
fax: 018-179210
e-post: sgu@sgu.se
www.sgu.se

FÖRORD

SGU har ansvar att med ett anslag om ca 5,5 miljoner kronor stödja geovetenskaplig tillämpad och riktad grundforskning vid svenska universitet och högskolor. Syftet är att utveckla och använda nya kunskaper och metoder inom geologin för att bättre tillfredsställa samhällets behov och verka för en hållbar utveckling. Angelägna forskningsfält spänner över ett brett område, naturresurser, mineral, bergarter, metaller, grundvatten, jord, grus, energiråvaror etc. Andra områden rör geotermi, koldioxidlagring samt georisker av olika slag. Det geovetenskapliga innehållet och projektens genomförbarhet bedöms av SGUs FoU-råd med representanter från universitet och högskolor så att de olika geovetenskapliga fack- och kompetensområdena är företrädade på bästa möjliga sätt. Till 2010 inkom 30 ansökningar om ett sammanlagt belopp av 11,7 miljoner kronor och 16 projekt inklusive fortsättningsprojekt beviljades medel. Det är liknande siffror för projekt som startar 2011.

SGU bedriver även egenfinansierad forskning och utveckling. Verksamheten bedrivs i projekt efter ansökningsförfarande från enskilda medarbetare. Till 2010 inkom 43 ansökningar om ett belopp av 8,7 miljoner kronor. 19 projekt beviljades medel om ett sammanlagt belopp av 2,8 miljoner kronor.

Fyra EU-finansierade projekt drevs under året (OneGeology, Mustang, Marsuno och Emodnet). OneGeology Europe avslutades 2010 medan det världsomspännande projektet med mål att tillhandahålla globala geologiska kartor i skala 1:1 miljon fortsätter. Successiv uppdatering av information planeras. Mustang är ett koldioxidprojekt och de två sistnämnda maringeologiska projekt. Ytterligare sex projekt drevs med hel eller delvis annan finansiering. Dessa projekt rör gas och olja i svarta skiffrar, skredriskfaktorer, geotermisk energipotential samt geokemi i tätorter samt jordbruks- och betesmark.

Under två dagar 22–23 mars 2011 presenteras resultat från FoU-projekt med medel ur SGUs Stöd till geovetenskaplig forskning vid universitet och högskolor samt ur SGUs egenfinansierande forsknings- och utvecklingsverksamhet. Vid motsvarande möte den 19–20 april 2010 närvarade 118 personer.

Under 2010 nominerades fyra SGU-are till prövning som adjungerade professorer vid fyra olika universitet/högskolor. SGU bidrar med en tjänstgöring som omfattar 20 % som påbörjas 2011. Förslag till examens- och forskningsarbeten läggs ut på SGUs hemsida från och med 2010 och flera förslag har realiserats. SGU har också tillsammans med andra organisationer samt Formas förberett ett långsiktigt programförslag GeoInfra, som rör hållbar utveckling i stadsmiljö. SGU deltar tillsammans med Vinnova i en ansökan som rör ett Era-Net avseende råmaterial. SGU har också tagit initiativ till en kartläggning av forskningsinriktning och forskningsomfattning vid svenska universitet och högskolor där SGUs roll också berörs.

Uppsala den 20 mars 2011

Lars Persson

Katarina Nilsson

INNEHÅLL

Förord	1
Tisdagen den 22 mars	4
Onsdagen den 23 mars	5
Förkortningar	6
Geologi på djupet – modellering av geo-data för geotermi, koldioxidlagring och byggande	7
Mineralogi i stort och smått: betydelsen av kunskap om bergarternas, malmernas och planeternas grundläggande byggstenar	9
Forskningsinriktning vid våra svenska universitet och högskolor samt SGUs roll	11
Exchange of geological knowledge between the Geological Survey of Sweden and Luleå University of Technology	12
The MUSTANG project – an EU FP7 project concerning characterization of deep saline aquifers regarding CO2 storage	13
GEMAS: Vad kan åkermarken erbjuda mer än underlag för vårt dagliga bröd?	17
Predictive Bedrock Mapping	18
Ultrabasic–basic intrusions of Roslagen, east-central Sweden: mineralogy and geochemistry of early Svecofennian arc cumulates	22
Nötnings- och poleringsegenskaper hos bergarter samt deras förutsättningar för att producera PM10	25
Metoder för att kompensera för sekulärändringen vid flygmagnetisk undersökning	29
RMT- och MRS-mätningar på gotländsk kalksten, en metodstudie	33
Modelling and basin analysis of the uppermost Triassic to Lower Cretaceous of the Swedish part of the Danish Basin	36
EMODnet-Geology Project	40
Biosfärområden som brobyggande funktion	42
SGUs torvarkiv	43
Submoräna sediment på Småländska urbergsslätten	47
Meteoric ¹⁰ Be dating of Miocene–Quaternary sapolites on plains with residual hills in northern Sweden	51
Adresser till externa föredragshållare	54
För Sveriges geologiska undersökning	54

Program för FoU-seminarium vid SGU 22–23 mars 2011

Presentation av resultat från FoU-projekt med medel ur SGUs *stöd för geovetenskaplig forskning* samt SGUs egenfinansierade forskning och utveckling.

Plats: SGUs hörsal, Villavägen 18, Uppsala

TISDAGEN DEN 22 MARS

09:00–09:10 *Öppning, Jan Magnusson*

Ordförande: Jan Magnusson

09:10–11:10 Fyra SGU-are har nominerats som adjungerade professorer vid fyra olika universitet och högskolor. Tre av dem har adjungerats med början från 2011. Beroende på annat förfarande vid tillsättningen vid en av högskolorna tas beslut för Lars-Ove Lång under början av 2011 efter en presentationsföreläsning. Inriktningen på de adjungerade professurerna och relevansen för SGU avseende nytta, dvs. att området är centralt och aktuellt för SGU, och återkopplingen till SGU är betydelsefulla liksom behovet och nyttan SGU har av samarbetet. Relevansen för universitetet eller högskolan är också viktig. SGUs nytillträdda adjungerade professorer ger sin syn på verksamheten och samarbetet.

09:10–09:40 *Mikael Erlström, SGU: Tillämpad geologi, Lunds universitet. Geologi på djupet – modellering av geo-data för geotermi, koldioxidlagring och byggande.*

09:40–10:10 *Erik Jonsson, SGU: Mineralogi, Uppsala universitet. Mineralogi i stort och smått: betydelsen av kunskap om bergarternas, malmernas och planeternas grundläggande byggstenar.*

10:10–10:40 *KAFFE*

10:40–11:10 *Michael B Stephens SGU & LTU, Luleå: Exchange of geological knowledge between the Geological Survey of Sweden and Luleå University of Technology.*

11:10–11:50 *Katarina Nilsson, SGU: Forskningsinriktning vid våra svenska universitet och högskolor samt SGUs roll.*

11:50–12:50 *LUNCH*

Ordförande: Katarina Nilsson

12:50–13:15 *Mikael Erlström, SGU: The MUSTANG project – an EU FP7 project concerning characterization of deep saline aquifers regarding CO₂ storage.*

13:15–13:40 *Madelen Andersson, SGU: Gemas, ”Geochemical mapping of agricultural soils and grazing land of Europe”.*

13:40–14:05 *Martiya Sadeghi, SGU: Predictive bedrock mapping – integration of geophysical, geochemical and Quaternary geological data.*

- 14:05–14:40 *KAFFE*
- 14:40–15:05 *Åke Johansson, NRM: Ultrabasic–basic intrusions of Roslagen, east-central Sweden: mineralogy and geochemistry of early Svecofennian arc cumulates.*
- 15:05–15:30 *Magnus Döse, CBI: Nöttnings- och poleringsegenskaper hos bergarter samt deras förutsättningar att producera PM₁₀.*

ONSDAGEN DEN 23 MARS

Ordförande: Lars Persson

- 09:00–09:25 *Patrik Johansson, SGU: Metoder för att kompensera för sekulärändringen vid flygmagnetisk undersökning.*
- 09:25–09:50 *Lena Persson, SGU: RMT och MRS-mätningar på gotländsk kalksten. En metodstudie.*
- 09:50–10:25 *KAFFE*
- 10:25–10:50 *Sofie Lindström, LU: Modelling and basin analysis of the uppermost Triassic to Lower Cretaceous of the Swedish part of the Danish Basin.*
- 10:50–11:15 *Ola Hallberg, SGU: EMODnet-Geology Project (European marine observations and data network).*
- 11:15–12:15 *Johanna MacTaggart, koordinator för biosfärområdet Vänerskärgråden Kinnekulle samt nationell samordnare för svenska MAB-programmet. Gästföreläsning: Biosfärområden som brobyggande funktion.*
- 12:15–13:15 *LUNCH*

Ordförande: Anna Åberg

- 13:15–13:40 *Kristian Schoning, SGU: SGUs torvarkiv*
- 13:40–14:05 *Gustav Soblenius, SGU: Kan SGUs data användas för att förutsäga vegetations sammansättning.*
- 14:05–14:35 *KAFFE*
- 14:35–15:00 *Per Möller, LU: Submoräna sediment på Småländska urbergsslätten – åldersställning och implikationer för glacial stratigrafi och glacialdynamik.*
- 15:00–15:25 *Karin Ebert, SU: Meteoric ¹⁰Be dating of Miocene–Quaternary saprolites on plains with residual hills in northern Sweden.*

Förkortningar

BU – Berne University

CBI – Cement- och betonginstitutet

GFZ – German Research Centre for Geosciences

LTU – Luleå tekniska universitet

LU – Lunds universitet

NRM – Naturhistoriska Riksmuseet

SGU – Sveriges geologiska undersökning

SU – Stockholms universitet

UA – University of St Andrews

Geologi på djupet – modellering av geo-data för geotermi, koldioxidlagring och byggande

MIKAEL ERLSTRÖM, SGU

Behovet av information om berggrundens uppbyggnad på djupet finns bland annat vid planering och framtagning av underlag för anläggning av exempelvis tunnlar, bergrum, djupgeotermi och koldioxidlagring. Information om bergmassans uppbyggnad och dess fysikaliska samt tekniska egenskaper har betydelse för såväl design som genomförande av dessa anläggningar. Det geologiska modellarbetet bygger på sammanställning och tolkning av geologisk information från markytan, undersökningsborrningar och geofysiska mätningar. En viktig del i arbetet är att ta fram strukturella modeller som beskriver de geologiska huvuddragen, t.ex. förekommande bergarter, lagring, sprickor, förkastningar, grundvattenförhållanden m.m. Det är också väsentligt att ha kunskap om och förståelse för undersökningsmetodik, speciellt borrhålsundersökningar och geofysik, och hur data från dessa används i en bedömning av en större bergmassa.

Inom kolväteprospekteringen har geofysiska mätdata använts under många år för modellering och framtagande av modeller av den sedimentära berggrundens uppbyggnad på djupet. Den tekniska utvecklingen av de geofysiska mätmetoderna och verktygen för tolkning och visualisering har medfört att det idag finns helt nya möjligheter till modellering av berggrundens uppbyggnad på djupet.

I Skåne, som till stora delar består av sedimentär berggrund, har ett antal större anläggningsprojekt använt sig av geologiska modeller för design och planeringsarbete. Exempelvis användes djupgeologiska modeller i samband med förundersökningar inför djupborrningar för geotermi i Malmö (Fig. 1). I den modellen redovisades bl.a. en prognos för på vilka djup det bedöms finnas sandstensakvifärer med varmt vatten lämpliga för geotermiska ändamål. Med hjälp av data från borrningar och tester kunde därefter numeriska modelleringar göras av termiska förlopp i de geotermiskt intressanta intervallen. Liknande modelleringar har gjorts i samband med förundersökningar för djupgeotermihålen i Lund. Med hjälp av släpseismiska mätningar i förundersökningsskedet kunde en struktureologisk djupmodell tas fram vilken blev ett viktigt underlag i planering av borrhålets utformning. Liknande arbetssätt som utarbetats för kartläggning av akvifärer för produktion av varmt vatten och för prospektering efter olja och gas används idag för karaktärisering av berggrund som kan vara lämplig för lagring av koldioxid.

Ett annat exempel där geologiska modeller och tolkningar är viktiga är tunnelprojektet i Helsingborg, som innefattar tunnelarbeten i den jurassiska berggrunden. I detta projekt används en kombination av geotekniska, geofysiska, geologiska och geohydrologiska data i framtagandet av en konceptuell struktureologisk modell som ligger till grund för design och genomförande av entreprenaden. Jämfört med föregående exempel beskriver modellen i Helsingborg berggrunden till avsevärt mindre djup, max 50 m, men den tas fram med i stort sett samma metodik.

Dessa exempel är några olika användningsområden för geologiska modeller. Modellernas användbarhet beror mycket på hur geologerna kan överföra och förklara geologisk information så att den kan användas sett ur samhällets behov av geologisk information för olika större anläggningsprojekt. En förståelse för vilka parametrar som är viktiga och hur den

geologiska beskrivningen ska göras för att på bästa sätt förstås av användaren är en geologisk utmaning. En del i utvecklandet av användbarheten av geologisk information och geologisk kunskap i stora infrastrukturprojekt är samarbetet mellan Lunds Universitet och SGU genom inrättandet av en adjungerad professur i tillämpad geologi.

Målsättningen är att bland annat kunna samverka i olika projektarbeten och forskning kring bl.a. tolkning och modellering av djupgeologisk information i den sedimentära berggrunden.

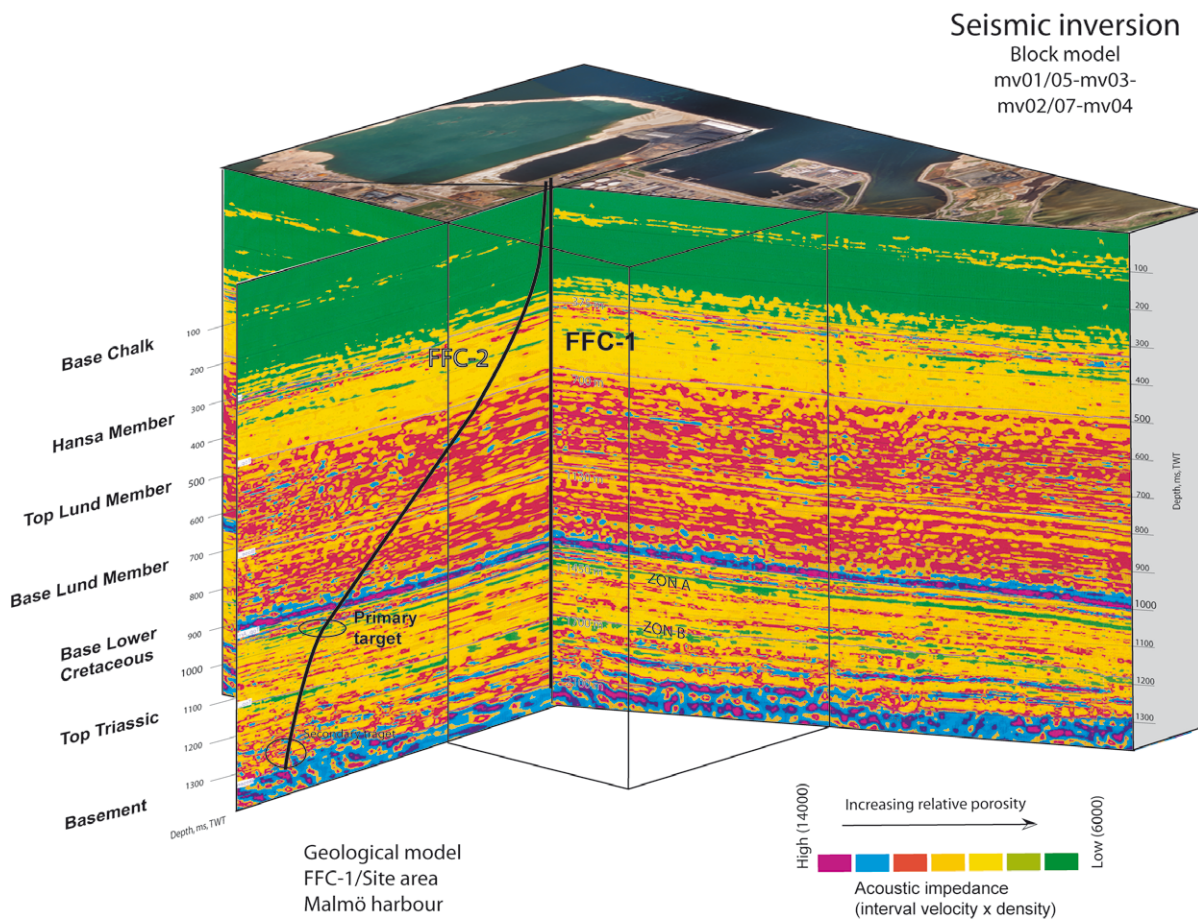


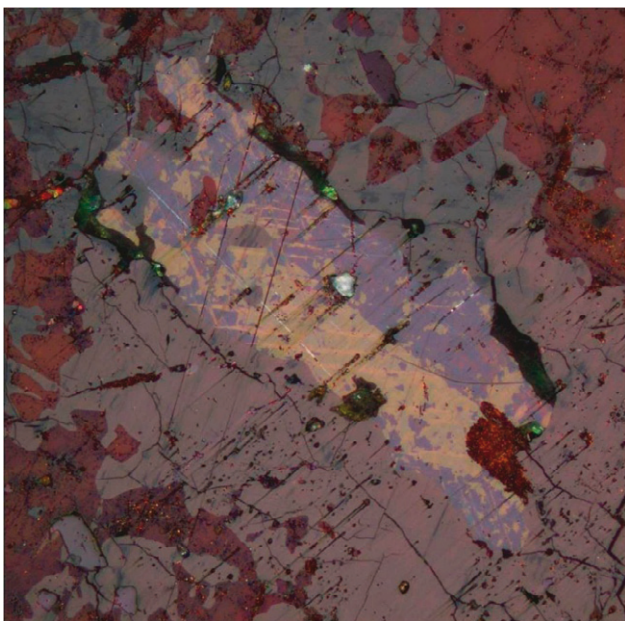
Fig. 1. Exempel på djupgeologisk modell för geotermiprojektet i Malmö 2000–2004.

Mineralogi i stort och smått: betydelsen av kunskap om bergarternas, malmernas och planeternas grundläggande byggstenar

ERIK JONSSON, SGU

Mineral är jordens och övriga fasta planeters byggstenar, eftersom mineralen är grundkomponenterna i bergarterna och de i sin tur bygger upp planeterna. Vittring av bergarterna (-s mineral) genererar våra minerogena jordarter. Vi kan således inte bortse från mineralens existens, vikten av att känna deras identitet och beroende på det sistnämnda – deras potentiella inverkan eller betydelse – i någon studie där geologiska material är inblandade. En ständigt ökande ström av information pekar dessutom på deras viktiga roll i olika former av biologiska processer.

Detta faktum i kombination med vår strävan efter förståelse för olika typer av bildning och nedbrytning av mineral under den geologiska utvecklingen av vår planet och vårt behov av kunskap om mineral som naturresurs gör att vi behöver insikter om mineralens naturliga utbredning och förekomstsätt. Varje ny bit information om dem bidrar med insikter om jordens uppbyggnad och de geologiska processerna. I vissa fall fås även direkta insikter om unika naturliga atomstrukturer, vilka exempelvis kan komma materialvetenskapen tillgodo. Kunskap om de processer som bryter ned och nybildar mineral i den övre jordskorpan är grundläggande, då de utgör fundamentet till den del av planeten som vi bebor och kontinuerligt samverkar med. Vi behöver dessutom goda möjligheter att identifiera och karakterisera dessa mineral tillsammans med förståelse för hur detta görs på lämpligast sätt. En av de viktigare typerna av basverksamhet är i sammanhanget fältinsamling av prov och data, både för att få åtkomst till material som inte tidigare studerats och för att göra de kritiska kopplingarna mellan förekomst och texturella, strukturella och övergripande berggrundsgeologiska relationer.



Opakmikroskopi är en av flera nyckelmetoder för undersökning och karakterisering av mineral och deras associationer. I just detta exempel får vi inte bara information som leder fram till identifikationen av en lokalt viktig silver- och tellurbärande fas-hessit – men också direkt geotermobarometrisk data baserad på mineralets optiska karaktär och interna textur. Fotomikrografi i påfallande polariserat ljus, partiellt korsade polarisatorer. Bildbredd ca 900 mikrometer.

Allt detta sammantaget gör förstås att mineralogi är en nödvändig grundkunskap för alla närliggande fält av geologin, inklusive de mest uppenbara – som magmatisk och metamorf petrologi, strukturgeologi, geokemi, geokronologi och malmgeologi. Inte minst tydlig är kopplingen till mineral som naturresurser.

Att kunna karakterisera mineraliserade system är att, oavsett malmtyp, kunna knyta lokal och regional geologisk utveckling till aktualistiskt baserad kännedom om mineralbildande system. Detta kan göras genom att studera de faktiska malmerna i form av malmmineralen, deras uppträdande och associationer, texturer, struktur, utveckling, kemi och relation till eventuell omvandling och deras värdbergarter. Sådan kunskap är det som överbrygger gapet mellan rena geologiska dataset och vetskap om närvaron av enskilda mineraliseringar. Samhällsnyttan av forskning på och kring mineral med nutida eller framtida ekonomisk potential kan knappast överskattas, inte minst i dagsläget, med kraftigt ökande metallpriser och en allt mer tilltagande global klappjakt efter mineralresurser, som också måste sättas i ett sammanhang av uthållighetstänkande. Den starkt skärpta konkurrensen om mineralresurser är tydlig. Vårt kunskapsbehov kan bland annat sättas i relation till EU-kommissionens under 2010 offentliggjorda sammanfattning av de 14 mest kritiska mineralen och metallerna (se <http://ec.europa.eu/enterprise/policies/raw-materials/critical>), vilken innefattar ett flertal för vilka vi i dagsläget saknar grundläggande kunskap om utbredning och bildningsätt i Sverige och den fennoskandiska skölden.

Inom ramarna för samarbetet med universitets- och högskolevärlden, och specifikt Uppsala universitet är inriktningen logisk. Forsknings- och utbildningsverksamheten vid UU omfattar en mycket bred, nära komplett, spännvidd av de ämnesområden som ryms inom det geovetenskapliga begreppet. Inom forskningskomponenten ingår fundamentalt mineralogiska områden som teoretiska och experimentella studier av mineralogin i jordens inre, elementens fördelning och relation till mineralens egenskaper, identifikation, analys och tolkning av nyckelmineral för petrologiska, strukturella och geokronologiska tillämpningar, samt tillämpningar inom exempelvis mineralresursfrågor. Det är uppenbart att det finns en utvecklingspotential inom forsknings- och utbildningsfrågor relaterade till grundläggande mineralogi, mineralens naturliga förekomstsätt och utbredning – som basinformation liksom ur naturresursperspektiv – och innebär därmed att SGUs deltagande ett viktigt tillskott till verksamheten.

Med största sannolikhet kan denna typ av direkt samverkan mellan SGU och universiteten gynna båda parter inom ramarna för forskning, utbildning och kunskapsutbyte inom specifika fält inklusive de laborativa–analytiska.

Det är också av vikt för SGU att på kortare och längre sikt etablera kontakt med geovetarstudenter, kanske som framtida kollegor.

Forskningsinriktning vid våra svenska universitet och högskolor samt SGUs roll

KATARINA NILSSON, SGU

Som ett led att utöka kontakterna mellan SGU och universiteten har SGU i ett första steg skickat ut en enkät till Sveriges universitet och högskolor. Med denna enkät vill SGU få en inblick i respektive lärosätes geovetenskapliga inriktningar och forskningssituationer. Ett syfte med enkäten var att ge ett tillfälle för universitet och högskolor att ge sin bild av vad de vill att SGU ska tillföra svensk forskning. SGU har under året som gått, alltefter det att förslag kommit in, tagit hand om en del av dessa förslag.

Generellt vill de olika lärosätena att personal från SGU ska involvera sig mer i olika FoU-projekt på universitet och högskolor och man ser det som viktigt att det finns aktiva forskare inom SGU. Det har framkommit att man önskar få bättre vetskap om SGUs olika databaser. Vidare är man mycket positiv till att SGUs data numera är kostnadsfri för forskning. Man ser gärna en regelbunden dialog mellan SGU och universiteten där man delges vad som händer på SGU, vilken ny information som insamlats samt om intressanta frågeställningar uppkommit som ett led i datainsamlingen. Föreläsningsutbyten har efterfrågats där de olika institutionerna och SGU kan informera varandra om pågående projekt för att man ska kunna identifiera gemensamma forskningsplattformar. Framst de tekniska högskolorna har påpekat att SGU kan främja samarbete mellan lärosäten genom att initiera tvärvetenskapliga projekt och projekt mellan de olika geovetenskapliga disciplinerna, samt med ämnen såsom samhällsvetenskaper och ekonomi. Lärosätena ser SGU som en viktig länk mot samhället och ser SGU som en viktig partner i projekt vars syfte är att tydliggöra nyttan med geologisk kunskap i samhället.

Ett flertal av universiteten har önskat att SGU ska involvera sig mer i undervisning på universiteten. Det har varit en generell trend på universiteten att man tvingats dra ner på de kostsamma fältmomenten. Internationell rekrytering av forskare har även lett till att kunskapen om regionalgeologi på lektorsnivå har minskat. Yrkesaktiva före detta studenter understryker att utbildningarna bör innehålla fler fältkurser, mer färdighetsträning och mer yrkesanpassning. För att möjliggöra detta krävs att geoutbildningarna ges mera resurser motsvarande de ämnen som betecknas som laborativa. De mer tekniska inriktningarna framhäver även ett behov av verkliga geo-projekt där fälttester och undersökningar kan göras vid verkliga förhållanden och i rätt skalor.

SGU har under det senaste året utfört en rad åtgärder för att förbättra kommunikation och forskningssamarbete med universiteten. Ett av de viktigaste är nomineringen av adjungerade professurer vid fyra av våra lärosäten. De adjungerade professorerna kommer att i samarbete med avdelningen geodata presentera SGUs databaser, i ett första led vid respektive universitet/högskola. Vidare har SGU möjliggjort att anställda på SGU kan delges tid att handleda examensprojekt och förslag på examensarbeten annonseras på SGUs hemsida. SGU ser positivt på föreläsningsutbyten. I höstas hölls en seminariedag med inriktning vatten i berg som ansågs vara av stor nytta för SGUs verksamhet. SGU utreder nu även möjligheten att ge en introducerande fältkurs riktade främst till extrageologer för att ge ett bättre stöd inför kommande fältarbete. På sikt planeras även regionalgeologiska kurser med exkursioner, men inför dessa krävs ytterligare kommunikation med universitet och högskolor.

Exchange of geological knowledge between the Geological Survey of Sweden and Luleå University of Technology

MICHAEL B. STEPHENS, SGU & LTU

The management at the Geological Survey of Sweden (SGU) has recently revived an interest for close collaboration with the geoscientific institutions at the universities in Sweden. In connection with this ambition, four visiting professors, each with a 20 % work-time commitment, have been inaugurated. Such close interplay was common ground during at least the 1970's and 1980's, when the implications of the new ideas concerning plate motions over planet Earth for our understanding of bedrock geology in Sweden started to be seriously evaluated, at least in the Caledonian orogenic belt. SGU acted as a host for two major international geoscientific conferences during 1981 and 1986, which involved a close collaboration between personnel at SGU and personnel at the universities.

One of the new part-time visiting professors has been sited at the Department of Chemical Engineering and Geosciences at the Luleå University of Technology (LTU), where a significant focus in research work is on ore geology under the leadership of Pär Weihed and Rodney Allen, section head and visiting professor from Boliden Mineral AB, respectively. Much of the current research work at LTU is financed by Boliden Mineral AB and Vinnova.

The Geological Survey of Sweden owns a unique national expertise in the character and conceptual understanding of the tectonic evolution of the bedrock in Sweden throughout approximately 3 billion years of Earth history. A key input from SGU to LTU involves the communication of this knowledge to the PhD students that are currently working and, in the future, will initiate their research at LTU. Bearing in mind that three PhD students are active in the Skellefte and Bergslagen mineral resource provinces at the present time, it is also vital that the radically new ideas that are starting to emerge from the results of these studies are communicated back to co-workers at SGU. Bedrock geological surveys at both local and regional scales of resolution were completed by SGU in these two areas during the 1990's. The development of a methodology to establish a 3-D bedrock geological model for the central part of the Skellefte mineral resource province is one concrete example where feedback to SGU is compelling. The possibility to establish a course at PhD level on the tectonic framework of the bedrock in Sweden and its possible coupling to modern plate tectonic settings is currently under consideration.

The already well-established interplay between LTU and Boliden Mineral AB will continue with the establishment of a new PhD study that will initiate May 2011. This PhD study will address the spatial controls, age and origin of Pb-Zn, disseminated stratabound and vein sulphide deposits in Sweden. The stratabound Pb-Zn deposits are hosted by Ediacaran–Cambrian sandstones and meta-sandstones in the autochthonous sedimentary cover rocks and lower thrust sheets, respectively, along the eastern frontal part of the Caledonian orogenic belt. The PhD study will be supervised by Lluís Fontboté at the University of Genève in Switzerland and Michael Stephens at LTU, and the PhD student will be registered at the University of Genève. The project will be financed by Boliden Mineral AB, the national research council in Switzerland and SGU (field costs in Sweden). The establishment of a PhD study of the massive Cu-Zn-Pb-Ag-Au sulphide deposit at Falun in the Bergslagen mineral resource province is also under consideration. An integrated project that involves a student from LTU working closely together with personnel at SGU is tentatively envisaged. Work as visiting professor at LTU will also involve the completion of several articles for publication in peer-review scientific journals.

The MUSTANG project – an EU FP7 project concerning characterization of deep saline aquifers regarding CO₂ storage

MIKAEL ERLSTRÖM, SGU

The MUSTANG project involves research concerning site and field characterization, processes and risk assessment with an objective to understand the critical factors relevant to storage and spreading of CO₂ in deep saline aquifers. This is performed by laboratory experiments, natural analogues studies and numerical modelling as well as by field scale injection tests and monitoring at the Heletz test site in Israel. The project consortium of 19 members from 8 countries is coordinated by Uppsala University. SGU is involved in the geological characterisation of the five test sites in the project, i.e., the South Scania (Sweden), Horstberg (Germany), Valcele (Romania), Heletz (Israel) and Hontomín (Spain) sites.

The overall objective of the site characterisation programme is to gather available data from the five sites and to construct geological and structural models upon which the numerical modelling is based. Each site has its own specific geological setting and thus, the quantity and character of the data available varies. However, the different geological settings enable much understanding of the possible problems and challenges involved in the geological characterisation of potential deep saline aquifers regarding CO₂ storage.

The characterization programme in the Mustang project has resulted in a framework and standards that comprehensively describes the essential information needed for the conceptual, geometrical and structural, hydrogeological, hydrogeochemical and hydromechanical simulation models of the sites. A set of constructed templates provides a structured assistance in the data gathering process.

The established framework includes the following main parts:

- Description of the data sources and quality of the data (e.g., seismic lines, wells, wire-line logs, cores, laboratory measurements etc.).
- Information required for the structural and geological model (e.g., depth information, lithological data, stratigraphical information, interpreted geophysical measurements, geological maps etc.).
- Essential information needed for the parameter values of the hydrogeological, hydrogeochemical and hydrogeomechanical simulation models (e.g., temperatures, pressures, permeabilities, porosities, capillary threshold pressures, composition of formation fluids and gases, petrology, physical properties and chemical composition of the rocks, thermal properties, rock stresses, hydraulic boundaries and boundary conditions etc.).
- Procedure for using point values to generate values for reservoir and cap-rock units in a transparent way (e.g., deterministic to stochastic estimation).

The framework is exemplified, in terms of the data sources, their conversion to parameters and furthermore into model parameters using one of the test sites, the South Scania site. The geological setting of the target aquifer interval here is a typical example of a multilayered sequence of claystone and sandstone beds commonly found in sedimentary basins all over the world. It is used in the MUSTANG project as an example of a sequence with multiple

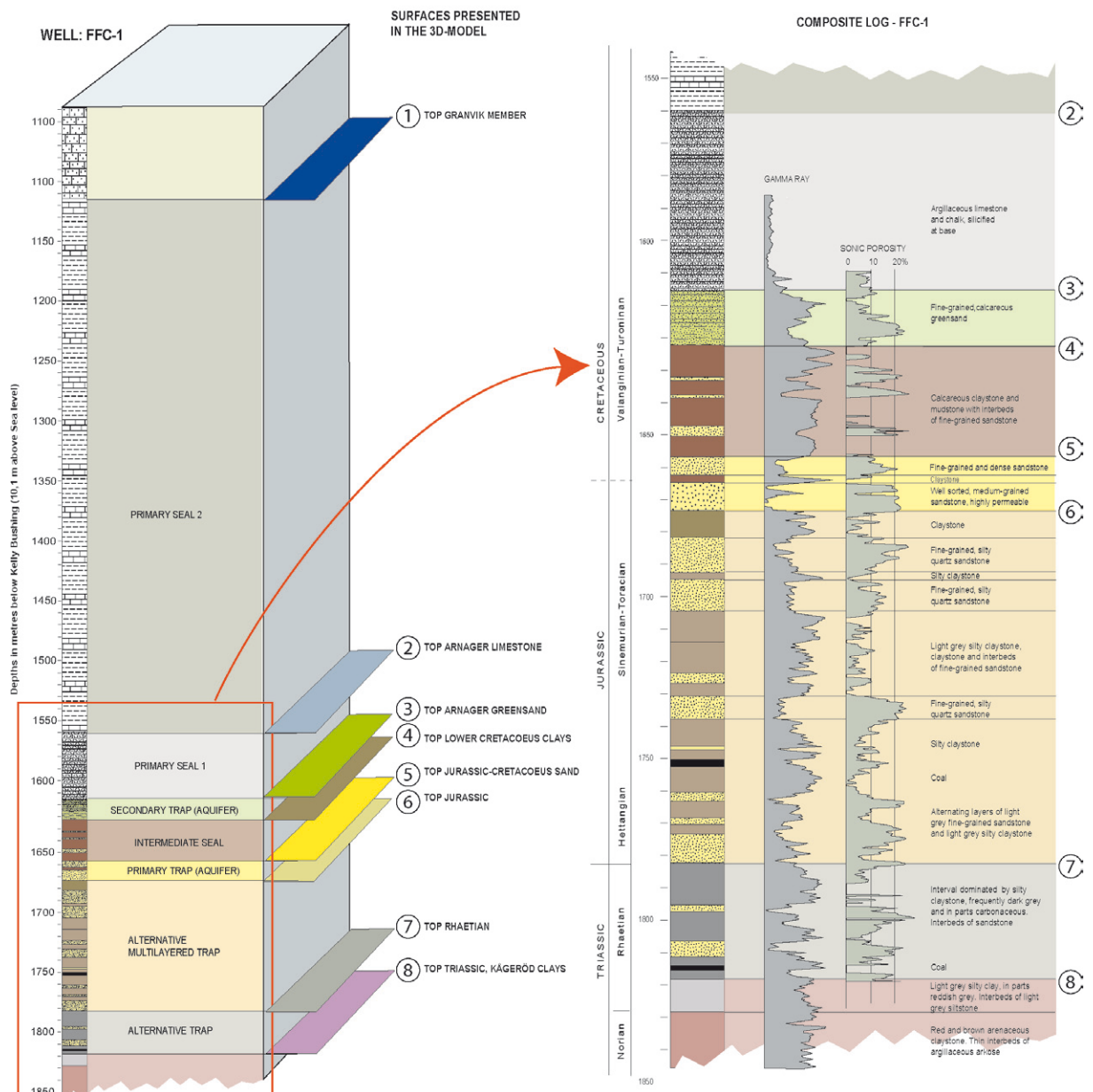


Fig. 1. Composite lithology showing the different trap and seal units in the FFC-1 type well of the South Scania site model. The numerals refer to the identified main lithological units and the surfaces mapped and visualized in the 3-D model (Fig. 2).

traps and seal units. Particular emphasis is given to the characterization and quantification of the geological heterogeneity, in terms of what can be described in deterministic terms and where a stochastic representation is a better choice.

In the South Scania site detailed geological and hydrogeological data are available from one deep well (FFC-1), originally drilled in 2002 for geothermal investigations by E.ON. In addition, comprehensive data sets and analyses exist from 15 adjacent older OPAB and SGU wells, which allow lateral correlation and definition of the characteristics of the different

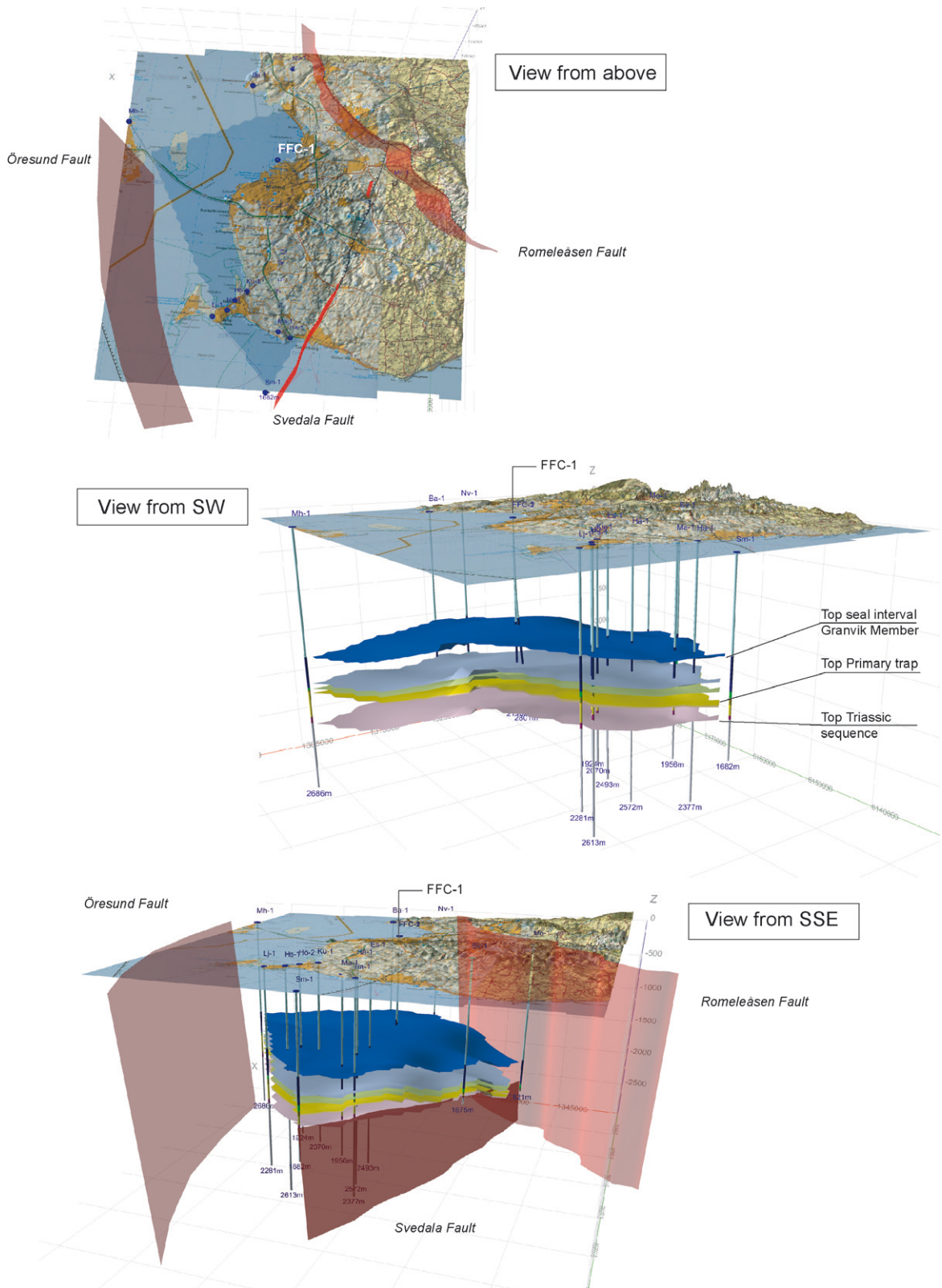


Fig. 2. Examples of 3-D visualization of different boundary surfaces of the units and major faults included in the South Scania site model.

lithological units and boundary layers within a model area of c. 1000 km². The extension of the area is chosen to fit the existing boreholes so that the outer boundary of the modelled layers and structures coincide with the peripheral boreholes.

The subsurface geology in the area is dominated by a thick (1 200–1 600 m) sequence of Upper Cretaceous strata, overlying a 400–600 m thick Lower Cretaceous, Jurassic and Triassic multilayered sequence dominated by claystone and sandstone layers. Eight main lithologic units are identified and characterized (Fig. 1). The primary trap aquifer for the MUSTANG study is a 10–15 m thick sandstone unit with an average permeability of 4 Darcy. Secondary traps in other units have thicknesses between 10 and 50 metres, with lower overall permeabilities in comparison with the primary target. The primary seal consists of a several hundred meters thick argillaceous limestone and the intermediate seals of claystone and mudstone. The lateral correlation of the layers between wells is based on lithological descriptions of cuttings, biostratigraphical analyses and geophysical well-log correlation.

A constructed 3-D model describes the main geological structures and units in the South Scania site (Fig. 2). The model is intended to be used for both visualization and as input for the site specific modelling of CO₂ injection and storage.

GEMAS: Vad kan åkermarken erbjuda mer än underlag för vårt dagliga bröd?

MADELEN ANDERSSON & ANNA LADENBERGER, SGU

Från det europeiska projektet *Geochemical Mapping of Agricultural Soils and Grazing Land Soils* finns nu statistik och kartor över ca 50 grundämnen analyserade med olika analysmetoder. Ett krav från industrin i Europa som finansierat analyserna är dock att resultaten i sin helhet inte kan bli publika förrän tidigast under 2013–2014.

Något överraskande med tanke på provtagningsmaterialet (agrar jord med relativt gles provtagning), var hur distinkt berggrundsgeologin i Europa avspeglas på elementkartorna. Skandinavien (Norge, Sverige och Finland) med sin kristallina berggrund utgör också en litologisk enhet där geokemin i jorden kommer att bearbetas av den skandinaviska geokemigruppen och ges ut i rapportform 2011–2012.

Utöver litologiska enheters inverkan på matjorden grupperar sig ett flertal element i ett sammanhållet bälte vilket kallas *Central Scandinavian clay belt*. Så kan innehållet av bland annat cesium, indium och kalium i Mälardalens och södra Finlands åkermarker till största delen knytas till lerhalten.

Geokemi, som är en beprövad och väl använd prospekteringsmetod, visar också att även matjordens elementinnehåll avslöjar kända malmförekomster och mineraliseringar med exempelvis koppar, guld, arsenik och zink.

Predictive Bedrock Mapping

MARTIYA SADEGHI, ANNA LADENBERGER & JOHAN JÖNBERGER, SGU

This project presents the methodology and results of remote predictive mapping applied for both regional and local-scale bedrock mapping. An integrated interpretation of high-resolution airborne geophysical data and geochemical till data, was used in this project.

In order to predict a bedrock map, spatial analysis and pre-processing on data were carried out. Image classification techniques for lithological mapping have been successfully applied in both regional and local scale where bedrock is partly or completely hidden by forest or covered with moss. Both supervised and unsupervised classification methods were applied in this project yielding optimum results, suitable especially for large data sets. For example, unsupervised classification may be useful for generating a basic set of classes, and then supervised classification can be used for further definition of the classes. The resulting classification patterns yielded 70–73 % correlation with the mapped geological units in the training area in regional scale and 57–64 % correlation with the mapped geological units in the training area in local scale. Similar to visual image interpretation, this study suggests that supervised classification is a useful method to assist geologists in fieldwork planning and in identifying targets for map refinement and exploration.

Introduction

The remote predictive mapping method simply involves deriving geological information from any available geosciences data. Remote predictive mapping involves the use of a sensor that measures some property of the Earth's surface while not in direct contact with the surface (Harris 2008). Magnetic data measures the magnetic susceptibility of the Earth's crust and can provide information on lithology, geological structure, depth to basement rocks, alteration and mineralization. Gravity data records density variations, which can provide information on the type and distribution of various lithologies and major structures. Gamma-ray spectrometry provides information on the distribution of uranium, thorium, and potassium, which are common elements in many rock-forming minerals as well as accessory minerals. Thus gamma-ray data can provide information on both surficial and bedrock lithologies as well as certain alteration styles (i.e. potassic). Magnetic and gravity data provide both surface and subsurface information, whereas gamma-ray spectrometry measures only what is emitted from the first few centimetres of the Earth's surface. However, experience has shown that given the right surficial and geological conditions, gamma-ray spectrometry is very useful for bedrock mapping.

This project outlines a strategy of remote predictive mapping and provides processing and integration examples based on a variety of geoscience data, scaling and interpretation techniques to be employed for geologic mapping. The integration methods are applied to the Skellefte district as a regional case study (Carranza & Sadeghi 2010) and Boden-Harads 1:50 000 scale map sheets as a local case study (Delin, 2010).

Results

In this project, we have presented the data processing, integration methodology and a summary of geological image interpretation results that can support the regional or local geological mapping. We have shown that integrated enhancement and interpretation of airborne ge-

ophysical data and geochemical data can be used to extract lithological units. These patterns appear to be regionally consistent and support geological map compilation from geological field mapping.

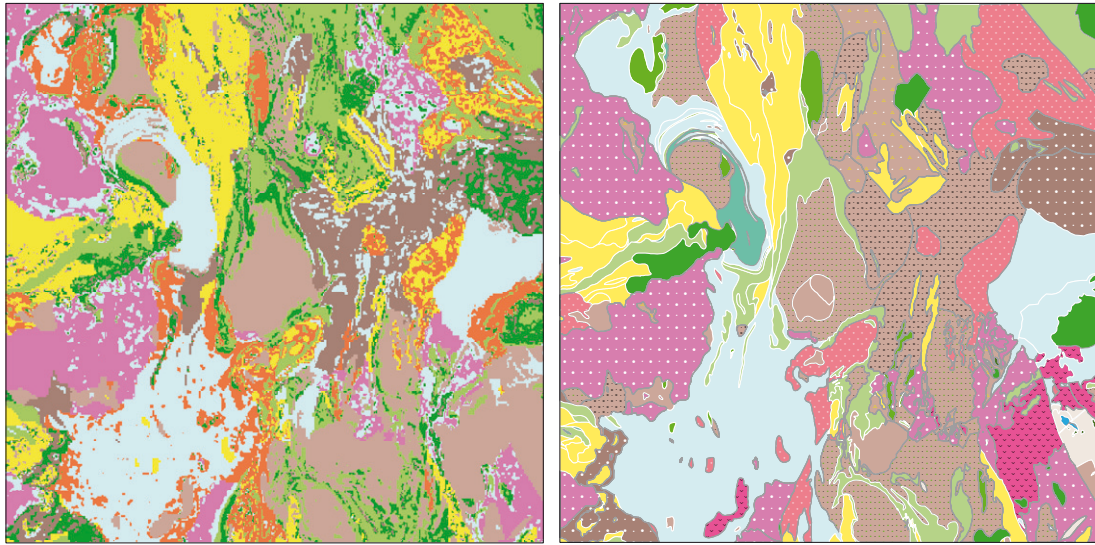
The preliminary analysis of magnetic data and 1:250 000 scale geological map over Skellefte and 1:50 000 scale geological maps over Boden–Harads reveals that the general structural trend, lithologies and faults in this region can be easily identified on colour-relief shaded grids. Magnetic and gravity vertical gradient are also closely spaced geological units and vertical gradient anomalies produced by near-surface geological features. In many cases magnetic data probably provide the best tool for mapping geological structure in regional and local scale, where the bedrock is obscured by glacial overburden, dense vegetation and various unconsolidated sediments. Calibration of magnetic signatures with exposed geology offers the additional possibility of predicting rock type.

The ternary or three-component radioactive element map is an effective method of displaying variations in total radioactivity and the relative abundances of the three radioactive elements, U, Th and K. Areas with similar ratios of eU, eTh, K will have the same colour and the intensity of that colour is a measure of the total radioactivity. This allows the map to represent the radioactive element distribution better than any of the other single variable or ratio-based maps. The ternary map is often easier to work with in order to get an overview of the distribution of radioactivity

Geochemical data can be interpreted in two different categories based on scale, sampling density and the quality of geochemical data. The use of geochemical data was more successful in predictive bedrock units over Skellefte than in Boden–Harad area. Standardization of till data is an effective method for detecting bedrock units from geochemical element or ratio of elements. Irregularities in geochemical pattern and related outcropping rock bodies show that till geochemistry alone cannot be used for geology reconstructions in local scale, unless the quaternary history of the area is well known.

Unsupervised classification employs cluster algorithms to automatically produce a predictive map of image patterns with no direct input by the geologist (Harris, 2008). This form of classification is most often used when no field observations or reliable geologic map data are available. The unsupervised approach may also be useful to extract unique anomalous patterns (interpreted as geological units or structures) from the image data that are not yet included in the existing geological knowledge base of the area. An example of unsupervised classification from the Boden–Harads area is shown in Figure 1.

Parametric methods (Maximum Likelihood and a Minimum distance) and a nonparametric method (Artificial Neural Network Classifier) were used to predict the eleven lithological groups in a training area in the Skellefte District. Figure 2 shows the result of supervised classification using Maximum likelihood and Minimum distance at regional scale in the Skellefte District. Maximum likelihood classification shows better overall resemblance with the generalized geology. on the other hand unsupervised classification patterns obtained with the predictive method suggests the occurrence of spatially distribution of mafic and felsic rocks and finally, neural network classification was successful on prediction of specific bedrock units separately, such as gabbro-diorite units, greywacke units and etc. This study suggests that supervised classification is a useful method to assist geologists in fieldwork planning and in identifying targets for map refinement and exploration.



Legend (Map 1 Left)

unsupervised classification

VALUE

- class 1
- class 2
- class 3
- class 4

- class 5
- class 6
- class 7
- class 8
- class 9
- class 10

Legend (Map 2 Right)

- Diorite to Gabbro- 1800 Ma
- Granite Edefors -1800 Ma
- quartzsyenite to syenite Edefors Group
- Granite Lina suite
- Granite PMS
- Diorite to Gabbro Jörn G1

- Granodiorite to tonalite Jörn G1
- Granite G1
- Granodiorite to tonalite Jörn G1
- quartzdiorite Jörn G1
- Rhyolite to dacite Arvidsjuar group
- Amphibolite to Andesite Arvidsjuar group
- Andesite to Basalt Arvidsjuar group
- Andesite to Basalt Svartågröpp

- Andesite to Basalt botnian group
- Quartzite
- Paragneises Botnian group
- Sandstone to arkos
- greeywacke
- greeywacke Archean
- Gabbro Archean
- Granite Archean

Fig.1: Unsupervised classification pattern of bedrock map over Boden-Harads (left) and compiled map (right) showing the correlation between lithological units and compiled map.

Acknowledgements

I am indebted to B. Kathol, M. Bastani, Mats Wedmark and M. Sundh for compilation and preparing the spatial data set. I am also grateful to the Geological Survey of Sweden for funding of the internal research project No-35176, which resulted in this report.

References

Carranza, M. & Sadeghi, M. 2010: Predictive mapping of prospectivity and quantitative estimation of undiscovered VMS deposits in Skellefte district (Sweden). *Ore Geology Reviews*, 38, 219–241.

Harris, J.R. (ed.) 2008: Remote predictive mapping: An Aid for Northern Mapping. *Geological Survey of Canada, open file 5643*, 306 pp.

Kathol, B. & Weihed, P. (eds.), 2005: Description of regional geological and geophysical maps of the Skellefte District and surrounding areas. *Sveriges geologiska undersökning Ba 57*, 197 pp.

Delin, H. (ed), 2010: Bedrock mapping summary of ongoing activities 2009 with an introduction in English, 106 pp. Kathol, B., Sadeghi, M., Aaro, S., and Jönberger, J. Project Boden–Jäkkvikk , 17–43.

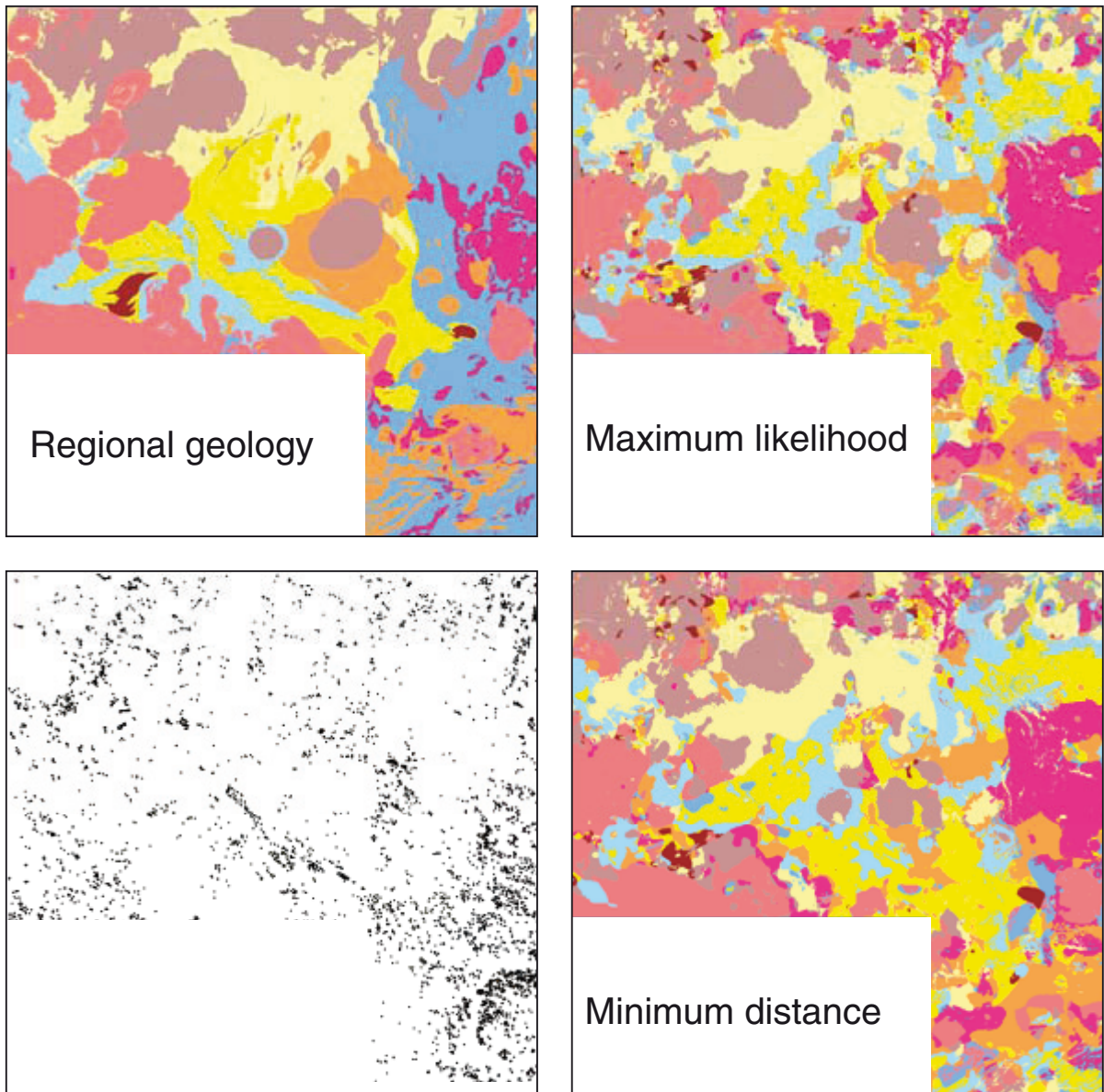


Fig. 2: General geological map and classified map patterns of regional study area. (a) general geological map (1,250 000) (b) outcrops in the study area (c) classification obtained with maximum likelihood method (d) classification obtained with minimum distance method.

Ultrabasic–basic intrusions of Roslagen, east-central Sweden: mineralogy and geochemistry of early Svecofennian arc cumulates

ÅKE JOHANSSON, NRM

ULF B. ANDERSSON, UU

ULF HÅLENIUS, NRM

Several ultrabasic to basic intrusions occur in the Roslagen area of east-central Sweden, the most well-known being the Rådmansö and Grovstanäs gabbro massifs (Erdmann 1846, Svedmark 1885, Du Rietz 1929, Lundegårdh 1943, 1947). Some of them coincide with prominent positive magnetic anomalies on the SGU aeromagnetic map. They are surrounded by 1.90–1.87 Ga old early orogenic Svecofennian granitoids, and were formed in close connection with this subduction-related tonalitic to granitic magmatism. An imprecise Sm-Nd WR isochron yields an age of $1\,895 \pm 71$ Ma. In spite of the penetrative deformation in the surrounding granitoids, the basic–ultrabasic rocks mostly appear undeformed and largely preserve magmatic textures with plagioclase, olivine (in some rock types), ortho- and clinopyroxene, and amphibole as major constituents. The plagioclase is typically very anorthitic (c. An_{90}), something that was noted already in the early literature. When in contact with plagioclase the olivine is surrounded by two- or three-layer coronas outwards comprising: 1) orthopyroxene, 2) amphibole, and 3) amphibole-spinel symplectite, reflecting late- to post-magmatic reactions involving water. The Grovstanäs massif shows well-developed igneous layering (cf. Lundegårdh 1943). The Rådmansö massif consists of an outer part of medium-grained olivine-free pyroxene and amphibole gabbro, and a central part of coarse-grained olivine-bearing leucogabbro (cf. Lundegårdh 1947). Although the latter probably is slightly younger, both types appear to have originated from the same parental magma.

Although extensive descriptions of field relations, petrology and mineralogy of the gabbros are available in the older literature, little modern geochemical data exist, and this SGU-supported project tries to fill this gap. Whole rock major, trace and isotope (Nd, Sr) geochemistry as well as mineralogy and mineral chemistry (EDS data) have been studied on samples from the Rådmansö and Grovstanäs intrusions, as well as the smaller Ruggsätra, Beateberg, Storsjön and Fastarby massifs.

The Roslagen basic–ultrabasic rocks range in composition from primitive to evolved (Mg# 80 to 49), but contain only 40 to 50 wt% SiO_2 . Both textural and geochemical evidence indicate that most of the rocks are cumulates. Many samples are highly elevated in Al_2O_3 , CaO and Sr, and show strong cumulation of anorthitic plagioclase. Though masked by cumulus effects, relative trace element contents indicate a volcanic arc signature. The initial Nd isotope composition is homogeneously ‘mildly depleted’, with eNd of +0.3 to +1.1, and the initial Sr isotope composition ‘mildly enriched’, with ϵ_{Sr} of +8 to +15 ($^{87}Sr/^{86}Sr(i)$ of 0.7028–0.7033).

Due to cumulation of plagioclase and (in some rock types) olivine, most of the samples are highly depleted in incompatible trace elements, including rare earth elements. However, in line with being plagioclase cumulates, they have strongly positive Eu- and Sr-anomalies. Seemingly more evolved non-cumulus rocks with small Eu and Sr anomalies can be used to deduce the composition of the parental magma. This LILE and LREE enriched and HFSE depleted high-alumina basalt magma, with Mg# of c. 55 and Ca# of c. 80, apparently formed by partial melting of mantle material enriched by fluids or sedimentary components in a subduction-related

environment at c. 1.9 Ga. The isotope systematics indicate some 200–300 million years of average crustal pre-history for the enriched source components. Non-cumulus rocks crystallized from this water-rich magma, while anorthite and olivine (c. Fo₇₀) cumulates apparently crystallized from a somewhat more evolved magma with Mg# of c. 40. Crystallization was followed by the development of late- to post-magmatic coronas around olivine in the presence of H₂O-rich fluids.

References

Du Rietz, T., 1929: Studies on the rocks of Rådmansö. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 51: 473–532.

Erdmann, A., 1846: Om de i Sverige förekommande bergarter, som föra hornblende eller augit. *Kungliga Vetenskapsakademiens Handlingar: Stockholm*.

Lundegårdh, P. H., 1943: The Grovstanäs region. An ultra-basic gabbro massif and its immediate vicinity. *Bulletin of the Geological Institution of the University of Uppsala* 29: 305–388.

Lundegårdh, P.H., 1947: Den ultrabasisiska gabbron i Roslagen (English summary: The ultra-basic gabbro of Roslagen, central Sweden). *Sveriges geologiska undersökning C 484*, Stockholm, 50 pp.

Svedmark, E., 1885: Gabbron på Rådmansö och angränsande trakter af Roslagen. *Sveriges geologiska undersökning C 78*, Stockholm, 118 pp.

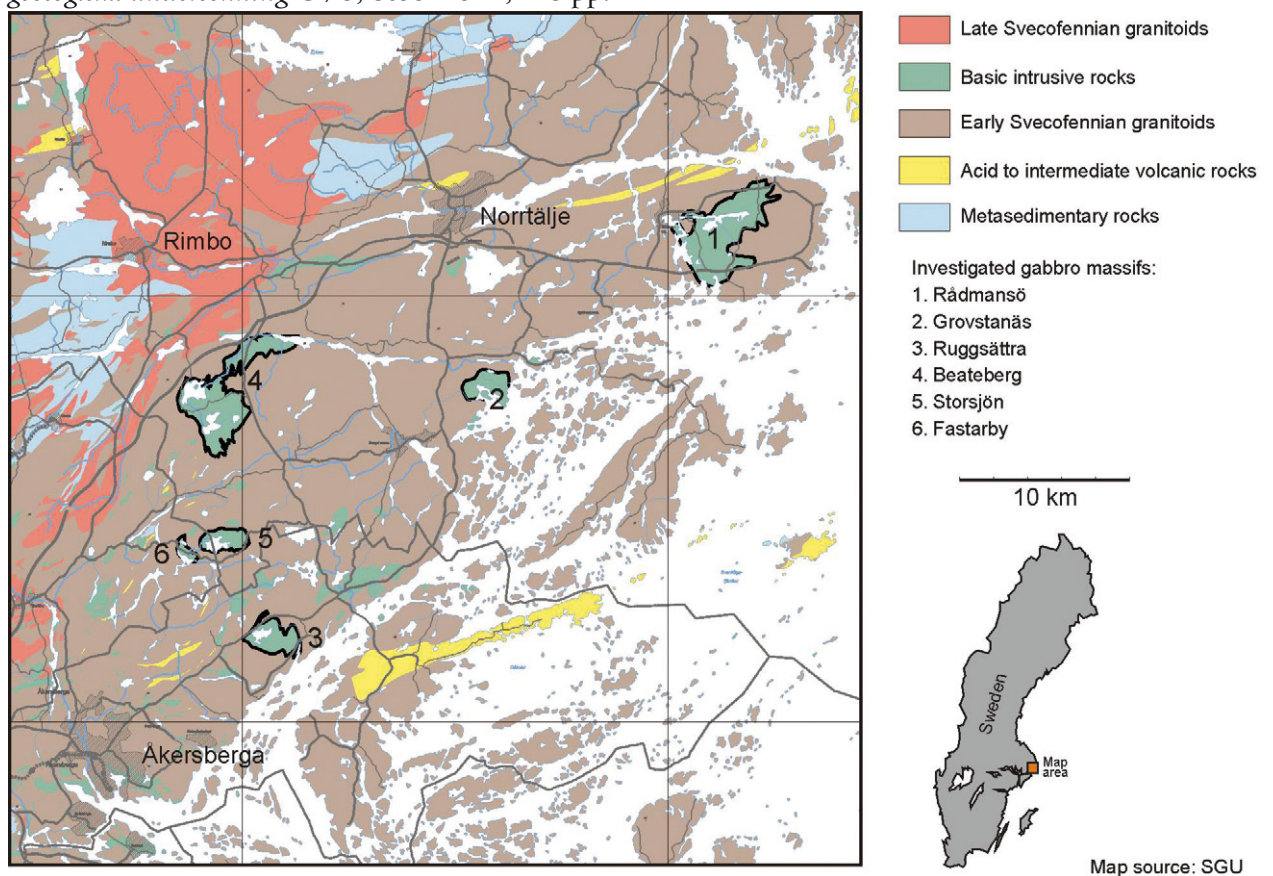


Fig. 1. Geological map of the southern Roslagen area, east-central Sweden, based on the digital bedrock map of the Geological Survey of Sweden (SGU), with investigated gabbro massifs marked.

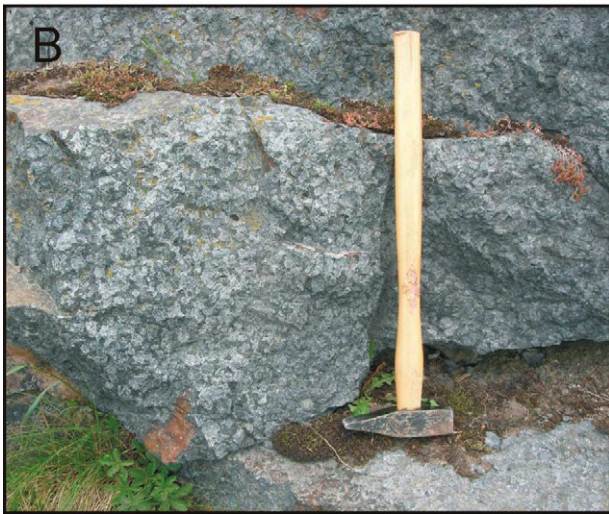


Fig. 2. Field photos of the Roslagen gabbros. **A.** Gabbro (two colour varieties) cross-cut by granite and pegmatite in the border zone of the Rådmansö massif at Rådmansö sport hall, in a manner suggestive of magma mingling. **B.** Coarse-grained olivine-bearing leucogabbro, Åkerö, central part of Rådmansö massif. **C.** Igneous layering within the Grovstanäs gabbro. Length of hammer 50 cm.

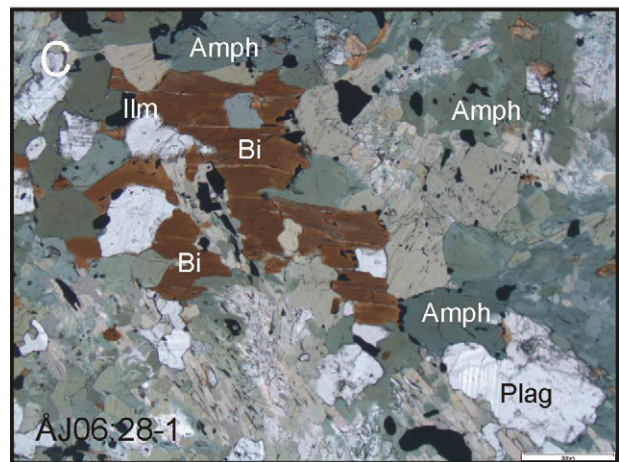
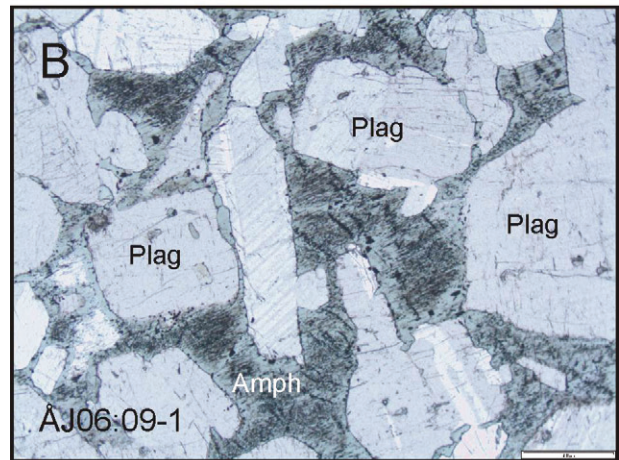
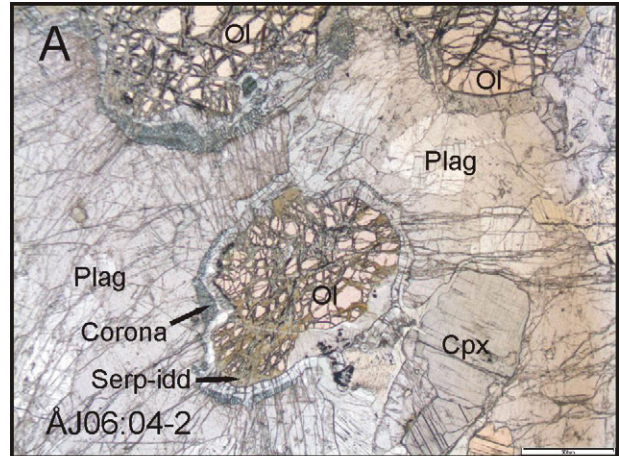


Fig. 3. Photomicrographs of minerals and textures in thin sections from the Roslagen gabbros. Parallel nicols, length of scale bar in all photos 500 μ m. **A.** Cumulate plagioclase (plag) and olivine (ol), partly altered to serpentine-iddingsite (serp-idd), and surrounded by thin coronas. Sample ÅJ06:04, Grovstanäs. **B.** Typical cumulate texture with cumulate plagioclase and interstitial amphibole (amph) intermixed with fine-grained Ti-rich opaque material. Sample ÅJ06:09, Ruggsättra. **C.** Non-cumulate gabbro with plagioclase, green amphibole, biotite (bi), and opaque minerals (ilmenite, ilm). Sample ÅJ06:28, Beateberg.

Nötnings- och poleringsegenskaper hos bergarter samt deras förutsättningar för att producera PM₁₀

MAGNUS DÖSE, CBI

URBAN ÅKESON, Trafikverket

Halten av inandningsbara partiklar, större än 2,5 µm, men mindre än 10 µm (PM₁₀) i utomhusluft regleras i Sverige av en miljö kvalitetsnorm; förordning (2001:527) för utomhusluft. Den nuvarande normen överskrids i många väg- och gatumiljöer idag i storstadsmiljöer. En viktig bidragande orsak till detta är damm från vägslitage orsakat av dubbdäck. Tidigare studier (Gustafsson 2005) har visat att stenmaterialet från beläggningen är den främsta källan till PM₁₀ under de perioder då halterna är som högst (sen vinter–tidig vår). Partiklarna som bildas består i huvudsak av mineralkorn från beläggningens stenmaterial, vars egenskaper alltså styr såväl mängden bildade partiklar som deras kemiska och fysikaliska egenskaper.

En möjlighet att minska de negativa effekterna av slitagedamm från vägbeläggningar är att välja stenmaterial som ger så låga halter av partiklar som möjligt. Då stenmaterialets egenskaper även påverkar beläggningens beständighet och ytegenskaper, måste ett lämpligt material uppfylla flera olika krav med betydelse för såväl livslängd, trafiksäkerhet, miljö, hälsa och buller. En åtgärd som starkt påverkar beläggningssval är att minska dubbdäcksanvändningen, särskilt i tätorter. En minskad dubbdäcksanvändning skulle, då dagens beläggningar är anpassade till dubbdäcksanvändning, dock medföra ökad polering av vissa särskilt hållfasta beläggningar och därmed påverka friktionen mellan däck och vägtyta på ett ur trafiksäkerhetssynpunkt negativt sätt (Jacobson 2002).

Sammantaget innebär detta att om dubbdäcksandelen minskas måste stenmaterial som har goda nötningssegenskaper kunna användas, men med lägre poleringsbenägenhet och samtidigt med liten benägenhet att avge PM₁₀.

Kvaliteten på stenmaterialet i slitaget för svenska vägarna bestäms med hjälp av kulkvarnsvärde. Ur PM₁₀-bildningssynpunkt är det inte klarlagt om stort nötningsmotstånd också medför mindre mängd PM₁₀. Det totala slitaget på beläggningen är mindre med sten av god kvalitet men vad som är intressant i detta sammanhang är storleksfördelningen på de partiklar som genereras och andelen PM₁₀ av det totala slitaget.

För att titta närmare på det totala slitaget och mängd producerad PM₁₀ har fem olika bergarter med varierande kvalitet undersökts. Mekaniska tester som bestämmer nötnings-, sprödhets- och poleringsegenskaper har utförts. Mängden av det finmaterial (0–2mm) som genererats från testerna har sedan analyserats med hjälp av laserdiffraktion för att se hur stor del av materialet som utgörs av PM₁₀ för respektive bergart.

Mineralogin i bergarterna samt i producerat finmaterial har jämförts och undersökts med hjälp av röntgendiffraktion. Van de Wall (1992) och Erichsen (2009) påpekar de ”mjuka” mineralens betydelse (glimmer) vid en bergarts förmåga att poleras. Följaktligen har också en analys av de mjuka mineralen, i detta fall, glimmer studerats och dess inverkan på materialets benägenhet att poleras. Tillika argumenterade Lundkvist och Göransson (2001) att kornform, kornstorleksvariation samt andel finkornig grundmassa är betydande parametrar för en bergarts mekaniska egenskaper. Åkesson (2004) demonstrerade också mikrostruktu-

rens betydelse vid nötning av bergarter. Med hjälp av mikroskopi har således bergarternas mikrostruktur, kornstorlek, kornstorleksvariation och mineralsammansättningen bedömts mot bergarternas förmåga att motstå nötning och polering.

Resultaten visar (fig. 1) till övervägande del att de bergarter som har det största slitaget också producerar procentuellt mest PM₁₀. (åtminstone på kulkvarnsvärden med <12 % förlust).

Sambandet mellan nöttnings- och poleringsegenskaperna redovisas i figur 2. Här syns att det delvis är ett bra samband mellan lågt kulkvarnsvärde och hög poleringsbenägenhet, men också att det finns material med bättre poleringsegenskaper, som fortfarande har ett lågt kulkvarnsvärde.

Delvis innebär detta att flertalet av de stenmaterial som valts för ytbeläggning på våra högt trafikerade vägar idag troligtvis är något poleringsbenägna och inte skulle klara de krav som finns i Europa på poleringsmotstånd (>50). Några av proverna visar dock goda nötningsegenskaper samtidigt som de är mindre poleringsbenägna än flertalet av övriga bergartsprover. De bergarter som är minst poleringsbenägna i förhållande till nöttningsbeständigheten i denna studie är kvartsiterna och de parametrar som påverkar mest är mikrostrukturen och hur glimmermineralen är fördelade. Kvartsit A, som är mest poleringsbenägen uppvisar den högsta metamorfa graden (Fig. 3a) medan kvartsit D har kvar den sedimentära mikrostrukturen (Fig. 3b).

Glimmermineralen i mineralkornen är också intressant i förhållande till polering. I Kvartsit A uppträder en homogen fördelning av glimmer, vilket, står i kontrast mot övriga kvartsiter, där glimmermineralen i hög grad är ansamlade längs foliationsplan och cleavage. Detta

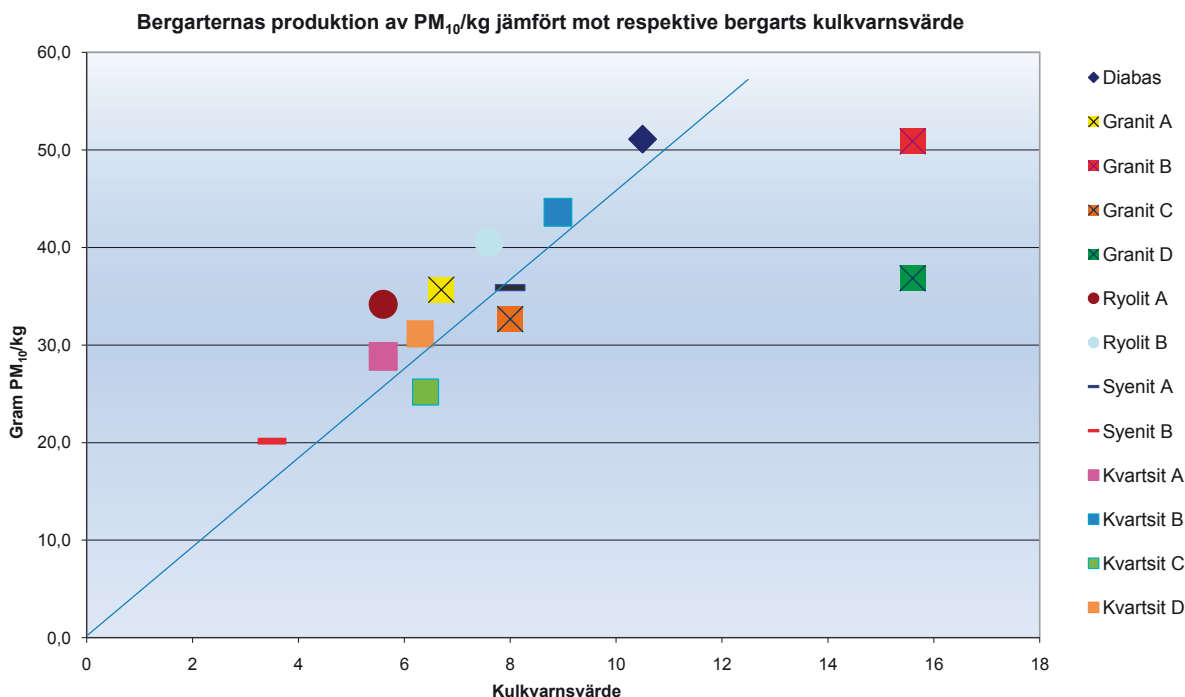


Fig. 1. Diagram som visar 13 olika bergartsprover och deras samband mellan halten PM₁₀ i gram/kg och deras respektive kulkvarnsvärde (enligt metod SS-EN 1097-9).

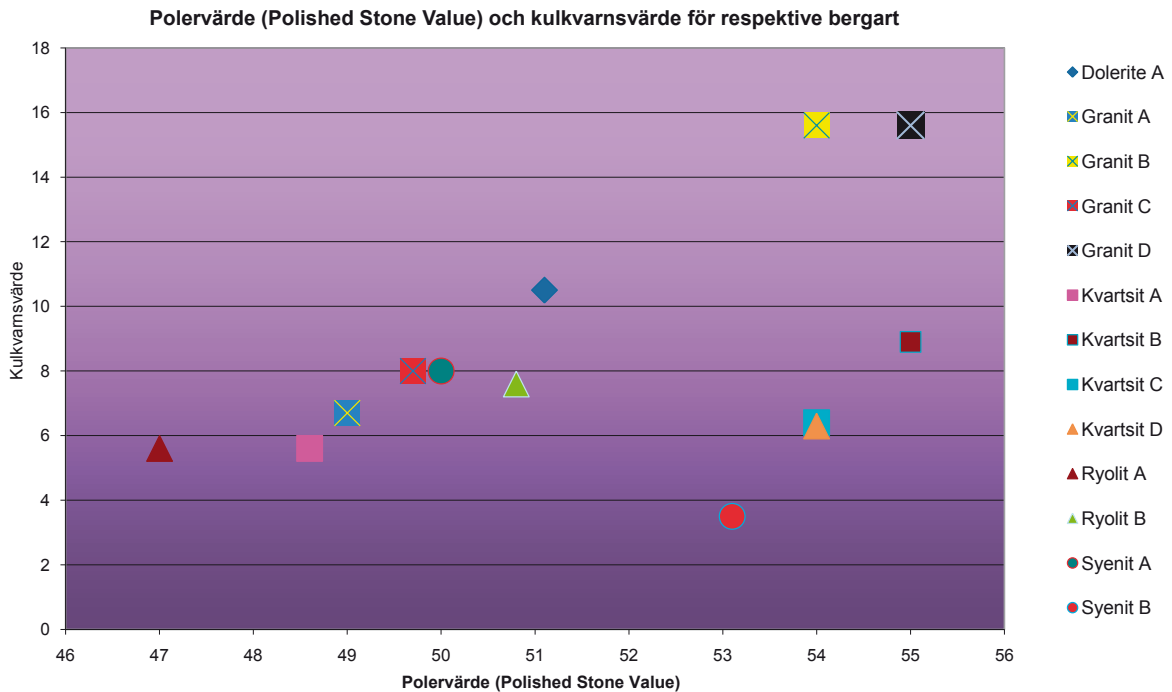


Fig 2. Sambandet mellan bergartsprovets kulkvarnsvärde och Polervärde (Polished Stone Value), en metod som mäter bergarters poleringsmotstånd från bildäck.

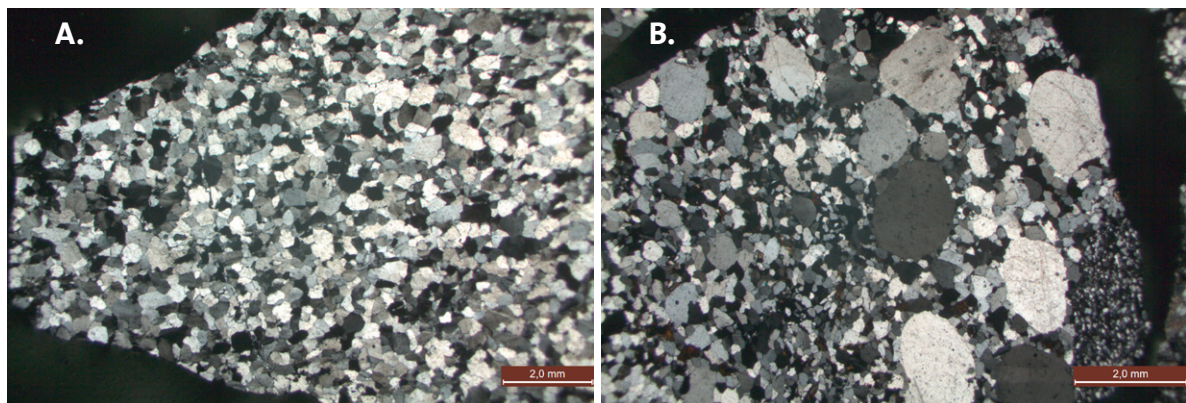


Fig. 3a illustrerar kvartsit A i jämförelse med Kvartsit B till höger, som har en betydligt mer bevarad sedimentär mikrostruktur.

framhävs också tydligt bland graniterna, där glimmermineralen, i de mindre poleringsbenägna graniterna, är ansamlade främst längs svaghetsplan i mineralkornen. Detta är också i linje med en jämförelse av glimmer i finfraktion för partiklar mindre än 75 μm från nötning kontra finfraktion, <75 μm av glimmer från bergarten. I finfraktionen från nötning ökar generellt glimmermängden gentemot glimmer i finfraktion från bergarten med ökat poleringsvärde för bergarterna. Detta innebär sammantaget att glimmers ofta heterogena uppträdande, inte sällan ansamlad längs svaghetsplan i bergarten, såsom foliationsplan (cleavage), bidrar som en del i mikrostrukturen till att i hög grad ge förbättrade poleringsegenskaper. En mer heterogen kornstorleksfördelning kan också påverka motståndet mot polering positivt.

Referenser

Erichsen, E., 2009: Relationship between PSV and in situ friction: a Norwegian case study. *Bulletin of Engineering Geological Environment*. V.68, s 339–343.

Gustafsson m.fl., 2005: Inandningsbara partiklar från interaktion mellan däck, vägbana och friktionsmaterial. Slutrapport av WearTox-projektet, *VTI rapport 520*.

Jacobsen, 2002: Polering av asfaltsbeläggning. *VTI notat 25–2002*. Vägverket Region Stockholm.

Lundquist, S., Göransson, M., 2001: Evaluation and interpretation of microscopic parameters vs. mechanical properties of Precambrian rocks from the Stockholm region, Sweden. Proceeding of the 8th Euroseminar om Microscopy Applied to Building Materials, Athens department de geologie, Athens, s. 13–20.

Van de Wall, A.R.G., 1992: The Polishing of Aggregate Used in Road Construction. *Faculty of Mining and Petroleum Engineering, No 96*.

Åkesson, U., 2004: Microstructures in granites and marbles in relation to their durability as a construction material, Earth Sciences Centre, Göteborg.

Metoder för att kompensera för sekulärändringen vid flygmagnetisk undersökning

PATRIK JOHANSSON, SGU

Detta projekt baseras på en presentation som Juha Korhonen höll på 2009 års konferens av International Association of Geomagnetism and Aeronomy (IAGA 2009). Där visade han differensen mellan två dataset. Det ena datasetet var nordiska flygmagnetiska mätningar nära marken, såsom SGUs flygmagnetiska mätningar. Den andra var den s.k. höghöjdsflygningen: 1965 gjorde Dominion Observatory, Kanada, på uppdrag av de nordiska länderna en flygmätning på 3 km höjd över Norden, som mätte det geomagnetiska vektorfältet (Eleman m.fl. 1969), alltså inte enbart totalfält. Korhonen visade på en påtaglig "kartbladsförkastning" i norra Sverige.

Idén var därför att först rekonstruera Korhonen's resultat och sedan hitta en bättre metod för att räkna tillbaks flygdata till en gemensam epok.

Jordens magnetfält varierar i tiden, såväl sekundsnabbt som med ojämn hastighet över åren. Källorna till de snabba variationerna är strömmar i jonosfären och källorna till de långsamma, sekulära ändringarna är strömmar i kärnans flytande yttre del. När man gör flygmagnetiska mätningar som man vill kunna jämföra med varandra måste man ta hänsyn till detta och bestämma sig för ett visst år, en s.k. epok, som man refererar alla mätningar till. Ofta använder man då årsmedelvärden av magnetfältet för att undvika att de snabba variationerna spelar in. Årsmedelvärden, medelvärden över en tolv månadersperiod, formateras antingen vid årets början (t.ex. 1965.0) eller vid årets mitt (t.ex. 1965.5).

Om mätningen således gjordes 1975, och efter korrektion av de snabba variationerna då har epoken 1975.5, och man vill ha den i 1965.0, så måste man subtrahera sekulärändringen för 1965.0 till 1975.5. Då kommer mätningarna att passa ihop även om de gjorts vid olika år.

När flygmätningar tidigare gjordes i Sverige approximerade man magnetfältets sekulära ändring med ändringen vid Lovö geomagnetiska observatorium. Man flög över Lovön och sedan över en referenspunkt vid mätområdet, och flyttade på så sätt ut skillnaden från Lovön. Ibland gjordes detta i flera steg med mellanliggande punkter. Poängen är emellertid att man därigenom antog att sekulärändringen i hela Sverige var densamma som på Lovön. Som man ser i figur 2 är detta ingen dålig approximation, men det skiljer ändå kanske 5 nT/år mellan norra och södra Sverige.

Så länge man fortsätter att flyga på områden som direkt gränsar till fjolårets flygningar kan man alltid anpassa nivån till intilliggande områden. Problem uppstår dock om man börjar fylla igen luckorna mellan två områden som flugits för länge sedan. Då upptäcker man plötsligt att sekulärändringen inte varit konstant i hela Sverige, och man får en kant som man måste ta hand om. Det är sannolikt så «kartbladsförkastningarna» i de gamla flygdata kommit till, men det är inte enkelt, om ens möjligt att rekonstruera hur dessa gamla data har nivellerats. Dessutom har en stor del av Sverige nivellerats om efter den s.k. tie-lines-flygningen.

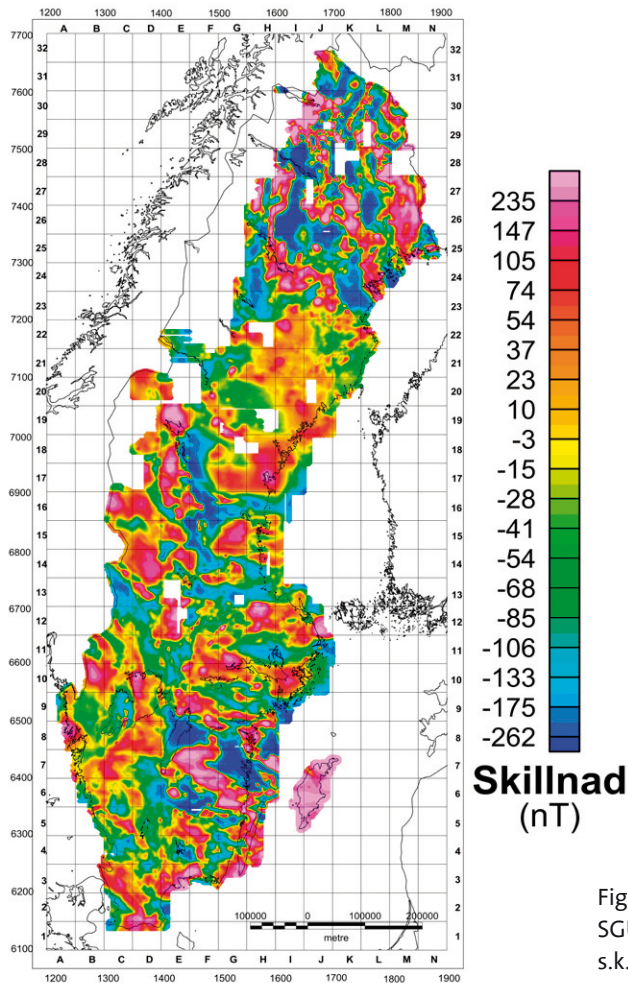


Fig. 1. Skillnad mellan magnetiskt totalfält från SGUs flygmätning, uppräknat med 3 km, och den s.k. höghöjdsflygningen 1965.

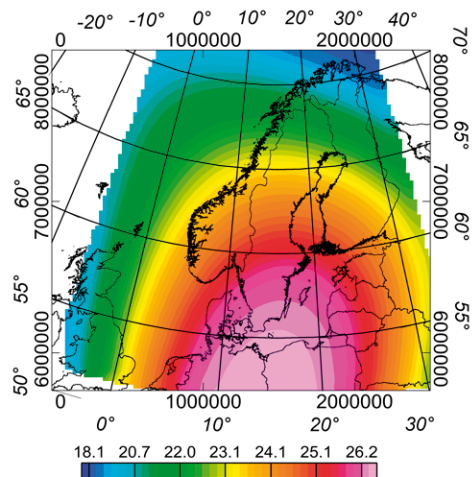
Tie-lines-flygningen av genomfördes 1998 av Geologiska forskningscentralen (GTK, Finland) på uppdrag av SGU en i stora delar av Sverige just för att lösa det just beskrivna problemet. Flygningarna ordnades så att man i princip flög diagonalt över varje kartblad.¹

Sedan de flygmagnetiska mätningarna nivellerats om så ser man inte längre några fel i data. Figur 1 visar skillnaden mellan magnetiskt totalfält, uppräknat med 3 km, och höghöjdsflygningen (som gjordes på 3 km).² Skillnaderna vi ser beror sannolikt på fel i höghöjdsflygningen (t.ex. positionsbestämningen) eller på att höghöjdsflygningen varit så gles att man jämnat ut den mer.

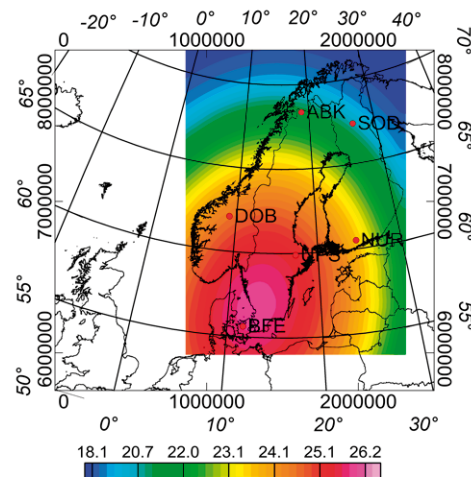
Nästa steg är att fråga sig: Om man inte kan anta att sekulärändringen har samma hastighet i hela Sverige, hur gör man då? De enda ställen vi har god information om sekulärändringen på är de geomagnetiska observatorierna. SGU har länge använt nordiska geomagnetiska

¹) Tie-lines-flygningen levererades reducerad till epok 1965.0. För datareduktionen användes nordiska geomagnetiska observatorier genom SGUs modell (se nedan).

²) Pga. topografin borde data egentligen ha räknats upp *till* 3 km istället för *med* 3 km, men denna förenkling torde inte ha påverkat resultatet nämnvärt.



**Ändring av magnetiskt totalfält
1965.0-1998.5 enligt IGRF 11
(nt/år)**



**Ändring av magnetiskt totalfält
1965.0-1998.5 via interpolering
av nordiska observatorier (nt/år)**

Fig. 2. Genomsnittlig årlig ändring av magnetiskt totalfält 1965.0–1998.5, **A.** enligt modellen IGRF 11. **B.** SGUs modell baserad på data från nordiska geomagnetiska observatorier.

observatorier för att beräkna ett polynom som approximerar sekulärändringen. (Den tidigaste datumangivelsen i ett av programmen vi använder är “augusti 73/KBW”.) Resultatet är ett andragspolynom i koordinaterna.

Ett annat sätt är att använda International Geomagnetic Reference Field (IGRF). Den senaste versionen är IGRF 11. På senare år har även satellitdata använts för att ta fram denna modell. Satellitmätningarna använder i sin tur de geomagnetiska observatorierna som referenser, men för tidigare år är modellen till stor del baserad enbart på geomagnetiska observatorier och andra markbundna data.

Figur 2 visar den årliga ändringen av magnetiskt totalfält 1965.0–1998.5, (a) enligt IGRF 11, (b) enligt SGUs på nordiska observatorier baserade polynom.

Vi känner fortfarande inte till vad vi skulle se om vi hade ett nät med observatorier mycket tätare än det vi har idag. Skulle vi se områden med avvikande sekulärändring (pga. att vi har områden med en avvikande magnetisk susceptibilitet)? Rådata för flygmätningarna från 1995 och framåt går att ta fram ganska enkelt om vi skulle vilja göra en ombearbetning av data. Bearbetade data är ju idag knutna mot tie-lines-flygningen 1998 (omräknad bakåt till 1965.0), men i framtiden skulle man kanske vilja göra om flygningarna för ett område, och sedan jämföra med den gamla mätningen, just för att kunna säga hur stor del av en anomali som beror på remanens, och hur stor del som beror på susceptibilitet (föreslaget av Pedersen 2003).

Referenser

Eleman, F., Borg, K., Öquist, U., Sucksdorff, C. 1969: The aeromagnetic survey of Denmark, Finland, Norway, Sweden 1965, Swedish Board of Shipping and Navigation, Stockholm.

International Association of Geomagnetism and Aeronomy, Working Group V-MOD, 2010: International Geomagnetic Reference Field: the eleventh generation, *Geophysical Journal International* 183, 1 216–1 230.

Korhonen, J., 2009: Comparison of data sets of WDMAM 2007. IAGA-2009, 505-TUE-00830-1211.

Pedersen, L., 2003: Mapping the remanant and the induced magnetization in the Earths crust. How can it be done? Seminarium 2003-11-27, SGU.

RMT- och MRS-mätningar på gotländsk kalksten, en metodstudie

LENA PERSSON, SGU; MIKAEL ERLSTRÖM, SGU

NILS PERTTU, LTU

Syftet med detta FoU-projekt är att sammanställa och publicera de nya resultat som kommit fram i samband med SGU's kartering på Gotland samt inom de följdundersökningar som karteringsprojektet hittills genererat. Flygmätningen på Gotland 2006 gav en ny bild av Gotlands berggrund. Framförallt mätningarna av elektromagnetiska fältet (VLF) gav ny information om den ytliga siluriska berggrunden, dvs. kalksten och märmel. Resistivitetskartan (fig. 1), som beräknas från elektromagnetiska data, visar tydliga skillnader mellan högresistiva kalkstensområden och märgelområden med låg resistivitet.

Flygmätningarna har sedan följts upp med ett antal markmätningar med radiomagnetotellurikmetoden (RMT). Markmätningarna har utförts inom ramen för SGUs karteringsprojekt (berggrund samt grundvatten). Resultaten visar att RMT-metoden lämpar sig mycket väl för att bestämma mäktigheten på den högresistiva kalkstenen och kontakten mot underliggande märmel. Revkalkstenen har ett djupgående som varierar mellan ca 40–80 m och underlagras av lerigare växellagrade enheter med kalksten och märmel (Persson m.fl. 2008).

Mätningarna har koncentrerats till det högresistiva området mellan Östergarn och Klin-tehamn på mellersta Gotland (fig. 1). Detta område är speciellt intressant ur hydrogeologisk synpunkt eftersom tidigare resultat visat att det utgörs av uppsprucken kalksten med förmodade goda vattenförande egenskaper i anslutning till sprickzoner och övergångar till underliggande märgelsten. I området sker en stor del av grundvattenbildningen för mellersta Gotland.

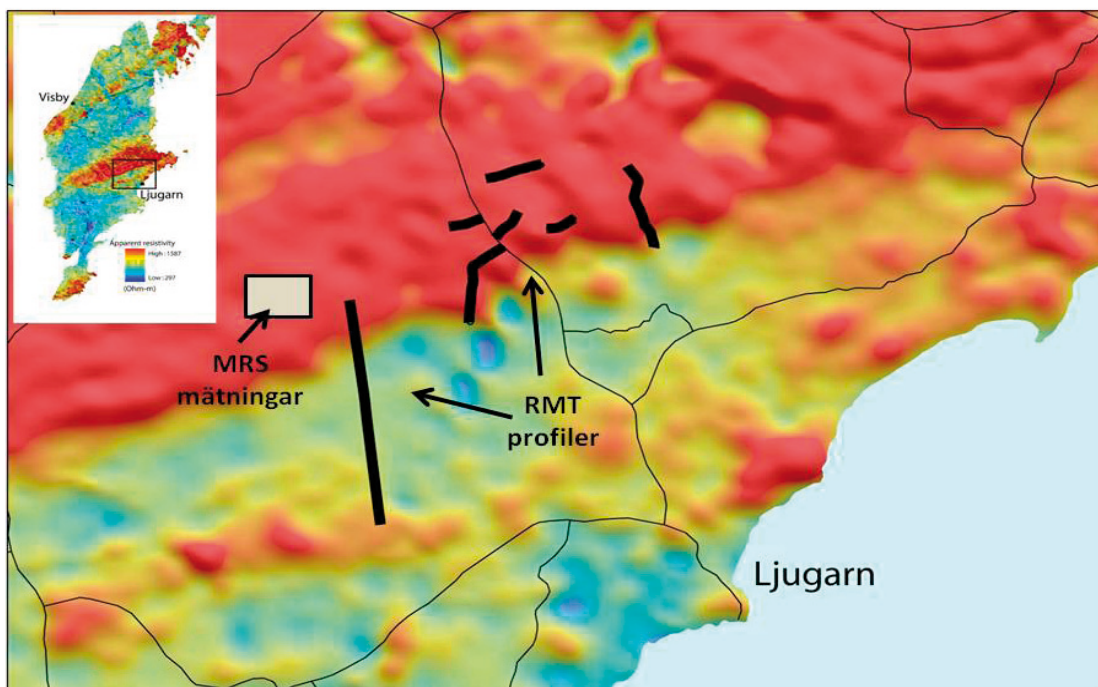


Fig. 1. Resistivitetskartan över en del av Gotland. Det högresistiva (röda) området sammanfaller med ett område med ren kalksten. Linjerna markerar uppmätta RMT profiler.

Ytterligare RMT-mätningar har utförts, inom samma område, på uppdrag av Gotlands kommun med syfte att undersöka om det finns geologiska förutsättningar för etablering av en ny kommunal vattentäkt i området. Utifrån resultaten från RMT-mätningarna har Gotlands kommun borrar tre 70–100 m djupa borrhål för grundvattenundersökningar. Borrhålen är placerade i förmodade sprickzoner och i områden med mycket tjock ”ren kalksten” för att se hur grundvattenflödet ser ut inom respektive område.

RMT- och MRS-mätningar i samarbete med Tekniska Universitet

Genom ett samarbete mellan SGU och Luleå Tekniska Universitet har vi uppmätt en gemensam profil med både RMT och MRS (Magnetic resonance sounding) i närheten av vårt tidigare undersökningsområde. MRS är en relativt ny geofysisk metod som är direkt kopplad till vattenhalten och inte till den elektriska ledningsförmågan (som RMT). I gynnsamma fall erhålls hydrologiska parametrar som vatteninnehåll, permeabilitet och akvifärens geometri (Perttu 2008).

Figur 2 visar resultatet från mätningen. Profilen är 450 m lång och uppmätt längs en mindre väg. Resistivitetsmodellen (fig. 2a) baserad på RMT-mätningen visar ett högresistivt lager (kalksten) som underlagras av märgel med lägre resistivitet. Mäktigheten på kalkstenen varierar längs profilen från 20 till 60 m. De mycket låga resistiviteter (<30 Ω m) som förekommer under 80 m djup, i mitten av profilen kan eventuellt orsakas av salthaltigt grundvatten.

Resultatet från MRS-mätningen (fig. 2b) visar att vattenhalten varierar mellan 0 och 5 procent och att de högsta vattenhaltarna är koncentrerade till ett djup mellan 20 och 30 m. Detta djup motsvaras i resistivitetsmodellen (fig. 2a) av högresistiv kalksten. Resultat från MRS-mätningen indikerar dessutom att vattnet förekommer i mindre mikrosprickor och inte i större karstsprickor och hålrum. Resultaten som hittills framkommit visar att en kombination av RMT- och RMS-mätningar bör vara gynnsam vid framtida grundvattenundersökningar på Gotland.

Referenser

Persson, L., Erlström, M., Bastani, M. & Pedersen, L. 2008: Airborne VLF measurements over the island of Gotland, Sweden. Extended abstract AEM2008 – 5th International Conference on Airborne Electromagnetics, Finland.

Perttu, N., 2008: Assessment of Hydrogeological and Water Quality Parameters, Using MRS and VES in the Vientiane Basin, Laos. *Licentiate Thesis, Luleå University of Technology, 2008:35*. ISSN:1402–1757.

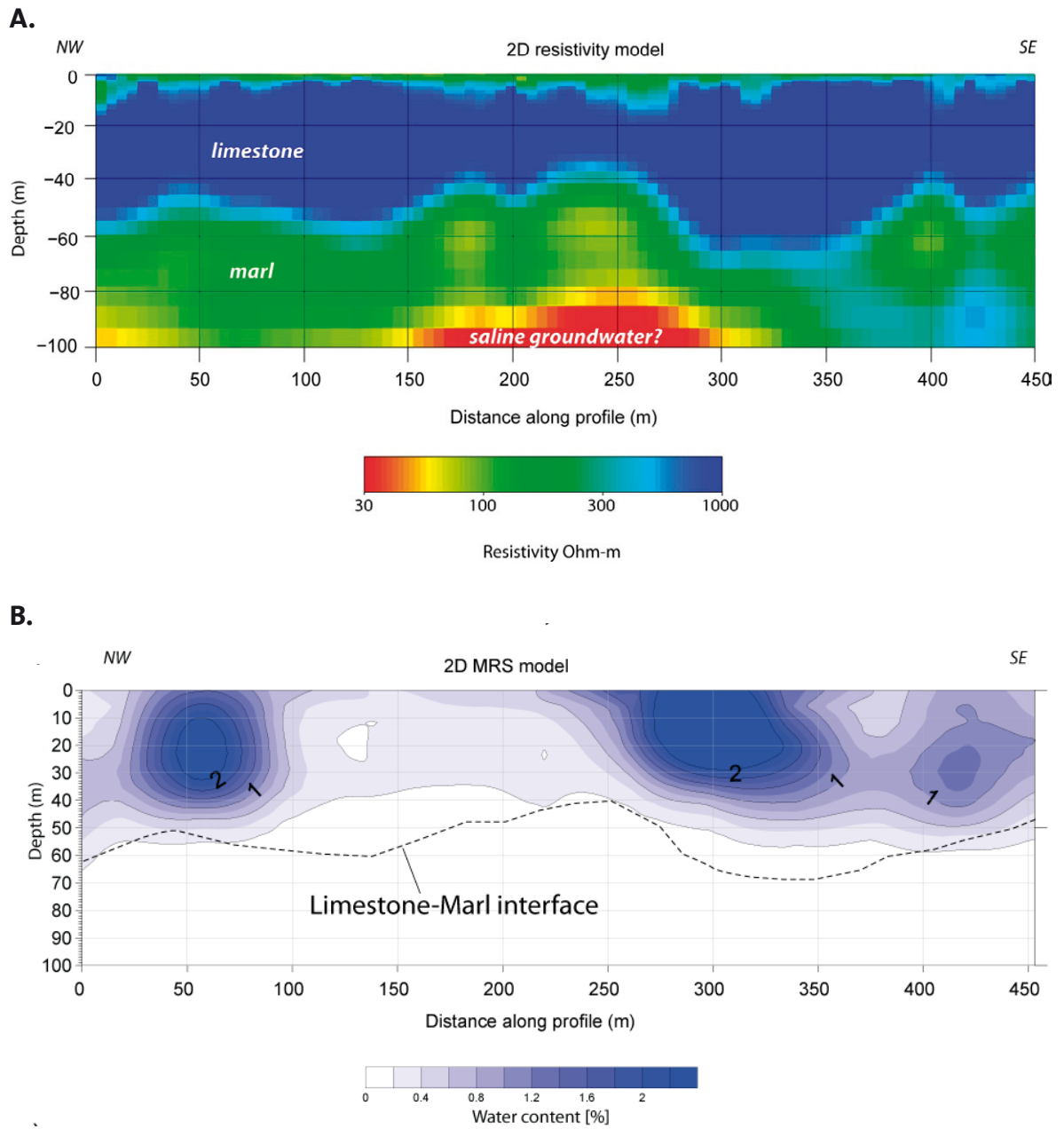


Fig. 2. **A.** Resistivetsmodell (RMT). **B.** vattenhalt i % från MRS.

Modelling and basin analysis of the uppermost Triassic to Lower Cretaceous of the Swedish part of the Danish Basin

SOFIE LINDSTRÖM, LU

In recent years the need to understand the structure and development of the subsurface sedimentary succession both on land and at sea has increased. This is primarily due to an increased demand of geothermal energy and possibilities for deposition and storage of CO₂ and energy in subsurface aquifers. For all these objectives high quality aquifers are needed. As an example, an aquifer suitable for Carbon Capture and Storage (CCS) should have a thickness of at least 10m, a porosity of at least 15 % and a permeability that preferably exceeds 100 mD. In order to keep CO₂ in its liquid state (>31 °C, 73.6 bar) within the aquifer a burial depth of at least 800 m is needed. Further the aquifer must be overlain by an impermeable rock unit, a cap-rock or seal, which prevents the CO₂ from reaching the surface. Knowledge of the location of faults or other boreholes is also essential, as CO₂ can otherwise reach the surface or freshwater aquifers closer to the surface.

The Mesozoic succession of southwestern Scania and the southern Baltic Sea contains several sandstone units that may act as potential aquifers. During the drilling of the geothermal well FFC-1 in Malmö in 2001, a 10 m thick interval of medium–coarse grained sand with high permeability was encountered at a depth of 1 670 m. A correlation study carried out in 2005–2006 indicated the presence of similar and possibly equivalent sand units in other wells in SW Scania (Lindström & Erlström 2007). These potential aquifers were of varying known lateral and vertical extent and further work was needed in order to assess their distribution.

Methods

This project includes material and data from a series of Swedish wells in the southern Baltic Sea and Scania, primarily Ljunghusen, Höllviksnäs/Höllviken-2 and -1, Kungstorp-1, Håslöv-1, Eskilstorp-1, Barsebäck-1, Mossheddinge-1, Svedala-1, FFC-1, Helsingborg, BH94, Fårarp-1, Köpingsberg-3 (Fig. 1). In order to obtain a better understanding of the complex subsurface geology across the Höllviken Graben and Barsebäck Platform, material and data from some important Danish wells, Stenlille-1, Karlebo-1/1A and Margretheholm-1, are also included in this study. New biostratigraphic data based on terrestrial and marine palynology has been retrieved from the majority of the selected wells. Palynological events; i.e. first and last occurrences of key taxa, acmes as well as reworking, have been registered, and are used for biostratigraphic dating and correlation between the wells. Together with available geophysical logs, and sedimentological borehole descriptions provided by the SGU and GEUS databases this enables careful borehole to borehole correlation, as well as lateral and vertical mapping of potential aquifers and seals.

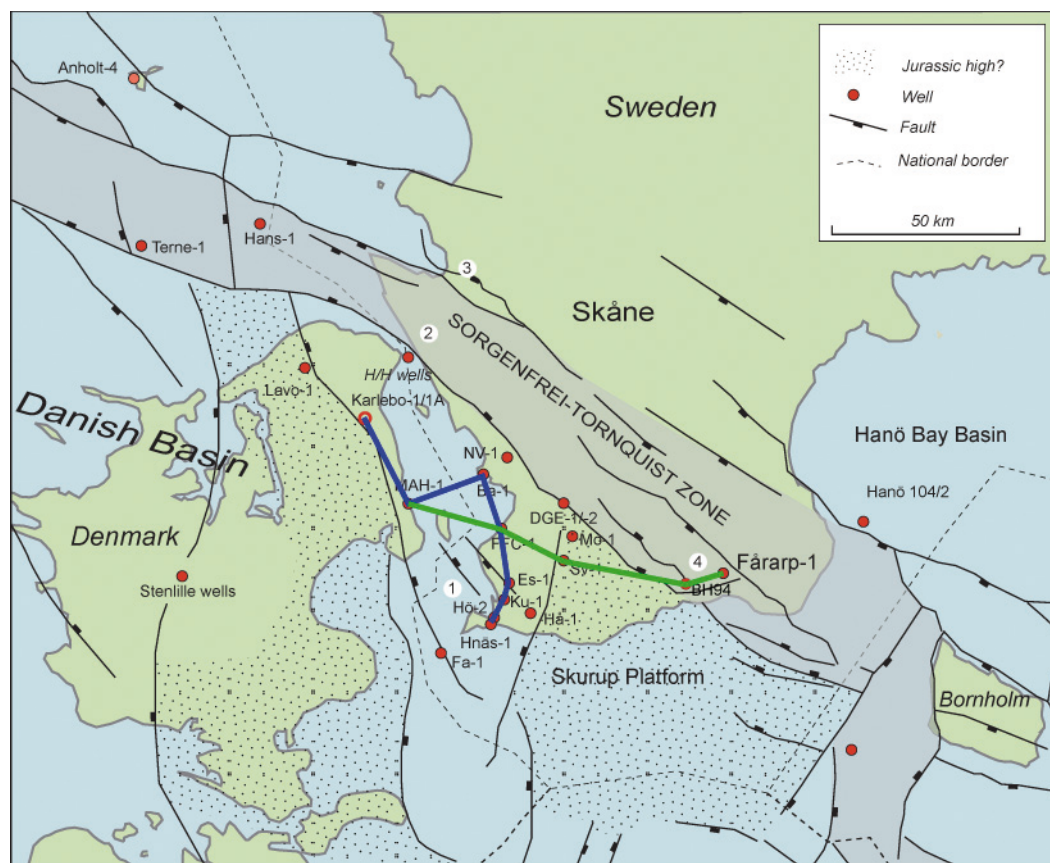
The data and interpretations of the Uppermost Triassic to Lower Cretaceous succession are presented along two transects: one north-south trending transect from the northeastern Sealand across the Öresund straight and down to southwestern Scania, encompassing the wells Karlebo-1A, Margretheholm-1/1A, Barsebäck-1, FFC-1, Eskilstorp-1, Håslöv-1, Kungstorp-1, and Höllviken-2/Höllviksnäs (blue line on Fig. 1), and the other which runs from northern Copenhagen to northern Malmö, across the Svedala Platform and the

southern part of the Vomb Trough (green line on Fig. 1). The two transects are the basis for a basin analysis that allows the Swedish part of the Danish Basin to be integrated with a previously published basin model for the Danish area by Nielsen (2003), and enables the latter to be further refined.

Results

The north-south transect (Fig. 2) clearly illustrates the complexity of the Upper Triassic to Lower Cretaceous succession in this area. The Uppermost Triassic (Rhaetian) strata are fairly uniformly developed across this part of the Danish Basin, and contain a medium–fine grained sandstone unit with a thickness between 15–20 m in the Höllviken Graben. Equivalent sandstone units are primary aquifers in the Stenlille area on Sealand, where the overlying thick succession of Lower Jurassic mudstones and shales of the Fjerritslev Formation act as primary seal.

The north-south transect clearly shows that the alternating succession of sandstone, siltstone and claystone/shale units that characterize the Lower Jurassic is more difficult to correlate and reflect a more dynamic coastline with deltas and shoreface sands (Fig. 2). In contrast to



1: Höllviken Halfgraben 2: Höganäs Basin 3: Ängelholm Trough 4: Vomb Trough

Fig. 1. This project includes material and data from a series of Swedish wells in the southern Baltic Sea and Scania, primarily Ljunghusen, Höllviksnäs/Höllviken-2 and -1, Kungstorp-1, Håslöv-1, Eskilstorp-1, Barsebäck-1, Mossheddinge-1, Svedala-1, FFC-1, Helsingborg, BH94, Fårarp-1, Köpingsberg-3.

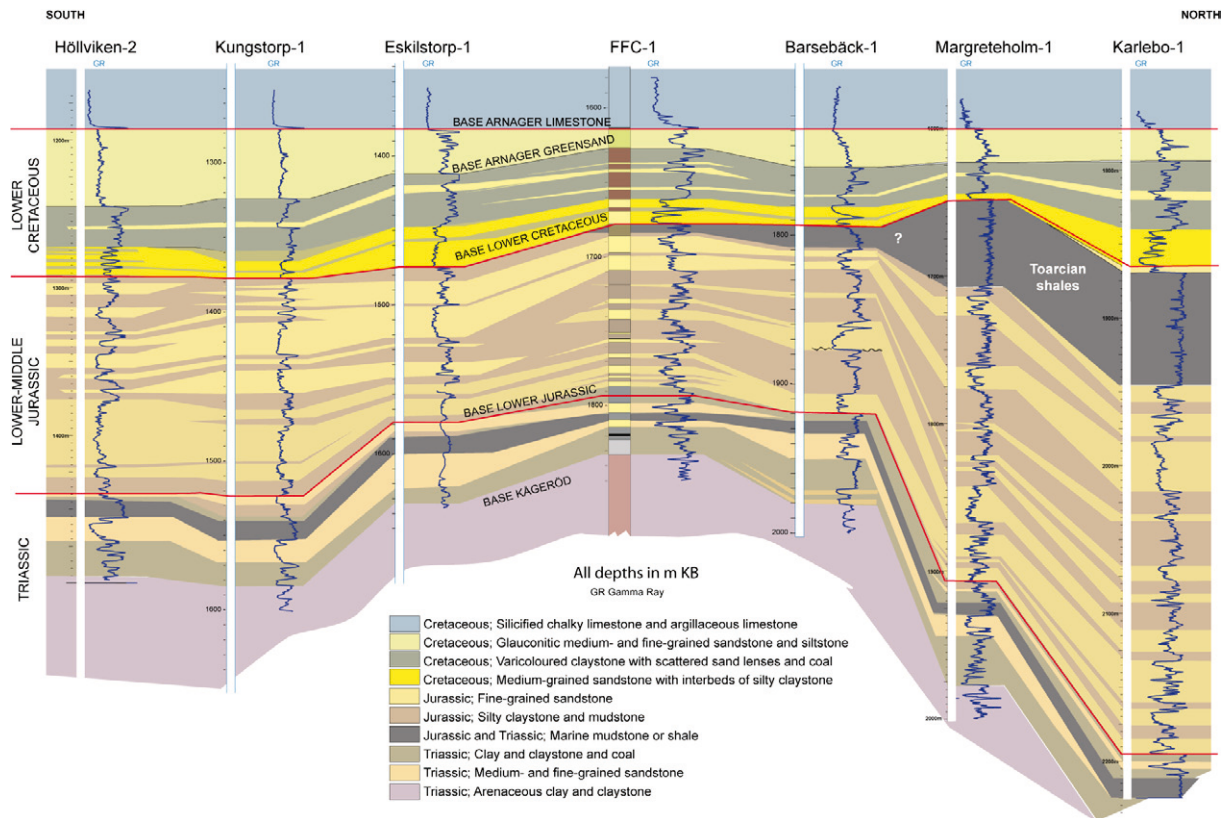


Fig. 2. The north-south transect clearly illustrates the complexity of the Upper Triassic to Lower Cretaceous succession in this area.

the more distal facies known from Stenlille, the Lower Jurassic in the Höllviken Graben and on the Barsebäck Platform is more sand dominated. However, in the northern part of the transect uppermost Lower Jurassic (Toarcian) marine shales are confirmed from the two Danish wells Karlebo-1 and Margrethholm-1/1A. Rudimentary Toarcian deposits are indicated by the biostratigraphy in FFC-1 and may possibly also be present in Barsebäck-1.

The biostratigraphic analysis show that the 10 m thick medium-coarse grained sand unit known from FFC-1 is Early Cretaceous (Berriasian–Valanginian) in age. A similar sand unit has been identified in all the wells on the north-south transect (Fig. 2). In Karlebo-1 this Lower Cretaceous sand rests upon a 5 m thick unit of Middle Jurassic (Aalenian) sand. Middle Jurassic (Aalenian) sedimentary rocks are also indicated below the equivalent Lower Cretaceous sand unit in Höllviksnäs/Höllviken-2.

The Lower Jurassic, post–Lower Sinemurian, succession of the Höllviken Graben contains large amounts of reworked palynomorphs of primarily Rhaetian–Lower Jurassic age that complicates the biostratigraphic interpretations. This indicates major reworking of equivalent strata during the time of deposition. In Svedala-1 on the Skurup Platform Lower Cretaceous sands (Berriasian–Valanginian) appear to rest directly upon Rhaetian strata, thus suggesting that the Skurup Platform was subject to major erosion in the Early Jurassic. In the Vomb Trough to the east the Arnager Greensand formation rests directly upon Berrisian to Valanginian strata, providing evidence of a regional unconformity that is also known from Bornholm further to the east (Lindström & Erlström 2010, in press).

The results of this project help to clarify the tectonic development and depositional history of SW Scania during the latest Triassic to Early Cretaceous and the lateral and vertical extent of possible aquifers within the succession.

References

Lindström, S., Erlström, M., 2007: Dating and correlating potential aquifers for geothermal energy, CO₂ and energy storage, within the late Triassic–early Cretaceous succession in the Swedish part of the Danish Basin. SGU-report 60–1344/2004.

Lindström, S., Erlström, M., 2011 (in press): The Jurassic–Cretaceous transition of the Fårarp-1 core, southern Sweden: sedimentological and phytological indications of climate change. *Palaeogeographic. Palaeoclimatic. Palaeoecol.*, in press.

Nielsen, L.H. 2003: Late Triassic–Jurassic development of the Danish Basin and the Fennoscandian Border Zone, southern Scandinavia. *GEUS Bulletin* 1, 459–526.

EMODnet-Geology Project

OLA HALLBERG, SGU

A consortium consisting of the national geological survey organisations of the UK, Ireland, France, Belgium, The Netherlands, Germany, Denmark, Norway, Sweden, Finland, Estonia, Latvia, Lithuania and Poland are working together to deliver the requirements of EC Tender MARE/2008/03. The geological surveys of Europe provide an existing network (through the Association of European Geological Surveys –EuroGeoSurveys) that aims to deliver marine geological information solutions to decision makers in European government and industry, as well as providing baseline information for academic research. The contract between the EC and the EMODnet-Geology project partners was signed on 16 July 2009. The project will end by July 2012.

Project objectives

The EMODnet-Geology project is compiling information held by the project partners and additional datasets that are publicly available. The outputs will be delivered through the Web using the OneGeology-Europe-portal (www.onegeology-europe.org). Existing meta-data will continue to be stored on the EU-SEASED website, currently being developed and upgraded under the EC-funded GeoSeas project (www.geo-seas.eu). The consortium is bringing together datasets according to the 'Preparatory Actions for European Marine Observation and Data Network Tendering Specification', namely all available sea-bed sediments including rate of accumulation or sedimentation; sea-floor geology (including

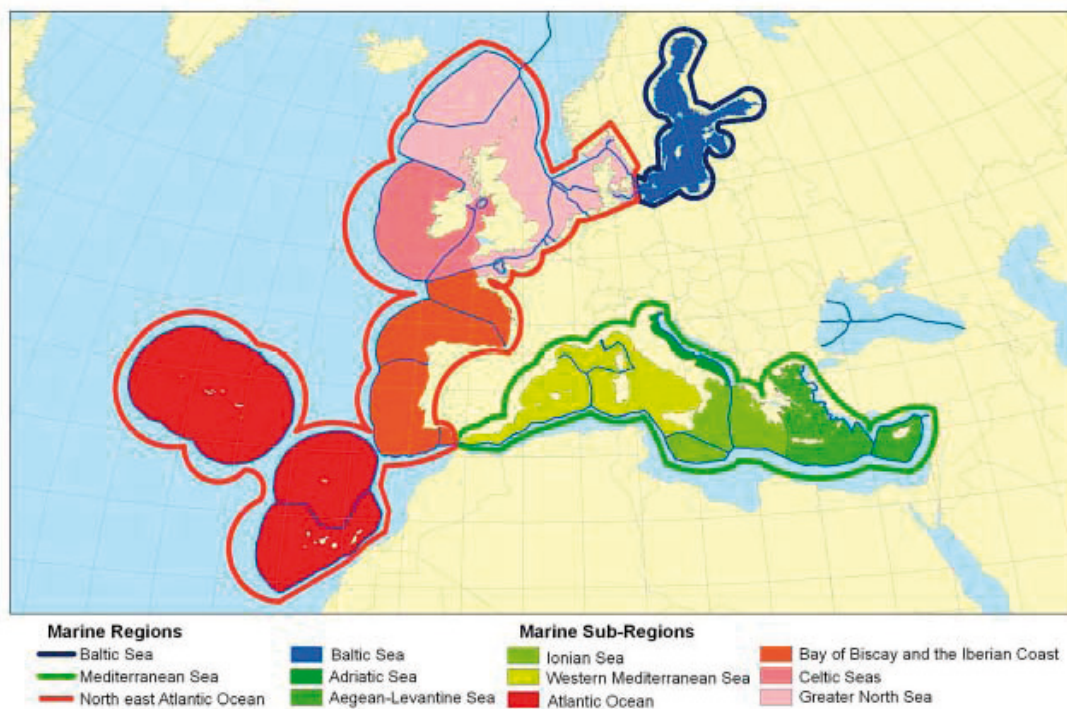


Fig. 1. Marine Regions and SubRegions as defined by the Marine Strategy Framework Directive.

age, lithology and origin); geological boundaries and faults; rate of coastal erosion and sedimentation; geological events and event probabilities (to include information on submarine landslides, volcanic activity, earthquake epicentres); seismic profiles; minerals (including aggregates, oil and gas). The areas covered are the Baltic Sea, Greater North Sea and Celtic Sea according to the boundaries shown in figure 1.

Biosfärområden som brobyggande funktion

JOHANNA MAC TAGGART

”Jag är en del av biosfären!” Det stämmer, vi är alla en del av biosfären. Biosfären är det tunna skiktet kring jorden där det finns möjlighet till liv. Biosfären är också summan av alla jordens ekosystem och jag, liksom alla andra människor inkluderas däri. Jag, i egenskap av människa, påverkar biosfärens förmåga att producera varor och tjänster genom mina egna val och mina handlingar. Jag har valt att bo i ett biosfärområde.

Runt om i världen finns särskilt definierade områden där man strategiskt arbetar med hållbar utveckling. Dessa biosfärområden har etablerats sedan mitten av 70-talet och idag (mars 2011) finns det totalt 564 biosfärområden. FNs organ för kultur, vetenskap och utbildning, Unesco, är huvudman för MAB-programmet (MAB= Man and the Biosphere) som syftar till att förbättra relationen mellan människor och deras livsmiljö från lokal till global nivå. MAB-programmet är utformat för att kontinuerligt anpassas efter utmaningar vi globalt ställs inför.

Biosfärområdena är MAB-programmets modellområden, där konkreta exempel demonstreras och där lärandeprocesser engagerar lokala intressen i områdets hållbara utveckling. Varje biosfärområde formas efter lokala förutsättningar och lokala intressen. Förhoppningen är att biosfärområdena kommer att spela en viktig roll i Sveriges framtid för att uppvisa goda exempel på hur problematik och intressekonflikter inte bara kan lösas utan även hur det genererar en samhällsutveckling som är långsiktigt hållbar.

Biosfärområde Vänerskärsgården med Kinnekulle är ett av de första biosfärområdena i Sverige. En central fråga för Biosfärområdet är att stimulera aktiviteter som stärker basen för samhällets utveckling, i.e. ekosystemtjänsterna. Biosfärområdet fungerar som en brobyggande funktion som kopplar samman aktörer på ett strategiskt sätt. När tvärsektoriella samarbeten stärks, ökar också områdets långsiktiga bärkraftighet. Det är en investering i framtiden.

Lite om mig

Jag är född och uppvuxen i Mariestad med omnejd och har efter flera år utomlands återvänt till min hemtrakt. Jag har studerat bl.a. naturvetenskap i USA och fick filosofie magisterexamen i teoretisk ekologi från Högskolan i Skövde 2003. Jag har utvecklat Biosfärområde Vänerskärsgården med Kinnekulle sedan 2005 och jobbar sedan 2008 även som nationell koordinator för Svenska MAB-programmet.

www.vanerkulle.org

www.biosfaromrade.org

www.unesco.org/mab

SGUs torvarkiv

KRISTIAN SCHONING, GUSTAV SOHLENIUS, AMANDA JAMES & HENRIK MIKKO, SGU

I SGUs torvarkiv finns en stor mängd information från olika typer av torvundersökningar. Ett av de mest omfattande materialen är den så kallade linjeinventeringen som utfördes mellan åren 1917 och 1923 med syftet att uppskatta landets torvtillgångar. I vår undersökning har vi använt oss av linjeinventeringens material för att studera förändringar i ett antal torvmarker i norra Uppland under perioden sen linjeinventeringen gjordes.

Undersökningen visar att vegetationen på flera av de undersökta torvmarkerna förändrats och att torvtillväxten i undersökta områden är avstannad och att torvmarkernas funktion som kolsänka därmed är begränsad. Denna undersökning visar även att det är möjligt att hitta tillbaka till de torvmarker och borrhöjningar som undersöktes vid linjeinventeringen.

I de undersökta torvmarker som är påverkade av jordbruksverksamhet har torvmäktigheterna minskat sedan början av 1900-talet på grund av kompaktering och oxidation av torven. I de torvmarker som hade små torvmäktigheter i linjeinventeringen har torven försvunnit helt.

Flera torvmarker som vid tiden för linjeinventeringen var odlingsmark är idag övergivna och igenplanterade med granskog. I de torvmarker som ligger i skogsområden har det skett en förändring i vegetationen, skogsmossor har börjat ta sig in på bekostnad av vitmossorna. I en del av skogsområdena kan man även se att det översta torvlagret i torvmarkerna har en högre nedbrytningsgrad än vid undersökningarna för linjeinventeringen vilket tyder på att torvtillväxten har avstannat. Förändringarna i skogsmossornas struktur beror på en ökad närings-tillförsel och på den omfattande skogsdikningen under 1900-talet.

Kan SGUs data användas för att förutsäga vegetationens sammansättning?

GUSTAV SOHLENIUS, EVA JIRNER LINDSTRÖM, JOHAN DANIELS & LINDA WICKSTRÖM, SGU
LARS ANDERSSON, Lantmäteriet
KATARINA LANS, biovetarlinjen vid SU

Under 2009–2010 pågick projektet *Kan SGUs data användas för att förutsäga vegetationens sammansättning?* De främsta målsättningarna med projektet var:

- Att testa hur SGUs data kan användas för att bättre kunna förutsäga vegetationens sammansättning och identifiera värden som är viktiga för naturvården.
- Att utvärdera om det finns geologiska parametrar som idag inte samlats in av SGU men som skulle kunna användas för att bättre förutsäga vegetationens sammansättning.

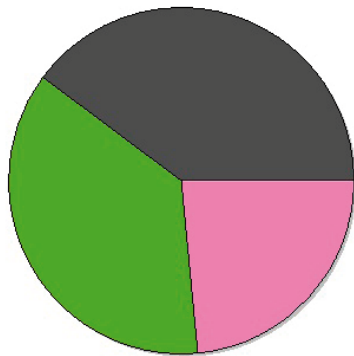
SGU hanterar ett stort antal remisser angående nya naturreservat och andra typer av naturskydd. I dessa remisser framgår ofta att områden med höga naturvärden ofta betingas av geologiska förutsättningar. Ett exempel på detta är att många växter gynnas av förekomsten av kalk i berg- och jordarter. Det finns därför ett ökat behov av kunskap som rör sambandet mellan geologi och vegetation. Kunskap om dessa samband kan förhoppningsvis påverka vilka data SGU i framtiden väljer att samla in, samt vilka produkter som tas fram. I andra delar av världen, t.ex. i Alaska och Kanada, har kartor som visar både geologi och vegetation tagits fram. Sådana kartor har ett stort pedagogiskt värde för att illustrera geologins betydelse för florin. I Sverige skulle en sådan produkt kunna vara av värde i exempelvis områden med skyddad natur.

Inledningsvis jämfördes SGUs geologiska information med vegetationskartor som tagit fram inom det av Naturvårdsverket finansierade programmet Nationell inventering av landskapet i Sverige (NILS). Dessa inventeringar görs i drygt 600 rutor (1×1 km) fördelade över Sverige. Inventeringen omfattar flygbildstolkning av vegetationen samt fältundersökningar på bestämda punkter. Resultaten visade dock att NILS-rutorna är i minsta laget för att kunna göra en meningsfull jämförelse mellan geologiska data och vegetationsdata. Senare i projektet användes därför de vegetationskartor som framställts av Lantmäteriet och som visar vegetationens sammansättning i vissa län.

Vid fältbesök i några NILS-rutor visade det sig att det många gånger är lättare att på plats se samband mellan geologi och vegetation än med hjälp av de kartmaterial som finns till hands. I vissa områden visade det sig att geologisk information skulle kunna vara ett värdefullt stöd inom flygbildstolkningen av vegetationens sammansättning. Exempelvis har vissa av de små torvmarker som redovisas på jordartskartan inte avgränsats vid flygbildstolkningen av vegetationen. Detta trots att vegetationen i dessa våtmarker helt klart avviker från omgivningens.

I vissa områden är SGUs kartor framställda med översiktliga underlag vilket gör att den geografiska noggrannheten delvis är relativt låg. Detta gör i sin tur att den geologiska informationen inte är helt jämförbar med andra kartunderlag. De äldre jordartskartorna har tagits fram för att jordarternas fördelning på bästa sätt ska kunna åskådliggöras på en tryckt karta. Exempelvis har vissa ytor, t.ex. små hållar, många gånger avsevärt större area på kartan än i verkligheten. Det blir därmed svårare att jämföra jordartskartan med andra kartmaterial

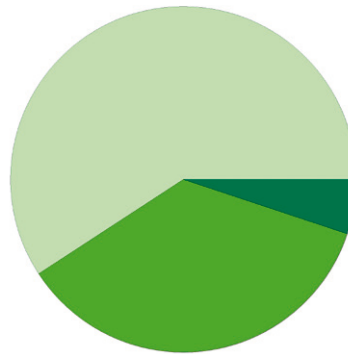
Vegetation på berg.



Procent	
39	Hällmark, skogsklädd samt öppen
36	Torr-frisk barrskog
23	Oklassad

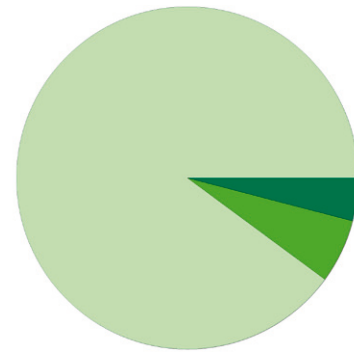
Fig. 1. Jordarternas fördelning inom områden i Västmanland som på jordartskartan utgörs av berg.

A. Vegetation i moränområden med diabas och basalt.



Procent	
58	Lavmarksbarrskog
35	Torr-frisk barrskog
5	Fuktig-våt barrskog

B. Vegetation i moränområden med sandsten.



Procent	
89	Lavmarksbarrskog
6	Torr-frisk barrskog
4	Fuktig-våt barrskog

Fig. 2 A & B. Vegetationens fördelning i områden i västra Dalarna där berggrunden utgörs av basalt och diabas (A) samt sandsten (B). Andelen frisk barrskog är betydligt större i A jämfört med B.

i GIS eftersom man då matchar yttutbredningen av olika företeelser mot varandra. Genom att titta på ett större geografiskt område är det dock möjligt att rensa bort ytor som inte helt överensstämmer med verkligheten.

I Västmanland och västra Dalarna jämfördes SGUs jordartsdata med Lantmäteriets vegetationsdata i områden som är flera tiotals kvadratmil stora. Genom att rensa bort små ytor som uppstod då de två dataseten parades ihop var det möjligt att jämföra de två datatyperna utan att resultaten stördes av eventuella generaliseringar. Det var då möjligt att se vissa samband mellan vegetationen och jordarternas fördelning (Fig. 1).

I västra Dalarna jämfördes Lantmäteriets vegetationsdata dessutom med SGUs berggrundskarta. Resultatet visar att områden med basalt och diabas har en större andel frisk barrskog än områden med sandsten (Fig. 2). Orsaken till detta är sannolikt att basalt och diabas är uppbyggda av relativt lättvittrade mineral vilket ger upphov till näringsrika markförhållanden. Sandstenen består främst av svårvittrad kvarts vilket ger näringsfattiga förhållanden och därmed magrare vegetation.

Det finns en rad faktorer som gör att det inte alltid finns direkta samband mellan befintlig geologisk information och vegetationsdata. Exempelvis kan lokala topografiska och hydrologiska förhållanden göra att vegetationen på en och samma jordart varierar betydligt. Dessutom kan historisk och nutida markanvändning göra att vegetationens sammansättning inte är den naturliga. Exempelvis har många torvtäckta våtmarker dikats och vegetationen är därmed en helt annan än den ursprungliga.

Rikkärr har ofta höga naturvärden eftersom det där förekommer en rad rödlistade växtarter. Inom ett examensarbete gjordes en jämförelse mellan förekomsten av rikkärr och SGU-data som indikerar förekomst av kalk. Resultaten visar att dessa kärr ligger i eller nära områden där SGUs data visar att kalksten förekommer eller att kalkhaltig jord sannolikt förekom-

mer. Det finns därför förutsättningar för att använda geologisk information för att ringa in områden där det är troligt att rikkärr förekommer. För att lättare kunna göra detta skulle det dock behövas en bättre sammanställning av de SGU-data som indikerar kalk.

I vissa delar av landet är jordartskartorna relativt översiktliga vilket gör att alla områden med torv inte är redovisade. Eftersom torvtäckta områden många gånger har höga naturvärden är det viktigt att identifiera dessa områden. I detta projekt har vi därför testat möjligheten att använda SGUs flyggeofysiska data för att identifiera torvmarker. Resultatet visar att i områden med översiktlig jordartsinformation kan SGUs mätningar av kaliumstrålning användas för att identifiera vissa av de områden där torv kan förekomma. I detta projekt gjordes även strålningsmätningar på marken i syfte att verifiera flygmätningarna. Resultaten visar på en god överensstämmelse mellan dessa data.

Sammanfattningsvis visar resultaten från denna studie att det finns vissa samband mellan geologin, som den återspeglas av SGUs data, och vegetationens sammansättning. Dessa samband skulle dock kunna åskådliggöras på ett tydligare sätt om SGU tog fram information som tydligt visar de parametrar som påverkar vegetationen, exempelvis berg- och jordarternas vittringsbenägenhet.

Submoräna sediment på Småländska urbergsslätten

PER MÖLLER, LU

Ett slags paradig i svensk kvartärgeologi har varit att det mesta av sedimenten och landformerna, åtminstone i södra Sverige, formades i samband med den senaste deglaciationen. Att så inte är fallet för norra Sverige är klart ända sedan 1980-talet genom de pionjärarbeten – och ögonöppnare – som utfördes av Robert Lagerbäck och senare fortsattes av gruppen kring Johan Kleman. Redan i slutet av 1800-talet rapporterades förekomsten av submoräna sediment på den småländska urbergsslätten, ofta bildande kärnor i de rikligt förekommande drumlinerna. Området med dessa submoräna sediment är ett ganska stort område med Växjö som centrum (Fig. 1). På grundval av sedimentstudier i då öppna sand- och grustag samt genom information från brunnsgörningar så föreslog Strandmark (1956, 1957) att dessa var så kallade ”oscillationsavlagringar”, främst deltasediment avsatta i isdämda sjöar framför den avsmältande iskanten, vilka i ett senare stadium, genom en isframstöt om minst 50 km, överskreds och deformerades till dagens drumlinformer. Rydström (1965, 1971) förkastade dock denna tanke och menade att det inte fanns kronologiskt utrymme för en sådan isframstöt. De sorterade sedimenten skulle vara av äldre ålder, gissningsvis från någon tidig Weichselstadial som Brørup. Endast ett fåtal av de skärningar som undersöktes av Strandmark och Rydström är öppna och tillgängliga idag. Ytterligare lokaler med submoräna sediment lokaliserades genom SGUs kartering av bladen Växjö och Tingsryd, med start på 80-talet. Detta ledde dock inte frågan om sedimentens ursprung och åldersställning närmare sin lösning med mer än ett mer generellt stöd för Strandmarks ursprungliga tankar om en isfrontoscillation under senaste deglaciationen (Daniel 1989).

Genom ett treårigt anslag (2007–2009) med forskningsmedel från SGU har jag närmat mig denna frågeställning genom utförande av ”brutal geologi”, dvs. att försöka lokalisera tidigare beskrivna lokaler med submoräna sediment och sedan, beroende på deras tillgänglighet, gräva upp grävmaskinsschakt i dessa för sedimentologisk beskrivning och provtagning för sedimentdatering (främst genom optiskt stimulerad luminescens, OSL). Totalt utfördes 24 schaktgrävningar, alternativt rensningar av gamla, oftast helt övervuxna sandtäktsväggar. Fjorton av dessa grävningar påvisade sediment som åtminstone teoretiskt borde ha goda förutsättningar för OSL-datering: sediment avsatta i proglacialt läge som proximala till mer distala sandsediment, deltaiska successioner med både ytbädd- och mellanbäddsediment, samt issjösediment av proximal typ. Till viss förvåning lokaliserades också två lokaler med mäktiga organiska sediment – högst troligt av Eem-ålder (>57 ka BP) – under morän, vilka också schaktades och nu undersöks i en parallell undersökning. På samtliga lokaler med sorterade sediment överlagras dessa av morän med 1–5 m mäktighet. Kontaktzonen mellan morän och sorterade sediment kunde vara skarpt utbildad med tydligt ”decollement”-plan, men också som en mer gradvis kontakt där de underliggande sorterade sedimenten inkorporerats i den nedre delen av moränenheten i en mer eller mindre mäktig deformationszon. Ofta utvisade de sorterade sedimenten deformationer i form av mer eller mindre komplicerad plastisk veckbildning, alternativt kombinationer av skjuvning och veckning. Speciellt spektakulär är en lokal i nordligaste delen av drumlinsträckningen Grimslöv–Ströbyhöjden (lokal 11, Fig. 1), uppvisande vertikalt stående sediment utbildat genom isoklinal veckning av deltafrontsediment, i ett senare stadium avklippta genom glacial erosion (Fig. 2).

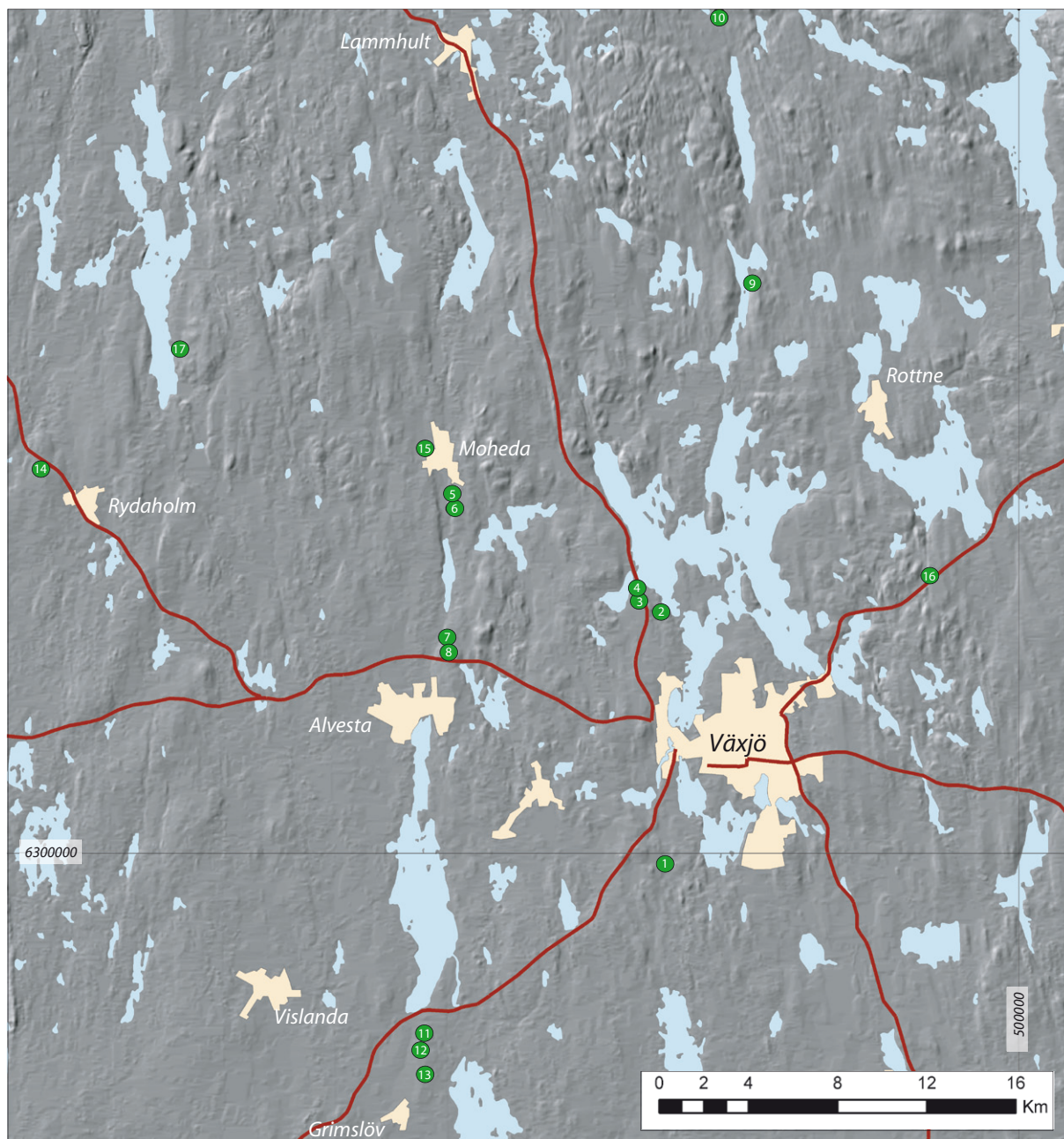


Fig. 1. Reliefskuggad karta över undersökningsområdet. Utförda schaktningar är markerade med gröna, numrerade punkter.

Totalt föreligger 45 OSL-datering från fjorton lokaler. Med undantag av en lokal med endast en åldersdatering, föreligger 2–6 dateringar per lokal. Vid plottning av varje enskild åldersbestämning framkommer ett tydligt mönster av en äldre grupp och en yngre grupp, ett mönster som ytterligare förstärks när medelåldern för varje lokal plottas. Den äldre gruppen faller mellan ~56–40 ka för sju av lokalerna, medan den yngre gruppen faller mellan ~36–28 ka för fem lokaler. En lokal med endast en åldersbestämning faller ut äldre än den äldre gruppen och en lokal inordnar sig mellan de två åldersgrupperna på ~42 ka. Vad säger detta om ”verklig” depositionsålder? OSL-åldrar från lokaler med minst två åldersbestämningar

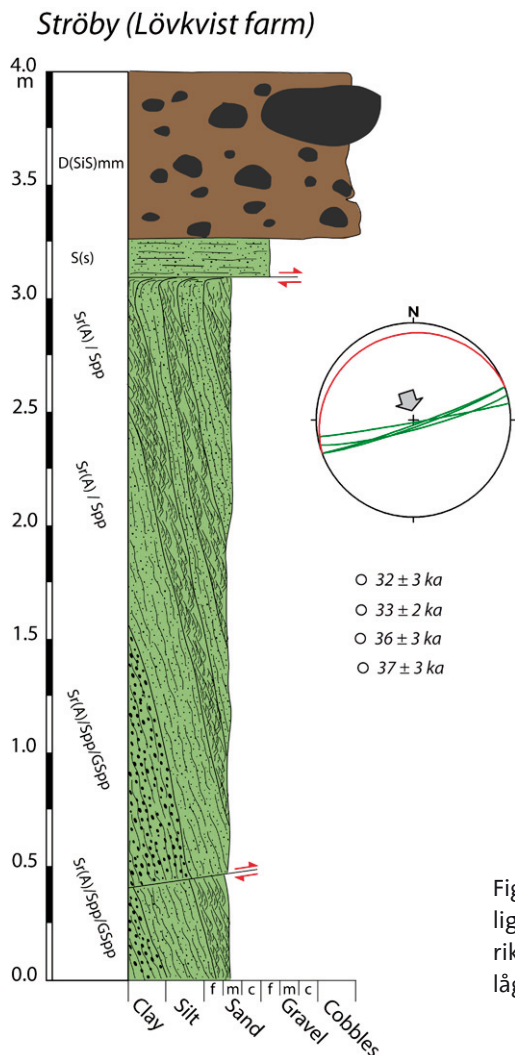


Fig. 2. Sedimentlog från Grimslöv-Ströbydrumlinens nordligaste del. Sorterade sediment är starkt uppresta. Tryckriktning framgår av stereonätet. Sedimenten uppvisar en låg spridning i OSL-åldrar, mellan 32–37 ka.

spreader i bästa fall med 2–5 ka kring ett medelvärde medan det i främsta fall föreligger en åldersskillnad upp till 20 ka mellan äldsta och yngsta åldern för en och samma sedimentsekvens. Samtidigt påvisar sedimentsekvenserna i sin uppbyggnad att ingen av dessa borde representera en avsättning mer än maximalt ett fåtal hundra år. Erhållen åldersspridning inom varje enskild lokal är således helt orealistisk. Bakgrunden till denna åldersspridning ligger troligen i metodens natur och kan förklaras med (I) svårigheten att över tiden uppskatta variationer av sedimentens vattenhalt, som visat sig vara en viktig faktor för erhållen ålder, samt (II), dålig solbelysning under transport till depositionsplats, vilket känt ger åldersöver-skattningar.

Tyvärr ligger inte de submoräna sedimenten i Växjöområdet i en given stratigrafisk kontext, mer än att de överlagras av en morän av förmodad senglacial ålder från senaste deglaciationen. Sedimenten bildar därför ”hängande” stratigrafiska enheter, representerandes faser av passerande proglaciala miljöer under glacial reträtt eller avancemang, äldre än den senaste glaciationen. Om de två åldersgrupperna av OSL-daterade sediment har en verklig tidsmätning så måste dessa passerande proglaciala miljöer föreläggat under MIS 3 (ca 60–30 ka), dvs. under relativt milda interstadiala förhållanden, vilket i sig kan tyckas problematiskt sett i

ljuset av relativt nya undersökningar från nordligare delar av Skandinavien, indikerande en mycket begränsat isutbredning under denna period (t.ex. Helmens & Engels 2010, Lambeck m.fl. 2010, Wohlfarth, 2010). Samtidigt ligger de senare studierna i konflikt mot nyligen utförda undersökningar av dansk glacialstratigrafi, indikerande markanta isframstötter under MIS 3, "Ristinge advance" respektive "Klintholm advance" (Houmark-Nielsen 2010). Fluviala, lakustrina och eoliska sediment mellan moränbäddar knutna till dessa isframstötter från den baltiska sänkan ger otaliga OSL-åldrar, indikerande att "Ristinge advance" skedde i kring ca 50 ± 4 ka, medan "Klintholm advance" ägde rum ca 32 ± 4 ka. De två OSL-åldersgrupper som framträder i Småland sammanfaller således mycket väl med skeendet i Danmark! Problem i korrelationer och relationer till föreslagen isutbredning under MIS 3 för nordligare delar av Skandinavien är således uppenbar. Hur löser vi detta?

Referenser

- Daniel, E., 1989: Beskrivning till jordartskartan Växjö SV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 101*.
- Helmens, K.F., Engels, S., 2010: Ice-free conditions in eastern Fennoscandia during early Marine Isotope Stage 3: lacustrine records. *Boreas* 39, 399–409.
- Houmark-Nielsen, M., 2010: Extent, age and dynamics of marine Isotope Stage 3 glaciations in the southwestern Baltic Basin. *Boreas* 39, 343–359.
- Lambeck, K., Purcell, A., Zhao, J., Svensson, N.-O., 2010: The Scandinavian Ice Sheet: from MIS 4 to the end of the Last Glacial Maximum. *Boreas* 39, 410–435.
- Rydström, R., 1965: Kvartärgeologiska studier inom Varend, Kronobergs län. Opublicerad licentiat-avhandling, Kvartärgeologiska avdelningen, Lunds universitet
- Rydström, R., 1971: The Varend district during the last deglaciation. *Geologiska föreningen förhandlingar* 93.
- Strandmark, J. E., 1956: Den stora Varendsfornsjön. *Norra Allbo Hembygdsförening*, Växjö.
- Strandmark, J. E., 1957: Åsnen-fornsjön och Ströby-Grimslövåsen. Skatelövs Hembygdsförening, Växjö.
- Wohlfarth, B., 2010: Ice-free conditions in Sweden during Marine Oxygen Isotope Stage 3? *Boreas* 39, 377–398.

Meteoric ^{10}Be dating of Miocene–Quaternary saprolites on plains with residual hills in northern Sweden

KARIN EBERT, SU.

JANE WILLENBRING, at date of application: GFZ, Germany. Since July 2010: UoP, US.

CLAS HÄTTESTRAND, SU.

KARNA LIDMAR-BERGSTRÖM, SU.

Further involved in the project:

KEVIN NORTON, BU Switzerland

ADRIAN HALL, UA, Scotland

The absence of cover rocks and removal of correlative materials by extensive glaciations has made age estimation of the Fennoscandian Shield landsurface highly uncertain. Establishing the absolute age or age range of weathered material – thereby giving a maximum age to the surrounding bedrock surface – would greatly help to understand the surface evolution of the shield. Most applicable dating techniques do not reach beyond 1 Ma, while many areas on the Fennoscandian Shield are known to be only slightly affected by glacial erosion, and the shield surface is likely to be much older. In this project we apply a new approach which offers the possibility to date older remnants of in-situ weathered material on the shield. In particular, we analysed ^{10}Be inventories on saprolites in northern Sweden, to explore the possibilities and problems of dating weathered material on glaciated shields beyond 1 Ma.

The study area, Parkajoki (Fig. 1), lies on the Fennoscandian shield in northern Sweden. Due to the repeated development of covers of cold-based, non-erosive ice sheets over at least the last 1 Ma, Parkajoki displays few landforms of glacial erosion and retains many typical non-glacial features, including tors, non-streamlined inselbergs, a rectangular drainage pattern and deep sandy saprolites. We examine ^{10}Be inventories in two pit profiles, where saprolite developed from an acid and a basic igneous rock is overlain by till layers.

Specific problems with using conventional meteoric ^{10}Be inventory methodologies to date saprolites in glaciated regions include:

- Probable shielding of ^{10}Be flux by ice sheet shielding.
- Unknown retention behaviour in glacial deposits and saprolites.
- Erosion of surface materials by glacial erosion resulting in lower than expected cosmogenic nuclide concentrations. Thus far, these problems have largely precluded a useful application of meteoric ^{10}Be in such settings. Here we re-evaluate the use of meteoric ^{10}Be in an attempt to constrain the age of saprolite formation.

Our results show that low but significant ^{10}Be concentrations occur in the till (Fig. 2). ^{10}Be concentrations in till layers greatly exceed the levels of ^{10}Be that can have accumulated since deglaciation ~10 ka BP. A clear difference between ^{10}Be concentrations in till and saprolite indicates that ^{10}Be is retained in the till and leaking into the saprolite has not occurred.

Pit excavations and geochemical analyses show that the weathering profiles have been truncated by glacial erosion and that only the lower parts of the former weathering profile are left. The chemical index of alteration (CIA, Fig. 2) suggests that previously weathered

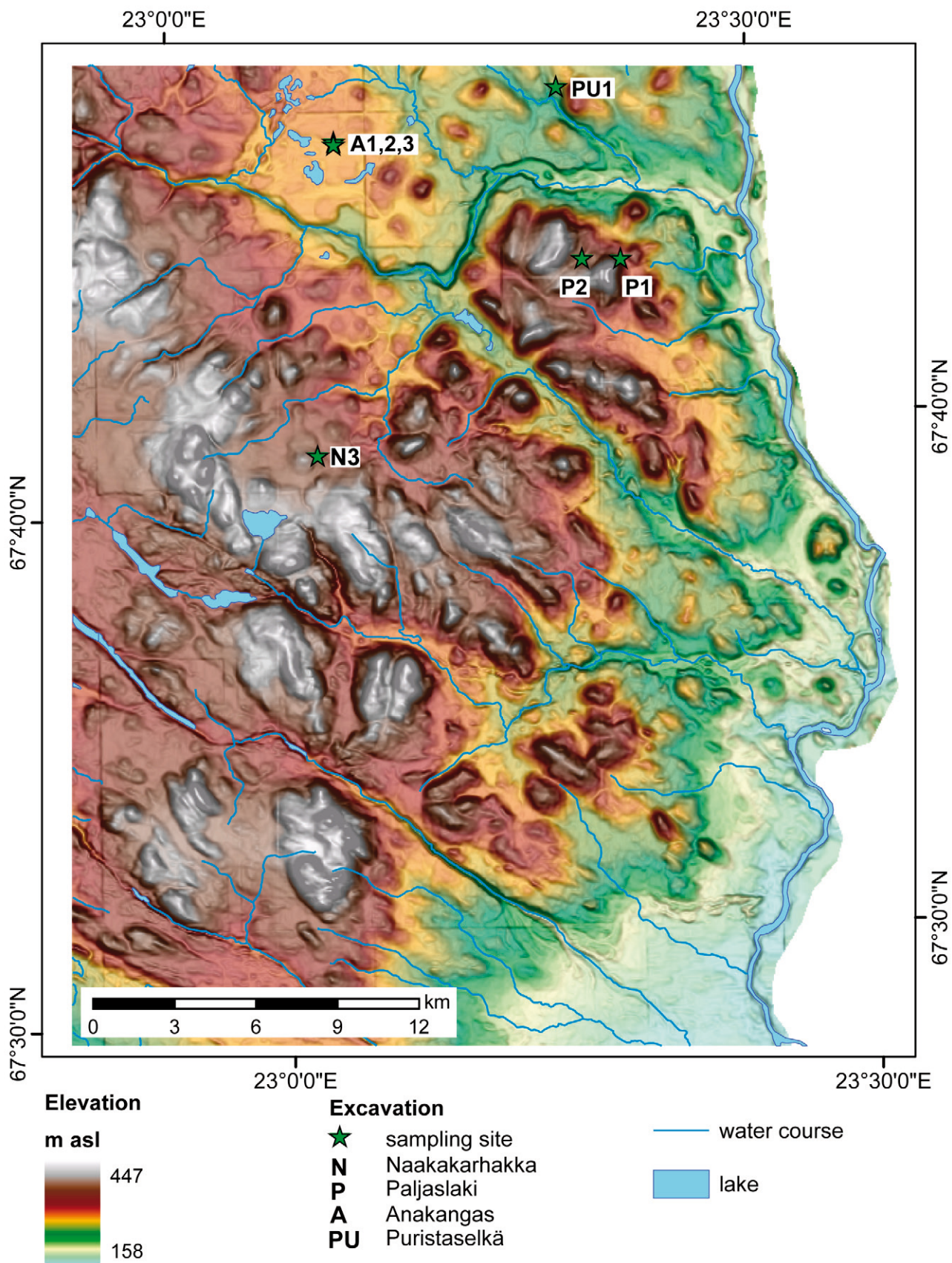


Fig. 1. Slope map of the Parkajoki area in NE Sweden, with sampling localities. Anakangas A3 corresponds to Par3, Naakakarhaka 3 corresponds to Par4 in the pit numbering below.

material has been incorporated into till. Hence ^{10}Be inventories in the tills are dominated by recycled material and cannot be used to date the periods of till deposition. Very low ^{10}Be concentrations in the saprolites make age determination difficult, but a simple decay model suggests minimum saprolite ages of >1 Ma.

We suggest that further dating studies of saprolites in glaciated regions should seek out localities where till thicknesses exceed 3 m, where till age is well constrained and where several metres of saprolites can be sampled down to fresh bedrock.

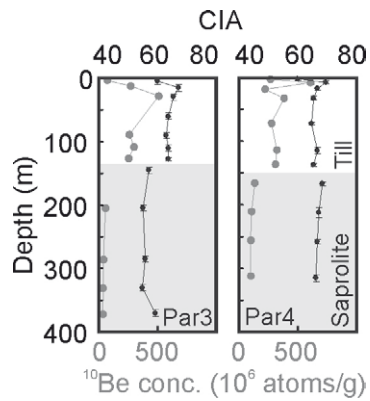


Fig. 2. ^{10}Be concentrations and the chemical index of alteration (CIA) of the sampling profiles par3 (corresponding to A1 in Figure 1) and par4 (corresponding to N3 in Figure 1).

Adresser till externa föredragshållare

Åke Johansson: Laboratoriet för isotopgeologi, Naturhistoriska riksmuseet, Box 50 007,
104 05 Stockholm

Magnus Döse: CBI Betonginstitutet AB, Brinellgatan 4, 504 62 Borås

Sofie Lindström: Geologiska institutionen, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund

Per Möller: Inst. för geo- och ekosystemvetenskaper, Kvartärgeologiska avdelningen,
Sölvegatan 12, 223 62 Lund

Karin Ebert: Institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi, Stockholms universitet,
106 91 Stockholm

För Sveriges geologiska undersökning

Michael B Stephens Patrik Johansson

Mikael Erlström Lena Persson

Erik Jonsson Ola Hallberg

Katarina Nilsson Kristian Schoning

Madelen Andersson Gustav Sohlenius

Martiya Sadeghi

SGU, box 670, 751 28 Uppsala

Tel: 018-17 90 00

www.sgu.se