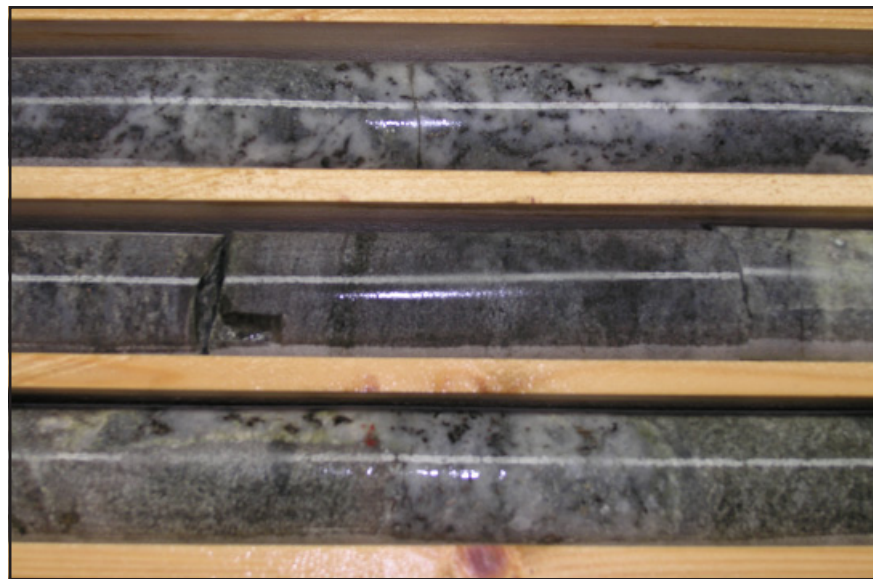


Borrkärnekartering av en Zn-Ag-Pb-mineralisering vid Stenbrånet, Västerbotten

Jonas Åkerman

Examensarbeten i Geologi vid
Lunds universitet - Berggrundsgeologi, nr. 213



Geologiska institutionen
Centrum för GeoBiosfärsvetenskap
Lunds universitet
2007

Borrkärnekartering av en Zn-Ag-Pb- mineralisering vid Stenbrånet, Västerbotten

Examensarbete
Jonas Åkerman

Geologiska Institutionen
Lunds universitet
2007

Innehållsförteckning

1 Inledning	5
2 Historia	5
3 Geologisk bakgrund	6
3.1 Geologisk beskrivning - Stenbrånet	6
3.1.1 Sikträskintrusionen	7
3.1.2 Suprakrustalbergarter	7
3.1.3 Granit (Revsundstyp)	9
3.1.4 Granit (Skellefte-Härnötyp)	9
3.1.5 Underordnade (övriga) bergarter i området	9
3.2 Tidigare bildningsmodeller	9
4 Metodik	9
5 Resultat	12
5.1 Profiler	12
5.2 Bergarternas mineralogi & textur	12
5.2.1 Suprakrustalbergarter	12
5.2.2 Granit	14
5.2.3 Sulfidhorisonten	14
6 Diskussion	14
6.1 Geologisk utveckling av Sikträskdomen och omkringliggande bergarter	14
6.2 Zinkmineraliseringen	15
7 Slutsatser	16
8 Tack till	16
9 Referenser	16
Appendix I	18
Appendix II	19
Appendix III	20
Appendix IV	21
Appendix V	22
Appendix VI	23

Omslagsbild: Borrkärna från Stenbrånet, Västerbotten.

Borrkärnekartering av en Zn-Ag-Pb-mineralisering vid Stenbrånet, Västerbotten g

Jonas Åkerman

Åkerman, J., 2007: Borrkärnekartering av en Zn-Ag-Pb-mineralisering vid Stenbrånet, Västerbotten. *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet*, Nr. 213, 23 sid. 20 poäng.

Sammanfattning: Stenbrånet är ett område strax väster om Bastuträsk i utkanten av gruvdistriktet Skelleftefältet i Västerbotten, norra Sverige. Tidigare undersökningar gjorda av Boliden Mineral AB har visat på förekomst av en skivformad kropp kraftigt anrikad på Zn, Ag och Pb. Studier av tunnslip och borrkärnor som karterats i detta arbete visar på en decimeter- till metertjock sulfidhorisont med kraftig impregnation av zinkblände och/eller magnetkis som lokalt övergår till att bli massiv.

Kartering av borrkärnor längs fyra profiler bekräftar tidigare utförda studier avseende bergartsrelationer. Området domineras av en gnejsig bergart, Sikträskgranitoiden, som är flankerad av kraftigt regionalmetamorfoserade suprakrustalbergarter som i sin tur överlagras av postmetamorfa graniter av Revsundstyp. De suprakrustala enheterna består av kraftigt förgnejsade till migmatiserade vulkaniter och sediment med spår av sulfider (främst magnetkis och pyrit). Det förekommer även metertjocka granitiska skivor (leukosom) av Skellefte-Härnötyp. Sulfidhorisonten har antagits finnas i kontakten mellan vulkaniterna och sedimenten, men existensen av en sådan kontakt har inte bekräftats i denna studie.

De profiler som konstruerats utifrån borrkärnekartering visar att samtliga litologier stupar in mot Sikträskgranitoiden och bildar en domlik geometri. Sulfidhorisontens lutning stämmer väl överens med den allmänna lagerföljden i området. Den övergripande stupningen av sulfidhorisonten, gnejsigheten och kontakten mot Revsundsgraniten är cirka 30° ut från Sikträskdomen.

Mina resultat baserade på kartering och tunnslipsstudier indikerar följande geologiska historia: 1. Avsättning av sediment och vulkaniter (1.90-1.88 Ga), 2. intrusion av Sikträskgranitoiden (1.88 Ga), 3. regionalmetamorfos (1.88-1.80 Ga) och slutligen 4. intrusion av Revsundsgranit (1.80-1.78 Ga).

Mineraliseringen har troligen bildats antingen som ett remobilisat av en äldre mineralisering eller som en koncentration av de metaller som fanns i sedimenten. Metamorfosen har sedan mobiliserat fluider som löst upp metaller och transporterat dessa till kontakten mellan vulkaniterna och sedimenten, där den kemiska skillnaden mellan bergarterna har varit tillräcklig för att fälla ut metallerna

Nyckelord: Zn, Stenbrånet, Sikträsk, migmatit, Revsundsgranit, borrkärnekartering.

Jonas Åkerman, Geologiska Institutionen, Centrum för GeoBiosfärvetenskap, Lunds Universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige. E-post: jonas.akerman@gmail.com

Mapping of drill cores in a Zn-Ag-Pb-mineralization in Stenbrånet, Västerbotten

Jonas Åkerman

Åkerman, J., 2007: Mapping of drill cores in a Zn-Ag-Pb-mineralization in Stenbrånet, Västerbotten. *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet*, Nr. 213, 23 pp. 20 poäng.

Abstract: Stenbrånet is situated west of Bastuträsk at the margin of the Skellefte mining district in Västerbotten, northern Sweden. Previous investigations carried out by Boliden Mineral AB reveal a disc-shaped orebody highly enriched in Zn, Ag and Pb. Studies of thin sections and mapping of drill cores verify the existence of a dm- to m-thick sulphide horizon with a high impregnation of sphalerite and/or pyrrhotite which locally occurs as massive sulphide.

Mapping of drill cores along four transects show the relation between various rock units at depth. The area is dominated by a gneissic rock, the Sikträsk granitoid, which is flanked by highly regional metamorphosed supracrustal rocks which are stratigraphically covered by postmetamorphic granites of Revsund type. The supracrustal rocks are composed of highly gneissic to migmatitic volcanics and sediments with traces of sulphides (mainly pyrrhotite and pyrite). There are also abundant metre-thick granitic layers (leucosome) of the Skellefte-Härnö suite in the supracrustals. The sulphide horizon has been assumed to exist along the contact zone between the volcanics and the sediments, but the existence of this contact has not been found in this work.

The profiles based on drill core mapping show that all lithologies dip towards the Sikträsk granitoid forming a dome-like geometry. The dip of the sulphide horizon agrees well with the general structural layering in the area. The dip of the sulphide horizon, the gneissosity and the contact to the Revsund suite is approximately 30° out from the Sikträsk dome.

My results from drill-core mapping and studies of thin sections indicate the following geologic history: 1. Deposition of sediments and volcanics (1.90-1.88 Ga), 2. the intrusion of the Sikträsk granitoid (1.88 Ga), 3. regional metamorphism (1.88 Ga) and, finally, 4. intrusion of the Revsund suite (1.80-1.78 Ga).

The mineralization has probably been formed either by a remobilized older mineralization or as a concentration of the metals already in the sediments. The metamorphosis have then mobilized fluids which have soluted the metals and transported them to the contact between the volcanics and the sediments, where the chemical difference between the units has been enough to deposit the metals.

Keywords: Zn, Stenbrånet, Sikträsk, migmatite, Revsund granite, drill core mapping

Jonas Åkerman, Department of Geology, GeoBiosphere Science Centre, Lund University, Sölvegatan 12, SE-223 62 Lund, Sweden. E-mail: jonas.akerman@gmail.com

1 Inledning

Stenbrånet ligger i Västerbottens län, ca 25 km sydväst om Boliden och 4 km sydväst om Bastuträsk (fig. 1). I området däromkring togs ett tjugotal borrhämlor mellan åren 1988 och 1989 vilket ledde till upptäckten av en som mest ca 7,7 meter mäktig zinkrik malmkropp. Elektromagnetiska mätningar i ett tjugotal borrhål samt i gamla närliggande hål visade på en skivformad ledande kropp. Geokemiska undersökningar i ett närliggande område visar på följande koncentration av metaller: 0.8 g/t Au, 6 g/t Ag, 0.22% Cu, 6.23% Zn, 0.65% Pb och 9% S (Årebäck et al. 2001) som även får representera medelvärden på den mineralisering detta arbete avhandlar. Vid markplanet (utgåendet) är skivan ett tiotal meter bred och någon meter tjock men ökar till ca 200 meters bredd på 130 meters djup där den troligen tunnare ut och försvinner (fig. 2). Bergarterna i området består av förgnejsade och migmatiserade vulkaniter och sediment, samt graniter. De suprakrustala bergarterna omgärdar en domstruktur, Sikträskintrusionen Domen utgörs av granitisk till tonalitisk gnejs och har tolkats om en intrusion av någon utav de minst tre Jörntyperna (Weiheid et al. 2001). Tre generationer av Jörntyp finns och vilken generation som Sikträskintrusionen utgör är inte klarlagt.

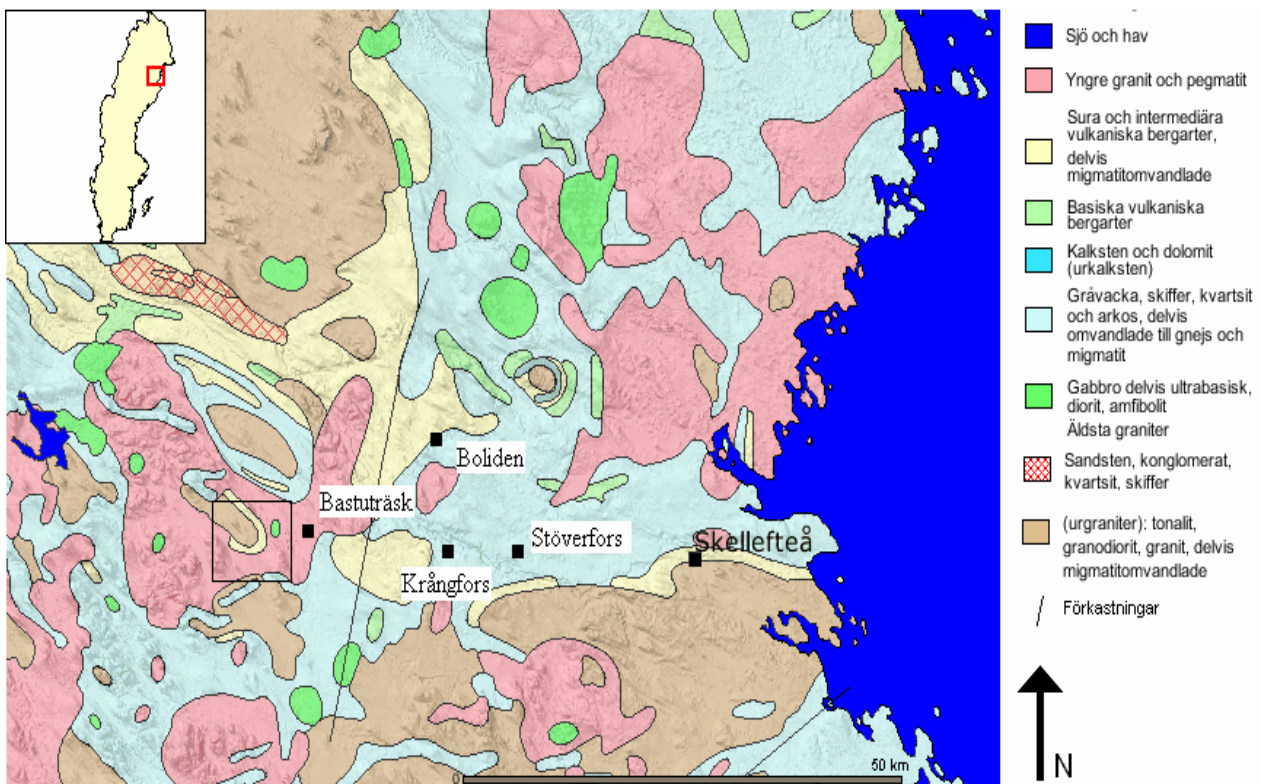
Syftet med detta examensarbete var att genom kartering av borrhämlor få en rumslig översikt över geologin runt Stenbrånet och att konstruera profiler som visar Zn-mineraliseringens position och geometri. Genom mikroskopistudier av tunnslip på olika litologier,

både med påfallande och reflekterande ljus, diskuteras den geologiska utvecklingen och möjliga bildningsbetingelser för mineraliseringen.

2 Historik

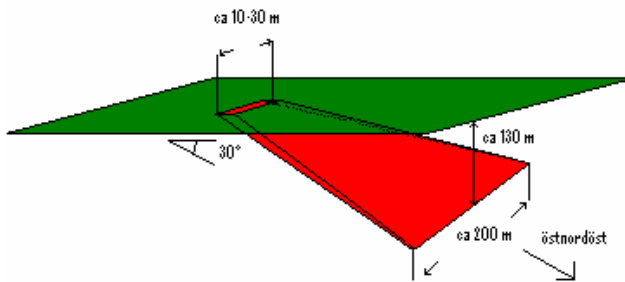
Olika typer av malm har länge brutits i Västerbotten. Redan på 1600-talet förekom en blygsam gruvverksamhet, främst av järnmalm söder om Burträsk. På 1700-talet ökade verksamheten och man sökte då i huvudsak efter koppar, men prospekteringen lades snabbt ner på grund av ringa halter. Vidare in på 1800-talet gjordes försök att bryta både silver och arsenikkis. Det var först när de första guldförande kvartsgångarna hittades vid Krångfors och Stöverfors som intresset för prospektering startade på allvar, och man började efter hand prospektera övriga delar av Västerbotten. Särskilt under första världskriget ökade efterfrågan på metaller vilket ökade prospekteringen. Nya metoder gjorde undersökningarna alltmer effektiva, främst genom systematisk blockletning i större skala. Kunskap om isrörelseriktningar och blocksvansar (fig. 3) gjorde att prospekteringsföretagen anlätade orsbefolkningen för malmletning. Mineraliserade block ligger oftast i blocksvansar som sträcker sig ut från moderklyften (källan) utmed isriktningen. De skickligaste blockletarna anställdes sedan och utbildades vidare (Pettersson 1979).

Strax efter första världskriget utfördes prospekteringen i huvudsak av Sveriges geologiska undersökning (SGU) och det privata företaget Centralgruppens Emissionsbolag (senare Boliden Mineral AB). Boliden Mine-

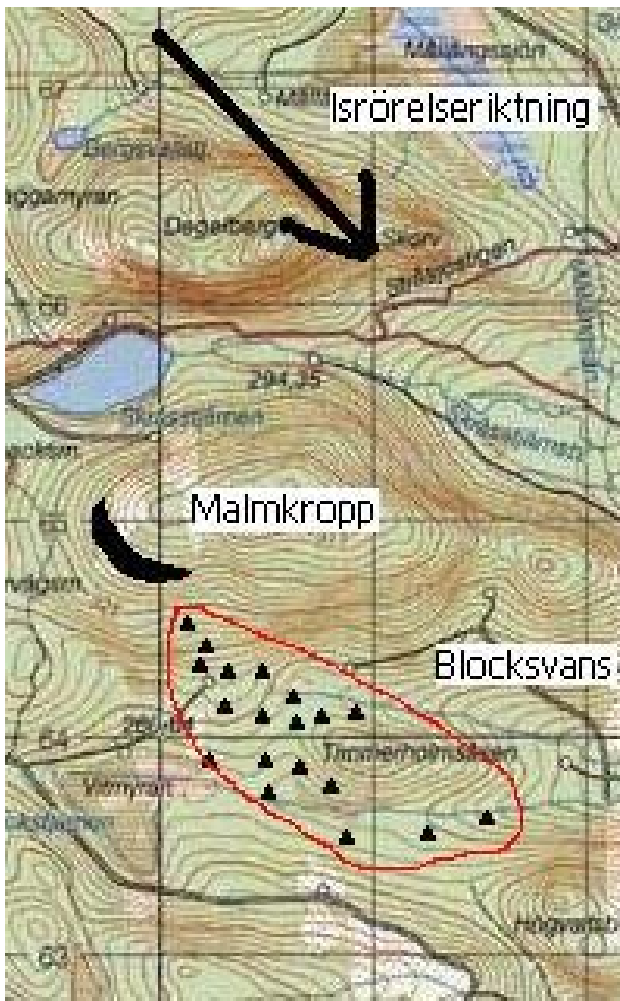


ral AB började koncentrera sina undersökningar till Skelleftefältet, dvs. i området direkt norr om Skellefteåven (Pettersson 1979).

1924 fann man mineraliserade block i en myr i närheten av nuvarande Boliden. Fyndighetens läge lokaliseras exakt med geofysiska mätningar samt diamantborrning. Bolidengruvan skulle på sin tid bli Europas största guldfyndighet samt världens största arsenikfyndighet. Malmen hade en komplex sammansättning vilket i sin tur ledde till nya upptäckter och landvinningar inom



Figur 2. Skiss av sulfidhorisontens geometriska utseende.



Figur 3. Exempelbild på blocksvans. Inlandsisen har ryckt loss block från malmkroppen och deponerat dem "nedströms" utefter isrörelseriktningen (redigerad från www.ra.se).

förädling. Hela Bolidens samhälle växte upp kring gruvan och hela företagets administrativa del samt laboratorier och anrikningsverk kom att byggas här. Malmen blev tillslut helt utbruten och gruvan i Boliden lades ner 1967 (Pettersson 1979).

Mineraliseringen vid Stenbrånet upptäcktes redan 1938 då man fann ett flertal block med massiv zinkhaltig svavelkis och kopparmalm vid dikesgrävningar. Nästföljande år hittades även många guldförande gnejsblock (Yngström 1983). Moderklyften för dessa block är ännu inte helt klarlagd (Pettersson 1979). Eftersom blottningsgraden är begränsad utfördes en serie geofysiska mätningar samt diamantborrningar, dock utan något positivt resultat. Fram till 1969 har 20 borrhål gjorts och undersökts (Yngström 1984-1985).

1983 återupptogs undersökningarna främst genom framtagning av en ny geologisk karta samt moränprovundersökningar. Nya zinkmineraliserade block hittades även under denna period. Nästföljande år gjordes provtagningar av bottenmorän under Stormyran och på ett par provplatser detekterades kraftiga guldanomolier. 1985 gjordes kompletterande moränundersökningar samt att sex borrhål borrades. Ett flertal geofysiska och geokemiska undersökningar gjordes på borrhävar och moränprovmaterial. En mängd block har analyserats med avseende på deras halt av sulfider. Inget anmärkningsvärt resultat uppnåddes under dessa två år (Yngström 1986). 1986 borrades 14 borrhål i en zon där guldanomolier tidigare mätts och ett flertal morängeokemiska undersökningar och geofysiska mätningar gjordes (Yngström 1987). Tre hål borrades nästföljande år och geofysiska undersökningar i borrhålen visade på god elektrisk ledningsförmåga, som indikerade förekomst av en sulfidmalm. I borrhålen fann man en komplexmalm efter 25 meter med höga zinkhalter (Yngström et al. 1989). Borrningen fortsatte 1989 och 11 nya hål gjordes. En zinkförande komplexmalm förekom i flera hål, men malmberäkningen som genomfördes visade på för låg kvantitet för att brytning skulle vara ekonomisk.

Nästa undersökning gjordes vintern 2000-2001. Geofysiska undersökningar, bland annat gravimetriska undersökningar gjordes tillsammans med att nya borrhävar togs. Ett par år senare utfördes en moränprovtagning i området för att försöka bekräfta de guldanomolier som upptäcktes på 60-talet, dock kunde positivt resultat ej uppnås.

3 Geologisk bakgrund

För ca 1.90 Ga var Skelleftefältet en öbåge mellan en arkeisk kontinent i norr och ett djuphav i söder (Bottniska bassängen). Minst 3000 meter mäktiga sekvenser ryolitiska till dacitiska vulkaniter avsattes som senare metamorfoserades under den Svekokarelska orogenesisen. De domineras av marint avlagrade vulkanoklastiska enheter. Dessa enheter överlagras av gråvackor och argilliter (Lindström et al. 2000).

Skelleftefältet utgjorde en gång en plattetektonisk kollisionsmiljö i likhet med dagens Japan. Denna typ av vulkanisk miljö är ursprunget till många av de malmer

av VMS-typ (vulcanogenic massive sulphide ore deposit) som finns i området (Andréasson et al. 2006).

3.1 Geologisk beskrivning – Stenbrånet

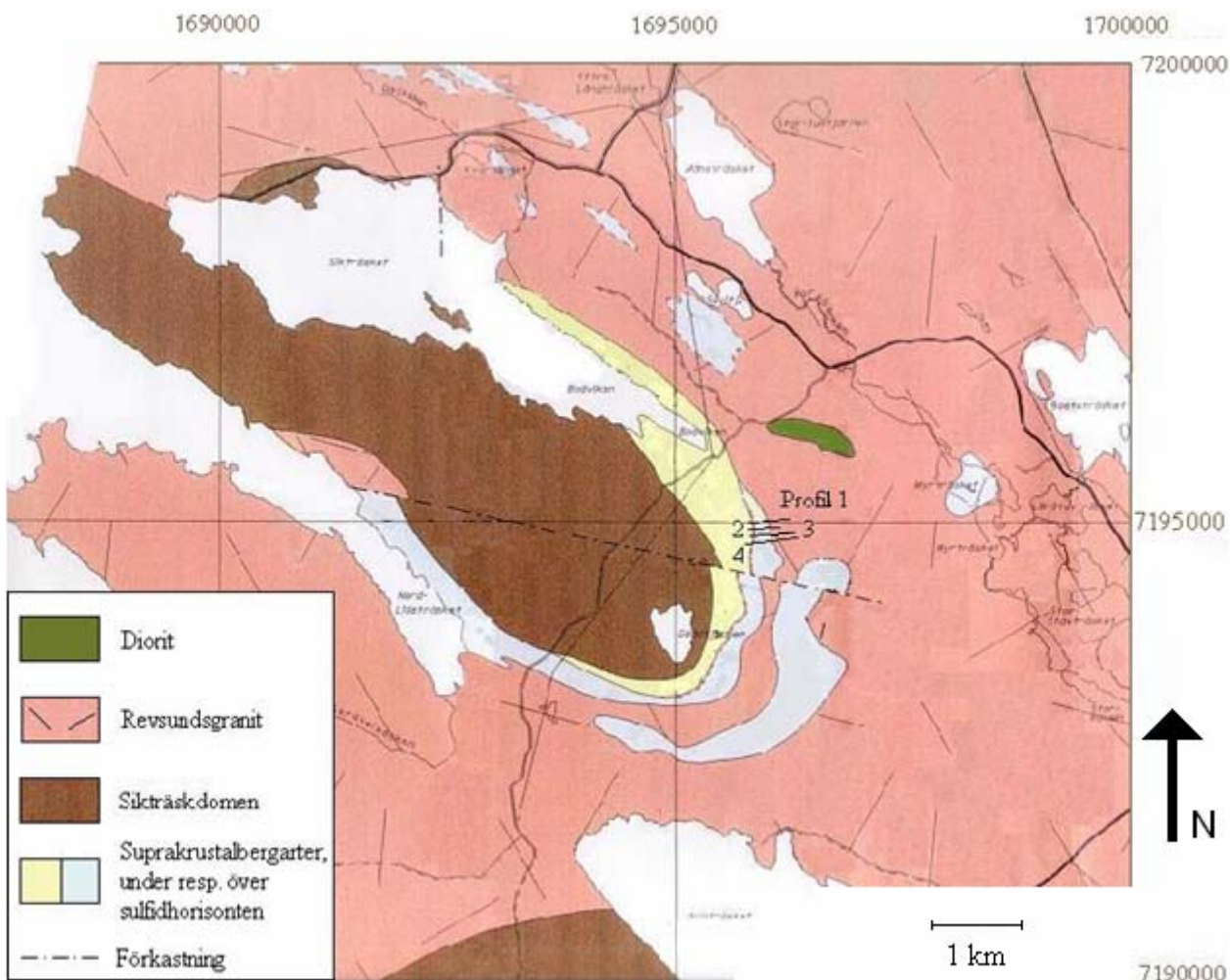
Den geologiska beskrivningen är baserad på i huvudsak Årebäck et al. (2001).

3.1.1 Sikträskintrusionen (fig. 4)

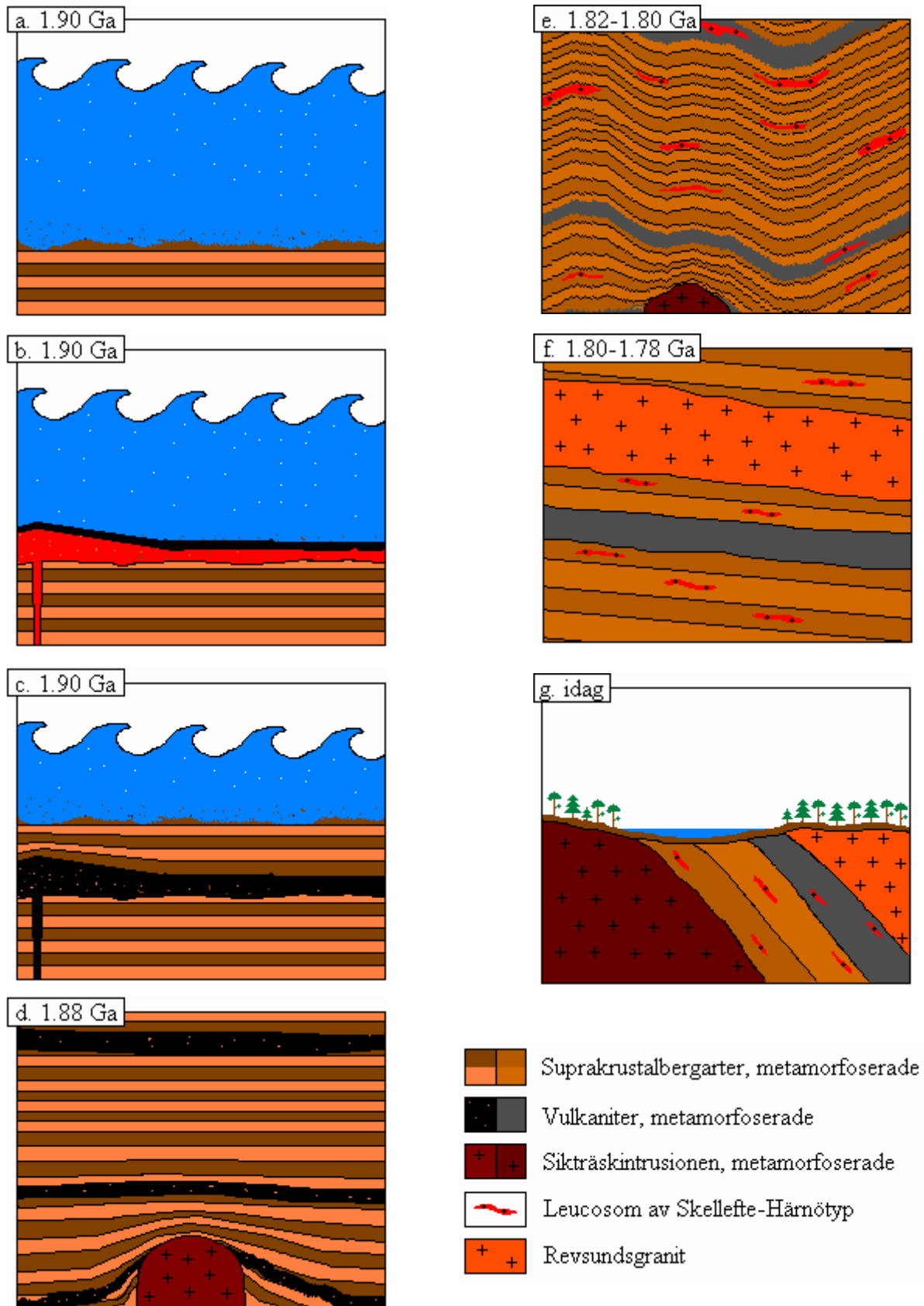
Geologin i Stenbrånet domineras av Sikträskintrusionen, en medel- till grovkornig gnejsig granitoid som metamorfoserats i amfibolitfacies. Sikträskintrusionen är daterad till 1859 ± 3 och 1854 ± 9 Ma (U-Pb zirkon, Weihed & Antal 1998) Denna datering är gjord på flera zirkoner och ger då en medelålder. En annan zirkondatering (SIMS– secondary ion mass spectrometry, datering på enstaka korn, en mer exakt metod) gav åldrar på ca 1,88, 1,82 och 1,80 Ga (Weihed et al. 2002) där den äldre åldern antas vara den magmatiska kristallisationen. De yngre åldrarna tolkades som åldern för regionalmetamorfosen som påverkade Sikträskintrusionen och omkringliggande suprakrustala bergarterna (Weihed & Antal 1998).

3.1.2 Suprakrustala bergarter

Sikträskintrusionen ligger omgiven av omvandlade suprakrustala bergarter, såsom metasediment och metavulkaniter. Lagringen på suprakrustalbergarterna stupar $10-35^\circ$ åt nordost ut från domen i området. Om Sikträskintrusionen är en dom eller toppen på ett veckben är inte klarlagt. Tre olika typer av metasediment har tidigare observerats strax söder om det undersökta området. Den översta bergarten utgörs av sedimentgnejs som ursprungligen troligen var ett gråvackesediment som tillhör Vargforsgruppen i Skelleftefältet (Allen et al. 1996). Granat, sillimanit och cordierit är assessoriska metamorfa faser. Bergarten är ställvis skarnig. Under följer en ljusgrå, finkornig, ställvis bandad kvartsrik gnejs som innehåller fältspat, sillimanit, cordierit och glimmer (oftast muskovit). Enheten uppträder som tunna packar med troligen silicifierade felsiska vulkaniter. Andalusit och granat förekommer också ställvis, det förstnämnda oftast tillsammans med muskovitförande granitiska ådror. Magnetkis (FeS) förekommer i varierande mängd genom hela enheten. Den tredje och understa enheten utgörs av en mörk, fin- till medelkornig gnejsig bergart som benämns biotitgnejs. Denna innehåller granat, cordierit, sillimanit och antofyllit utöver huvudmineralen kvarts,



Figur 4. Geologisk karta över området kring Sikträskdomen. Svarta linjer visar läget av de fyra profiler som konstruerats i detta arbete. Sjöarnas positioner indikerar att suprakrustalbergarterna vittrar lättare än övriga bergarter (redigerad från Årebäck et al.)



Figur 5a-g. Figurserien visar händelseförloppet enligt Weihed & Antal, 1998. Turbiditiska sediment avsätts i ett hav (a) och blandas med vulkaniska lager (b, c) vid ca 1.90 Ga. Sikträskkroppen intruderar vid ca 1.88 Ga (d) och lagren veckas och metamorfoseras fram till ca 1.82 Ga då partiell uppsmältning leder till leucosom av Skellefte-Härnötyp (e). Mellan 1.80 och 1.78 Ga intruderar Revsundsgranit området (f) och efter det formar erosionen landskapet till dagens utseende (g)

fältspat, biotit och muskovit. Spår av magnetkis förekommer. Gnejsen har flera kemiska likheter med den kvartsrika gnejsen ovanför, men biotitgnejsen har blivit anrikad på aluminium, magnesium och kalcium och fått en förlust av kisel och järn.

I kontakten mellan sedimentgnejsen och den kvartsrika gnejsen finns en zon med förhöjda halter av sulfider, den så kallade malmhorisonten. Mineraliseringen utgörs av en skivliknande kropp som stryker mot sydost och stupar ca 30 grader mot nordost (fig. 2). Horisonten är oftast skarnig och innehåller lokalt höga halter av magnetkis och zinkblände (ZnS). Längre ner i den kvartsrika gnejsen förekommer zoner med förhöjda halter av kopparkis (CuFeS₂) och guld, ofta tillsammans med magnetkis.

Metamorfosen i de suprakrustala bergarterna kännetecknas av hög-T/låg-P typ, under amfibolitfaciesförhållande. Den är med andra ord överlag något högre än i Skelleftefältet. Metamorfosen har lett till migmatisering av ovan nämnda bergarter samt bildning av muskovitrika leukosom och horisontella gångar av Skellefte-Härnötyp (se nedan).

3.1.3 Granit (Revsundstyp)

En annan typ av granit förekommer som stora plutoner eller skivor i de migmatiserade suprakrustala enheterna. Graniten uppträder ofta som relativt tunna, uppskattningsvis 100-1000 meter tjocka skivor som på regional skala är näst intill parallella med dagens markyta vilket gör att dess areella utbredning är ganska betydande. Denna granit anses troligen vara av Revsundstyp, som daterats till ca 1.80-1.78 Ga (Weiher & Antal, 1998). Graniten är en ljusgrå till grågrön, grovkornig bergart till största del bestående av kvarts, kalifältspat (ofta som megakryster), plagioklas, biotit och hornblände. Graniten är ställvis aplitisk eller väldigt grovkornig och är lokalt xenolitförande. Graniterna är pegmatitfattiga och har en svag orientering av kalifältspatsmegakryster som är parallell med gnejsigheten i omgivande sedimentgnejser.

3.1.4 Granit (Skellefte-Härnötyp)

I de suprakrustala bergarterna förekommer en grovkornig, ljus granit. Dessa muskovitförande graniter är ofta pegmatitförande och är daterade till ca 1,82-1,80 Ga (Årebäck et al. 2001). I Stenbrånet uppträder de som leukosom och kan ibland vara svåra att skilja från de lokala Revsundsgraniterna.

3.1.5 Underordnade (övriga) bergarter i området.

Det förekommer även decimeter- till metertjocka diabasgångar som klipper de äldre litologierna. De kan förmodligen korreleras till diabas av Åsby-Ulvötypen som är vanligt förekommande längre söderut. Dessa har nyligen daterats till 1259-1256 Ma (Hogmalm et al. 2006; Söderlund et al. 2006). Det förekommer också, företrädesvis i Revsundsgranit, medelkorniga intrusioner av diorit. De är troligen likåldriga och associerade med Revsundsgraniten.

3.2 Tidigare bildningsmodeller

I Stenbrånet finns bergarter som en gång avsattes som turbiditlika sediment i nuvarande Bottniska bassängen strax söder om Skelleftefältet för ca 1.90 Ga år sedan. Sedimenten består av finkorniga leriga till sandiga avlagringar och km-tjocka packar av gråvackesediment. Inlagrat i sedimenten förekommer ett antal horisonter med vulkanit som tyder på vulkanisk aktivitet i anslutning till sedimentationen (fig. 5a-c) (Weiher & Antal, 1998).

Något senare vid ca 1.88 Ga intruderade stora granitkroppar (Sikträskplutonen) i de suprakrustala bergarterna (Weiher et al. 2002). Därefter deformerades och metamorfoserades bergarterna på ca. 15 kilometers djup. Trycket och temperaturen, ca 5 kbar och 400-600°C, ledde lokalt till partiell uppsmältning och migmatisering (fig. 5d-e) (Weiher & Antal, 1998).

Vid 1,82-1,80 Ga (Årebäck et al. 2001) intruderade de partiella smältorna omgivningen (Skellefte-Härnögranit). Ungefär samtidigt eller strax efter (1,80-1,78 Ga, Weiher & Antal, 1998) intruderade Revsundsgraniter Stenbrånet och stora områden i mellersta Norrland (fig. 5f).

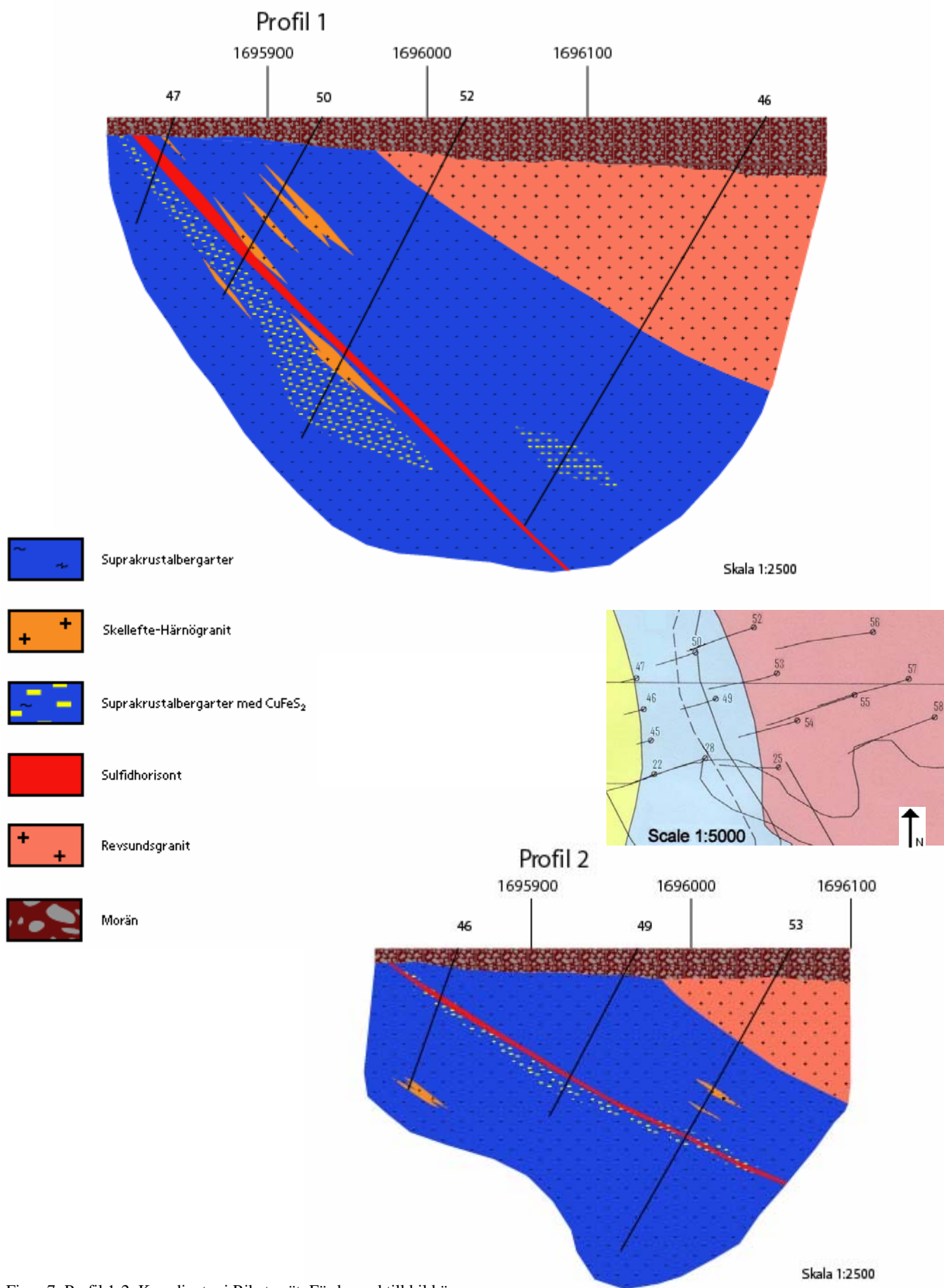
Därefter har inte mycket skett i området annat än diabasintrusioner (1.25 Ga) och bildandet av ett antal skjuzvzoner i framförallt N-S-riktning. Nästan två miljarder år av erosion har sedan blottlagt bergarterna och dess motståndskraft mot vittring har format dagens landskap (fig. 5g). De suprakrustala bergarternas låga vittringsbeständighet har lett till att dessa bergarter finns i lågområden varpå endast ett fåtal hållar finns blottade. Revsundsgranitens höga vittringsbeständighet har i sin tur lett till att graniten finns exponerad i höjdområden (Weiher & Antal, 1998).

4 Metodik

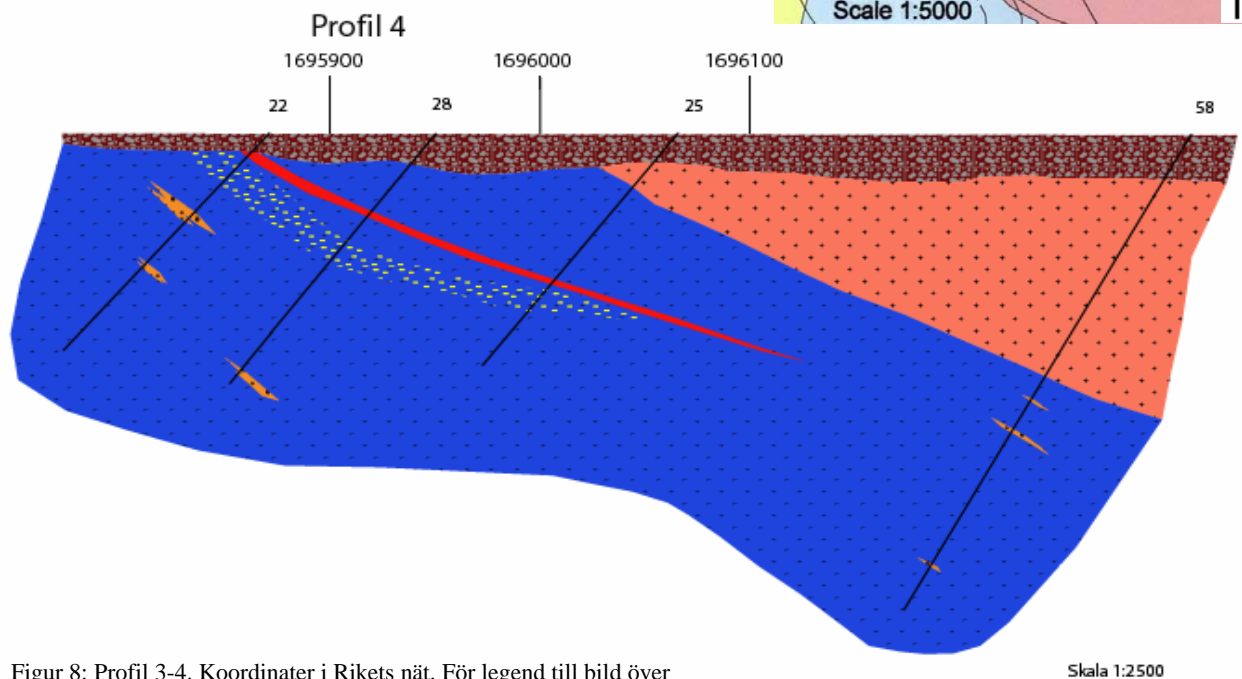
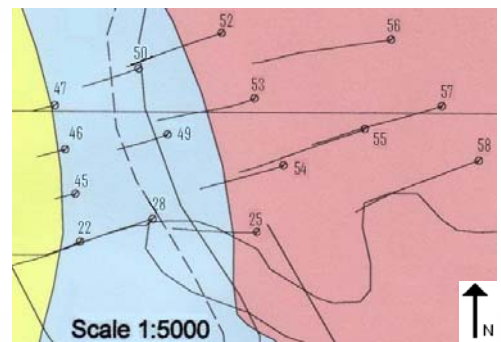
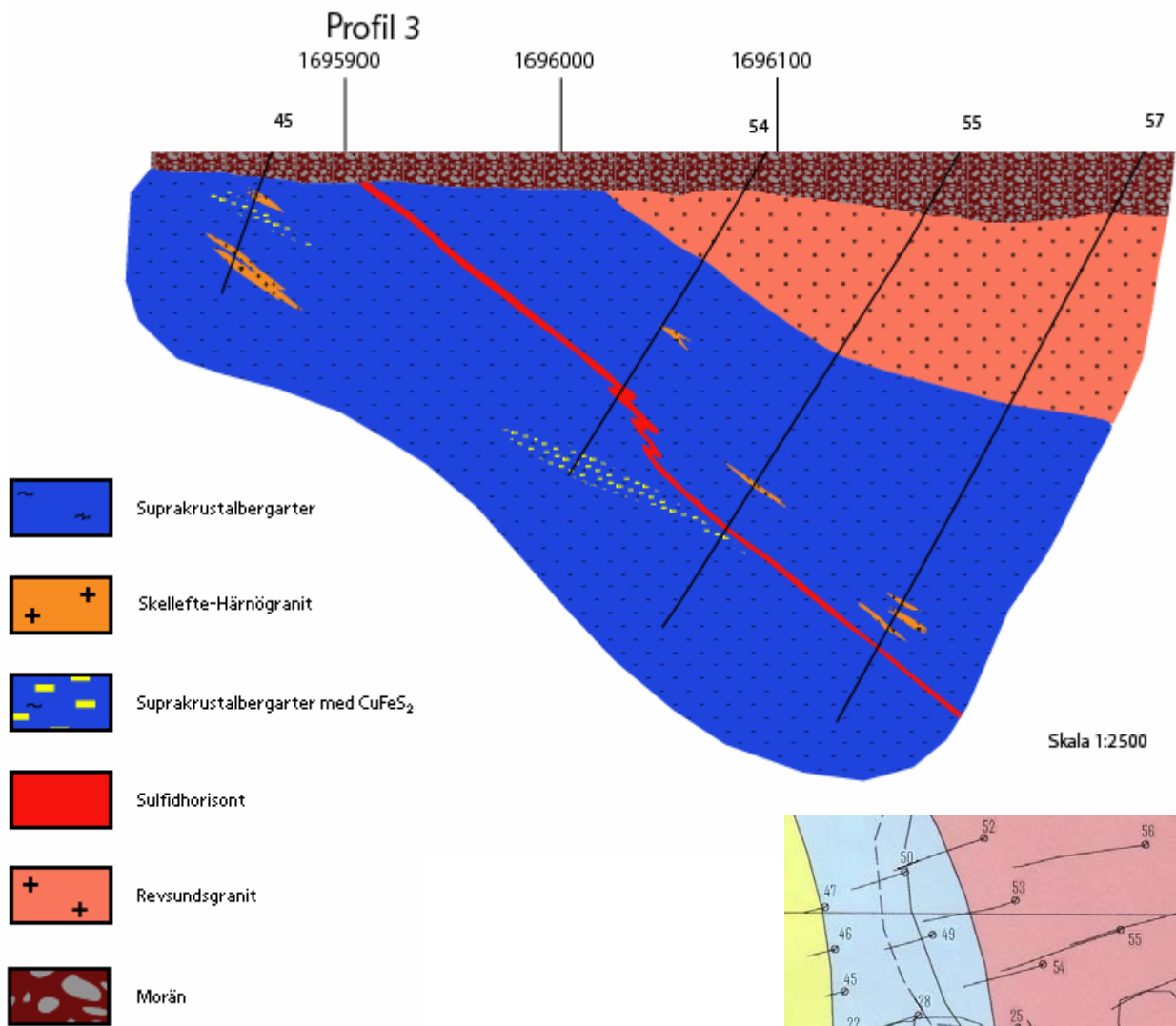
Området som valdes ut för detta arbete samt vilka borrkärnor som skulle karteras är baserat på rapporter sam-



Figur 6. Karteringsbord i Boliden Mineral AB:s faciliteter. Notera skillnaden mellan vattenbeströdda (mörka) och torra kärnpartier. Kärnorna är 56 mm i diameter. (Foto Jonas Åker-



Figur 7: Profil 1-2. Koordinater i Rikets nät. För legend till bild över borrhålspositioner, se figur 3.



Figur 8: Profil 3-4. Koordinater i Rikets nät. För legend till bild över borrhålspositioner, se figur 3.

Figur 9a-h (nästa sida): Figurerna visar borrhäror med tunnslipsbilder (i korpolariserat ljus om inget annat anges) från nivå som oftast är märkt med vit lapp i borrhärsfotot. Borrhäror a, c, g är 46 mm i diameter, e är 56 mm. Skallstrecken vid tunnslipen mäter 2 mm. a: Revsundsgranit (borrhål 25, ca 21 m ner), b: tunnslip på Revsundsgranit (tunnslip #7, borrhål 25, 27,85 m), c: suprakrustalbergart ovanför sulfidhorisonten (borrhål 25, ca 88 m), d: tunnslip på suprakrustalbergart ovanför sulfidhorisonten (tunnslip #8, borrhål 25, 93,60 m), e: suprakrustalbergart under sulfidhorisonten (borrhål 46, 86,15 m), f: tunnslip på suprakrustalbergart under sulfidhorisonten (tunnslip #5, borrhål 46, 86,15m), g: sulfidhorisont med massiv ZnS (borrhål 25, 96,9 m), h: Tunnslip i sulfidhorisonten med påfallande ljus (tunnslip #9, borrhål 25, 96,8 m).

manställda av Boliden Mineral AB (Yngström et al. 1983, 1984, 1986, 1987). Femton borrhäror valdes ut och karterades i Boliden Mineral AB:s lokaler under hösten 2006 (fig. 6). Boliden Mineral AB har gjort geochemiska analyser på vissa sektioner i borrhäror men inget av detta analysmaterial har använts som komplet vid karteringen.

Borrhålen i varje borrområde är numrerade kronologiskt och de borrhäror jag har använt togs samtliga under 80-talet. Borrhålens längd varierar mellan ca 70 och 320 meter, och varje borrhåra ligger i lådor innehållande ca. 10 "borrmetrar". Kärnornas tjocklek är antingen 46 eller 56 mm. Borrhäror fuktades för att lättare kunna urskilja mineralsammansättning och strukturer. Övriga hjälpmedel såsom lupp, sandpapper och syra användes också. Resultaten plottades i ett loggprotokoll som vardera visar 50 meter av borrhäran. I loggprotokollen angavs bergartstyp, kornstorlek m.m. Malmmineral samt metamorfa indikatormineral grad noterades. Sammanlagt karterades ungefär 2800 meter borrhäror (appendix III-VI).

Från loggprotokollen konstruerades fyra profiler som visar det stratigrafiska utseendet sett från sidan (fig. 7 och fig. 8) och kontakter mellan olika enheter extrapolerades. Profilerna digitaliserades sedan med programmet Adobe Illustrator. Första profilen består av borrhäror 47, 50, 52 och 46, profil 2 består av borrhäror 46, 49 och 53, profil 3 av borrhäror 45, 54, 55 och 57 och slutligen profil 4 utav 22, 28, 25 och 58 (fig 7 och 8 samt appendix III-VI). Profilerna visar markplanet i ÖNÖ-VSV längs abskissan och djupet längs ordinatan och varje borrhål är borrarat med ungefär 60° vinkel åt VSV mot markplanet. Profilerna ligger ganska parallellt med varandra på ca 35-65 meters avstånd sinsemellan. Djupen på borrhäror framgår från fig. 7 och fig. 8 samt appendix III-VI, likaså de små vinkelavvikelser som alltid sker vid borring. De fyra profilerna är i stort sett parallella och de borrhål som inte ligger exakt i profilplanet har projicerats för att få en tvådimensionell bild av geologin.

Elva prover från tre olika borrhäror togs för tunnslipspreparering. Tunnslipen mikroskopierades sedan på Geocentrum i Lund. Tre av tunnslipen är polerade för mikroskopering av opaker i reflekterande ljus.

5 Resultat

5.1 Profiler

Som framgår ur de konstruerade profilerna i fig. 7 och fig. 8 dominerar stratigrafin i området av metasediment

och metavulkaniter. Stratigrafiskt ovanför förekommer en granit. Kontakten mellan graniten och underliggande suprakrustalbergarter når markytan ganska centralt i profilerna och graniten är borteroderad i de västra delarna. Profilerna bekräftar att suprakrustalbergarternas gnejsighet är parallell med kontakten mellan bergarterna. Kontakten mellan granit och suprakrustalbergarter stupar mellan 26° och 36° mot öster och flackar ut något i de södra profilerna. Sulfidhorisonten i Profil 3 ligger högre upp i borrhåra 43 än förväntat om man projicerar horisontens rumsliga utbredning från övriga borrhäror på samma position i andra profiler.

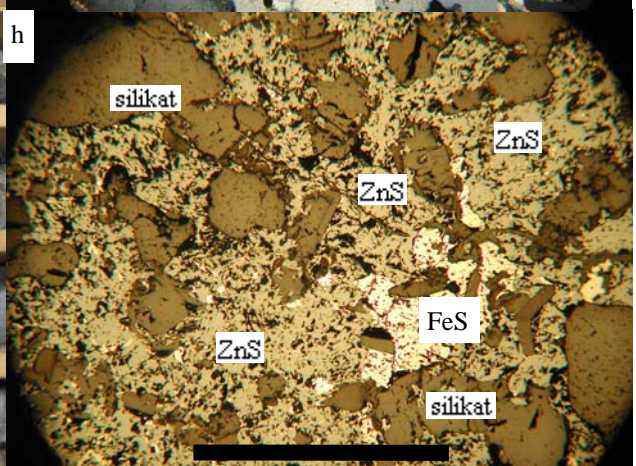
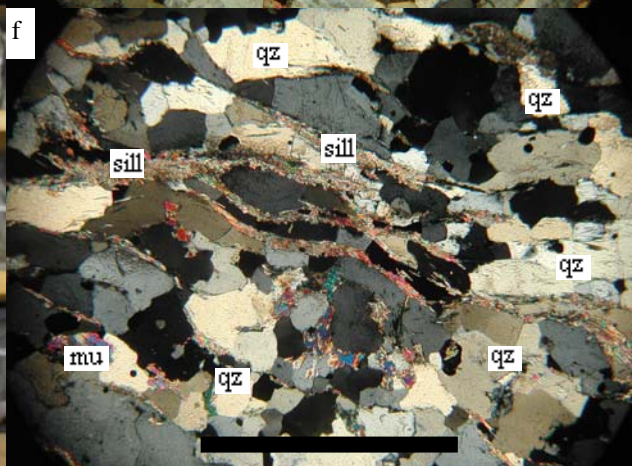
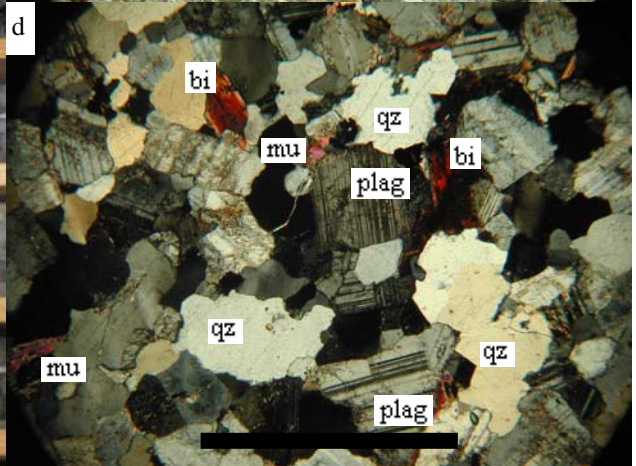
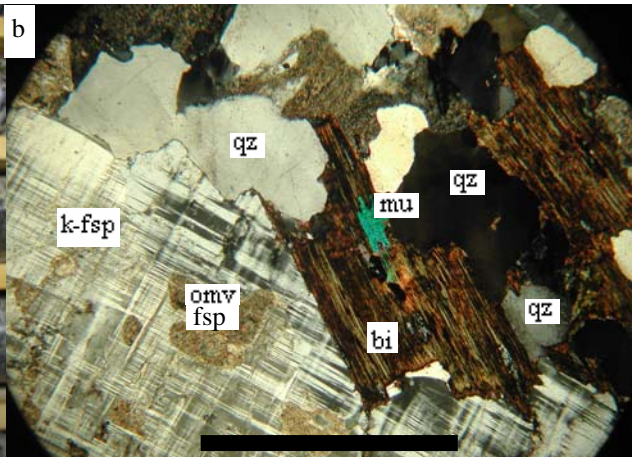
På grund av metamorfos och den kraftiga förgnejsningen är det svårt att skilja mellan vad som en gång varit sediment respektive vulkanit. Kontakten mellan de suprakrustala bergarterna och den överliggande graniten är skarp och visar inga tydliga tecken på kontaktmetamorfos relaterad till intrusion av graniten. En annan grannityp (Skellefte-Härnögranit) finns inbäddad som tunna linser inne i de suprakrustala bergarterna. Dessa har tolkats som leukosom i migmatiten och dess tjocklek överstiger sällan 10 m.

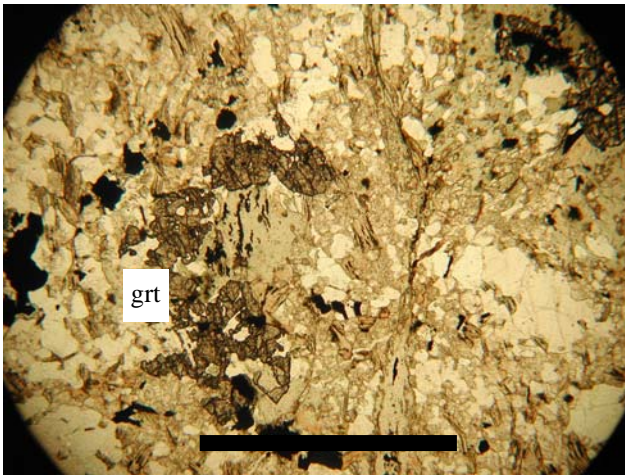
5.2 Bergarternas mineralogi & textur.

5.2.1. Suprakrustalbergarter (blå i fig. 7 och fig. 8)

De förgnejsade och migmatiserade suprakrustalbergarterna uppvisar, makroskopiskt, stor variation (Fig. 9c-f) i både textur och mineralogi (fig. 7 och fig. 8). Färgen varierar från gråröd till gråvit men till största del är enheten grå med vita sliror. Ibland har bergarten ett tydligt bandat utseende med ljusa och mörka partier. Kornstorleken varierar kraftigt, allt i från finkorniga paleosom till grovkorniga gnejsgraniter. Glimmermineral är vanliga, främst biotit och muskovit tillsammans med enstaka granater och flogopitlik glimmer. Sillimanit och kordierit förekommer även sparsamt. Ibland kan man i de övre delarna se svaga tecken på att enheten från början var ett sediment. En gnejsig foliation har observerats vars orientering är parallell med kontakten till Revsundsgraniten.

Utöver kvarts och fältspat innehåller även bergarten biotit och ställvis flogopitliknande glimmer. Sliror och körtlar av magnetkis och pyrit (svavelkis FeS₂) förekommer samt enstaka korn av kopparkis. Mikroskopistudien visar att bergarterna varierar kraftigt. Dock kan man se att vissa specifika enheter förekommer flera gånger. Variationen gör att många av de vanligaste mineralen förekommer rikligt i vissa delar och fattas helt i andra. Exempel på detta är omvandlad fältspat, vanlig fältspat och muskovit. Mer eller mindre omvandlad biotit verkar förekomma i nästan hela enheten. Sillimanit förekommer





Figur 10. Tunnslip i planpolariserat ljus visande granat. Skallstreck är 2 mm (tunnslip #1, borrhäna 46, 16.70 m).

främst i de djupare delarna av stratigrafien medan granater finns främst i de övre delarna. Vissa delar av suprakrustalbergarterna har höga halter av opaker, främst magnetkis.

Leukosom av Skellefte-Härnötyp (orange i fig. 7 och fig. 8) förekommer som medelkorniga decimeter-tjocka smältor i de suprakrustala bergarterna och är ställvis mycket grovkorniga.

5.2.2 Granit (röd i fig. 7 och fig. 8)

Granitens makroskopiska utseende är gråvit till rödvit homogen, grovkornig bergart bestående av kvarts, biotit och olika fältspater (Fig. 9a, b). Fältspaterna varierar i färg från gråvit till röd, samt enstaka grönaktiga korn. I mikroskop har även muskovit observerats samt att plagioklasen är kraftigt omvandlad och biotiten är kloritomvandlad (troligen de gröna kornen nämnda ovan). Enstaka korn av magnetkis och pyrit förekommer. Flogopitliknande glimmer och granat har också observerats. Graniten är ställvis väldigt grovkornig, ofta med körtlar, möjligtvis xenoliter, av magnetkis och pyrit. Skarnhorisonter, applit och mörka finkorniga gångar förekommer, det sistnämnda oftast i anslutning till kontakten nedåt. Små lokala skjuvzoner genomkorsar graniten, dock har de inte kunnat följas horisontellt mellan borrhämnarna.

5.2.3 Sulfidhorisonter (mörkröd i fig. 7 och 8)

Zn-mineraliseringen uppvisar makroskopiskt ingen tydlig kontakt till suprakrustalbergarterna och mineraliseringens sammansättning varierar kraftigt. Vissa borrhål visar på massiv zinkblände med inslag av magnetkis och/eller pyrit (Fig. 9g, h), andra på endast massiv magnetkis. I några borrhämnor finns enbart en svag impregnation av sulfider medan andra kan ha flera decimeter tjocka partier med massiv sulfidmalm. I ett flertal kärnor har någon form av skarnomvandling i nära anslutning till mineraliseringen noterats. Tjockleken av sulfidhorisonter varierar kraftigt från enstaka centimeterstora körtlar till flera meter tjocka enheter med stark impregnation av

sulfider. Körtlarna har en tydlig kontakt och består av massiva sulfider medan enheterna med stark impregnation har en otydlig kontakt och innehåller enstaka silikater.

Förutom opakfaser, i form av främst zinkblände, har också kvarts, plagioklas, biotit och klorit observerats vid tunnslipsmikroskopering.

6 Diskussion

6.1 Geologisk utveckling av Sikträskdomen och omkringliggande bergarter

Att tolka ett händelseförlopp som skedde för nästan 2 miljarder år sedan är uppenbart problematiskt, speciellt då bergarterna har omvandlats till den grad att dess ursprungliga utseende har överpräglats av metamorfos. Ett flertal modeller för malmens ursprung har diskuterats under arbetets framskridande. En begränsande faktor för att förstå utvecklingen är, och har varit, exakta och pålitliga dateringar av vissa nyckellitologier, t.ex. sulfidhorisonter. Resultatet i detta arbete gällande bergarternas inbördes relationer (fig. 7 och fig. 8) samt de slutsatser som kan dras från observationer i tunnslip stämmer i stort sett med den modell som föreslogs av Weihed & Antal (1998). Den bygger på följande kronologi:

1.90-1.88 Ga	Avsättning av suprakrustalbergarter
1.88 Ga	Intrusion av Sikträskgranitoiden
1.88-1.80 Ga	Regionalmetamorfos
1.82-1.80 Ga	Partiell uppsmältning bildar Skellefte-Härnögranit
1.80-1.78 Ga	Intrusion av Revsundsgranit

Enligt den lokala stratigrafien utgörs området av sediment och vulkaniter, och avsättningen av dessa är den äldsta händelsen (fig. 5a). Bergarterna avsattes på havsbotten nära en vulkanisk öbåge. Utseendet på suprakrustalbergarterna varierar kraftigt på grund av senare metamorfos, men mineralogin och bergarternas utseende visar på ett suprakrustalt ursprung. Detta styrks också av lokala förekomster av aluminiumrika mineral som sillimanit och muskovit (fig. 9f).

I samband med intrusion av Sikträskmagman domas eventuellt de ovanliggande suprakrustala bergarterna i området. Att det är i samband med intrusion av Sikträskmagman som övriga bergarter tippas är dock inte säkerställt. Ett annat alternativ är att av bergarterna inklusive Sikträskintrusionen, veckades och deformerades i samband med regional metamorfos. Inga tydliga texturella eller mineralogiska tecken, t.ex. mineral som är stabila vid de temperaturer och tryck, från en eventuell kontaktmetamorfos i samband intrusionen har observerats. Ytterligare argument mot påtaglig kontaktmetamorfos är att Sikträskplutonen i sig är metamorfoserad. Dock finns det en möjlighet att äldre metamorfa tecken har överlagrats. Spår av ökad metamorfgrad mot djupet (dvs. mot Sikträskintrusionen), t.ex. ökning av sillimanit i tunnslip eller andel uppsmält material (leukosom), kan

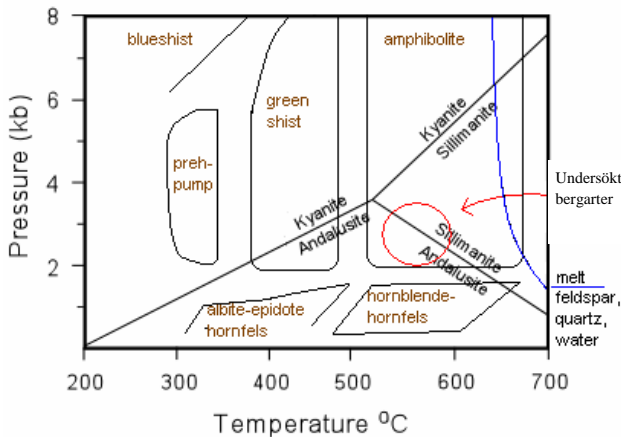
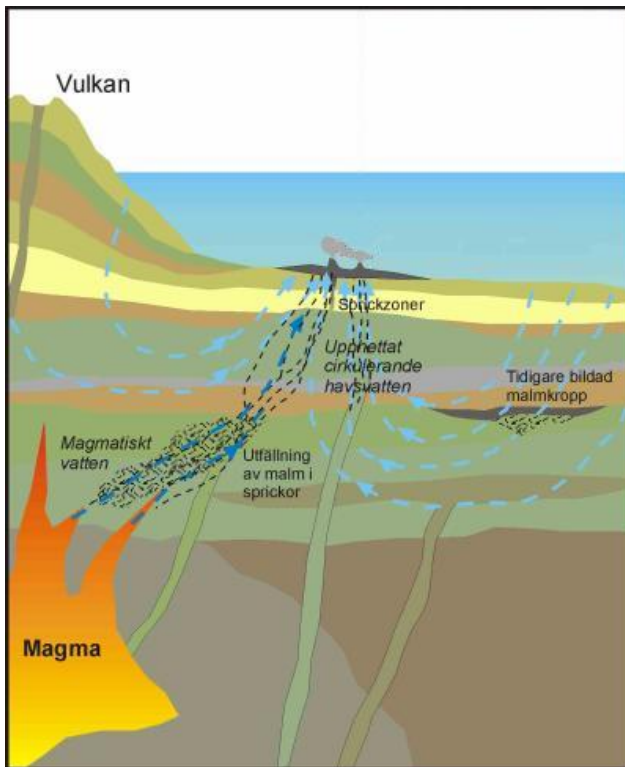


Fig 11. Tryck-temperaturdiagram. De undersökta bergarter ligger i amfibolitfacies på ca 550°C och ca 3 kb (redigerad efter www.tulane.edu/ och Yardley 1989).



Figur 12. Schematisk skiss över VMS-mineralisering (volcanogenic massive sulphide ore deposit). Värme från en magmakammare sätter fluider i rörelse som i sin tur löser upp metaller och slutligen deponerar dessa på havsbotten (redigerad efter www.nrm.se).

inte ses i borrhäneloggar (fig. 7 och fig. 8) eller tunnslip från successivt djupare nivåer (fig. 9a-h) vilket är det starkaste argumentet mot en kontaktmetamorfos.

De suprakrustala bergarterna samt Sikträskplutonen förgnejsades och migmatiserades i samband med regionalmetamorfosen i Skelleftefältet. Flera tydliga tecken på hög temperatur/måttligt tryck ses i form av de nyckelmineral (granat och sillimanit) som finns i de suprakrustala bergarterna (fig. 9f och fig. 10). Dessutom förekommer enligt Årebäck et al. (2001) andalusit vilket

ger metamorfos i amfibolitfacies (fig 11). Andalusit och/eller sillimanit kan dock vara en rest från tidigare metamorfos. De uppsmälta partierna representeras av metertjocka granitiska skivor (granit av Skellefte-Härnötyp) med otydlig kontakt till gnejserna som finns jämt fördelad i suprakrustalbergarterna.

Revsundsgraniten är postmetamorf vilket indikeras av de dateringar som gjorts och på dess opåverkade utseende. Eftersom skivor av Revsundsgranit ligger parallellt med gnejsigheten har dessa magmor förmodligen intruderat de suprakrustala bergarterna längs de svaghetsplan som dessa utgör. Tunnslipsstudierna visar att graniten i Sikträskområdet innehåller muskovit vilket normalt inte finns i ”äkta” Revsundsgranit, dvs, den granit som finns vid typlokalen Revsund. Eventuellt skulle det kunna röra sig om en helt annan granit i Stenbrånet som liknar Revsundsgraniten. Graniten i området skiljer sig tydligt från Skellefte-Härnögraniterna främst på grund av dess skarpa kontakt till omgivande bergarter, dess grövre kornstorlek samt rödare färg.

6.2 Zinkmineraliseringen

Zn-mineraliseringen i området kring Sikträskdomen är troligtvis ursprungligen en avsättning från heta vattenlösningar i anslutning till den vulkaniska aktivitet som skedde för ca 1.9 Ga sedan. Varmt, salthaltigt vatten kan lösa ut metaller som finns sparsamt i alla bergarter. Klorjoner skapade komplex tillsammans med bland annat metaller (Guilbert 1986). Fluider kan sedan transportera metallkomplexen mot grundare nivåer. Metallerna kan därefter avsättas som sulfider i samband med förändringar. Tryck- och/eller temperatur, sammansättningsförändring på grund av reaktioner med omgivande bergarter är ett par exempel. En blandning med grund- eller havsvatten kan också vara den faktor som är tillräcklig för att lösa ut metaller. Ofta sker förändringarna gradvis vilket sprider ut de avsatta sulfiderna. I det fall metallrika fluider kommer i kontakt med och transporteras i svaghetszoner ger detta upphov till en förändring i olika kemiska eller fysikaliska parametrar som nämns ovan. Sulfiderna avsätts då inom ett förhållandevis litet område vilket kan leda till malmkoncentrationer. Metallerna kan även avsättas på havsbotten och bilda linser direkt på havsbotten.

I anslutning till malmhorisonten i Stenbrånet förekommer ofta en mjuk skarnliknande bergart vilket kan tolkas som att det rör sig om en skarnmineralisering. Skarnmalmer förekommer dock oftast i karbonatbergarter. Det har dock avsatts kalk i Skelleftefältet och möjligheten att det skulle röra sig om en skarnmalm är inte utesluten.

Eftersom värme och tryck oftast ökar transporten av fluider mot grundare nivåer förekommer ofta större malmzoner i områden som utsatts för metamorfos och/eller intrusioner. Detta stämmer väl överens med Stenbrånetmineraliseringen.

Ett troligt scenario är att värmen av den vulkaniska aktiviteten genererad av intrusioner har satt de fluider

som funnits i de djupt liggande sedimenten i rörelse och löst ut metaller ur bergarterna. Fluiderna har sedan färdats upp genom sedimenten tills de nått en fysikalisk eller kemisk förändring och där har metallerna tillsammans med löst svavel avsatts som sulfider. Regionalmetamorfosen har sedan omvandlat bergarterna.

En annan möjlighet är att malmen har avsatts som en sedex- eller VMS-malm på havsbotten och sedan har begravts av ovanliggande enheter och på så sätt bevarat dess ursprungliga utseende (fig. 12). Sedex- och VMS-typer av malmer bildas genom att salthaltiga lösningar avsätter metaller direkt på havsbotten. VMS-malmerna skiljer sig från sedex-malmer bland annat genom att sedex-typerna inte har några matargångar och är därför anses vara distala medan VMS-typerna är proximala (Evans 1993).

En tredje möjlighet är att mineraliseringen är ett så kallat remobiliserat. Fluiderna har passerat en existerande mineralisering, av t.ex. sedex- eller VMS-typ och löst upp metallerna för att sedan falla ut dessa i en gynnsam miljö. Att svara på den frågan med de möjligheter som jag har haft tillhanda är i stort sett omöjligt.

Tidigare arbeten utförda i området, (Årebäck et al. 2001) noterade en sammansättningsskillnad (se 3.1.2) mellan de suprakrustala bergarterna under respektive över sulfidhorisonten. Denna skillnad har inte noterats av undertecknad men utgjorde förmodligen den förändring som krävdes för att sulfiderna ursprungligen skulle fällas ut ur lösningen. Intressant är att i de flesta borrhäror uppträder en zon direkt under sulfidhorisonten med spår av kopparkis (fig. 7 och fig. 8). Eftersom koppar har en lägre löslighetsprodukt än zink kommer de att avsättas närmare värmekällan relativt zink vilket kan förklara denna zon.

Vad som varit källan till mineraliseringen är oklart. Ett flertal olika värmekällor är möjliga, t.ex. Revsundsmagman, Sikträskmagman eller den regionala metamorfosen. Revsundsgraniten är minst trolig eftersom ingen tydlig förändring av suprakrustalbergarterna i kontakten mot graniten har observerats. Sikträskintrusionen är troligare men jämfört med regionalmetamorfosen är dess värme väldigt liten. Troligare är att det är den regionala metamorfosen som har orsakat mineraliseringen. Om mineraliseringen skulle vara av VMS-typ så är vulkaniterna källan till mineraliseringen.

Den process som undertecknad finner troligast är att regionalmetamorfosen har satt fluiderna i rörelse och löst ut metaller, kanske från tidigare glesare mineraliseringar, på dess väg mot lägre nivåer. Vid kontakten mellan sedimenten och vulkaniterna fanns den lilla men markanta kemiska skillnad som behövdes och metallerna avsattes som sulfider.

7 Slutsatser

- Stratigrafin i området är följande: starkt förgnej-sade och migmatiserade vulkaniter och sediment som överlagras av stora intrusiv av Revsundsgranit. De suprakrustala bergarterna innehåller även

leukosom av Skellefte-Härnötyp. Alla dessa bergarter stupar ca 30° ut från sidorna på Sikträskdomen, som är en gnejsig granitoid.

- I de suprakrustala bergarterna förekommer en centimeter- till metertjock sulfidhorisont bestående av varierande halter av ZnS, PbS, FeS och FeS₂. Spår av CuFeS₂ tillsammans med spår av ovanstående sulfider finns ställvis i hela den suprakrustala enheten.

- Mineraliseringen har troligen bildats av att metamorfogenerade fluider antingen har remobiliserat en redan existerande mineralisering eller att fluiderna har löst ut metaller ur sedimenten. Dessa har transporterats uppåt tills de antingen nått havsbotten eller en sammansättningsskillnad och där fällts ut som en horisont.

8 Tack till

Ulf Söderlund, för all energi och framförallt för en positiv inställning till allt, även under alla motgångar. Du fick mig att tro på mitt arbete när inte jag gjorde det. Tack även till Karin Högdahl som väldigt sent blev involverad i mitt malmgeologiska äventyr men ändå höll gott mod. Tack, Daniel Larsson för att du visade mig det reflekterande ljusets underbara värld.

Även tack till alla "norrlänningarna": främst Rolf Jonsson som bollplank och för hjälp under karteringsarbetet, de anställda i borrhänsarkivet som kunde tyda min handstil, Jan-Olof Öst som fick leta referenser "en masse" och för att jag fick åka i din fina "bil", Hans Årebäck för givande diskussioner, samt Nicola Saintilan som visade att man med en lupp och fransk litteratur kan finna alla möjliga saker i en borrhänskära. Även tack till andra anställda vid Boliden Mineral AB för givande diskussioner, frågor och skämt om allt mellan vildsvinsjakt till att baka bröd på bly. Även tack till Boliden Mineral AB som stod för resor och logi samt för att jag fick nyttja utrustning och kaffemaskin. Tack alla andra ex-jobbare och annat löst folk som svarat på praktiska frågor när jag antingen varit för stressad för att ta reda på dem själv eller varit för okunnig (troligen det sistnämnda).

Slutligen tack till min Magdalena som stöttade mig när motivationen tröt och som höll ställningarna i hemmet när arbetstimmarna blev för många. Du är mitt allt!

9 Referenser

- Allen, Rodney L., Weihed, Pär., Svensson, Sven-Åke., 1996: Settings of Zn-Cu-Au-Ag massive sulphide deposits in the evolution and facies architecture of a 1.9 Ga marine volcanic arc, Skellefte district, Sweden. *Economic Geology* 91, s 1022-1053.
- Andreasson, P-G (red)., 2006: Geobiosfären: En intro-

- duktion. *Studentlitteratur* Lund, s 614.
- Evans, Anthony M., 1993: Ore Geology and Industrial Minerals An introduction, *Blackwell Scientific Publications*. s 390.
- Guilbert, John M., Park, Charles F, JR., 1986: The geology of ore deposits. *W. H. Freeman and Company*. s 128.
- Hogmalm, J. Söderlund, U., Larson, S.-Å., Meurer, W.P., Hellström, F., Claesson, D.T., 2006: The Ulvö Gabbro Complex of the 1.27-1.25 Ga Central Scandinavian Dolerite Group (CSDG): Intrusive age, magmatic setting and metamorphic history. *GFF*, 128: 1-6.
- Lindström, M., Lundqvist, J., Lundqvist, t-. 2000: Sveriges geologi från urtid till nutid. *Studentlitteratur* Lund, 532 s.
- Naturhistoriska Riksmuseet, 21/3-07:
<http://www.nrm.se/utställningarcosmonova/jourhava/ndeforskare/jourhavandegeolog/geologifordjupning/malmerochmalmbildning.4.1e6fe5610d10f9949180001012.html>
- Pettersson, E., 1979: Berg och malm i Västerbottens Län. Utredning från statens industriverk, SIND 1979:9., *LiberFörlag Stockholm* 1979.
- Riksarkiven och Landsarkiven, 21/3-07:
<http://www.ra.se/ra/geometriska/manadens/2005/febr05/febr05.htm>.
- Sveriges Geologiska Undersökning, berggrundskartan 29/3-07:
http://www.sgu.se/sgu/sv/service/kart-tjanst_start.htm#berg, Medgivande: 30-531/2007.
- Söderlund, U., Elming, S.-Å., Ernst, R. and Schissel D., 2006: The Central Scandinavian Dolerite Group – protracted hotspot activity or back-arc magmatism? Constraints from U-Pb baddeleyite geochronology and Hf isotopic data. *Precambrian Res.*, 150: 136-152.
- Tulane University, New Orleans 8/4-07:
<http://www.tulane.edu/~sanelson/eens212/metamorphreact.htm>
- Weihed, P. & Antal, I., 1998: Berggrundskartan 22J Kalvträsk NO, skala 1:50 000, *SGU ser. Ai* nr. 93.
- Weihed, P., Billström, K., Persson, P.-O., Bergman Weihed, J., 2002: Relationship between 1.90-1.85 Ga accretionary processes and 1.82-1.80 Ga oblique subduction at the Karelian craton margin, Fennoscandian Shield. *GFF* 124, 163-180.
- Yardley, Bruce. W.D., 1989: An introduction to metamorphic petrology. *Longman Group UK Limited* 1989. s 248.
- Yngström, S., Sandström, B., 1989: Stenbrånet. Undersökningar 1989. *Årsrapport Boliden Mineral AB*, s. 9 & appendix 17.
- Yngström, S., 1987: Stenbrånet. Undersökningar 1987. *Årsrapport Boliden Mineral AB*, s. 8.
- Yngström, S., 1986: Stenbrånet. Undersökningar 1986. *Årsrapport Boliden Mineral AB*, s. 9 & appendix 11.
- Yngström, S., 1984-1985: Stenbrånet. Undersökningar 1984-1985. *Årsrapport Boliden Mineral AB*, s. 9 & appendix 22.
- Yngström, S., 1983: Stenbrånet. Undersökningar 1983. *Årsrapport Boliden Mineral AB*, s. 19 & appendix 18.
- Årebäck, H., Sandström, B., 2001: Exploration in Stenbrånet 2001. *Årsrapport Boliden Mineral AB*, appendix 17.

Appendix I

Beskrivning av borrhämnarna.

Profil 1

Borrhål 46 saknar den översta Revsundsgraniten. Den inledande delen fram till mineraliseringen består av olika varianter av de suprakrustala bergarterna, ställvis väldigt varierande. De första 4,5 metrarna av mineraliseringen utgörs av skarnigt metasediment med sliror och körtlar av pyrit, magnetkis, zinkblände och kopparkis. Därefter kommer 1,35 meter massiv zinkblände och magnetkis med inslag av blyglans (PbS) och kopparkis, själva malmhorisonten. Under ligger 2,5 meter med skarnig metavulkanit med körtlar av massiv zinkblände och magnetkis. Därefter fortsätter resterande av hålet att vara metasediment. Malmhorisonten har sin största tjocklek i detta borrhål. Längden på borrhålet är 71,70 meter.

Borrhål 50 saknar också Revsundsgraniten och den första delen fram till mineraliseringen består av olika suprakrustala bergarter. Själva mineraliseringen består av två linser samt den närmaste omgivningen. Den första linsen är en halv meter tjock och består av massiv zinkblände med inslag av magnetkis. Den andra är 80 cm tjock och har en liknande sammansättning. Omgivningen består av migmatiter med sliror och körtlar av zinkblände och magnetkis. Hela zonen är ca 12 meter. Därefter fortsätter metasedimenten nedåt i borrhålet, ställvis med inslag leukosom. Borrhålet är 128,58 meter djupt.

Borrhål 52 inleds med 25 meter Revsundsgranit följt av en tydlig kontakt ner till en finkornig biotitrik bergart. Därefter följer varierande suprakrustala bergarter ner till malmhorisonten, bland annat med inslag av karbonater ca 10 meter innan mineraliseringshorisonten. Malmhorisonten består av 4,5 meter gnejsig granit med en impregnation av zinkblände. Ingen tydlig malmhorisont som i de två tidigare hålen alltså. Därefter fortsätter suprakrustala bergarter. Hålet blev borrarat 229,45 meter.

110 meter Revsundsgranit inleder borrhål 56. De sista metrarna genomskärs av halvmeter tjocka finkorniga metavulkaniter, skarpa kontakter. Därefter följer migmatiter och gnejser. Ingen malmhorisont upptäckt. Hålet borrarat till 299,70 meter.

Profil 2

Borrhål 46 saknar Revsundsgraniten och inleds därför av ca 15 meter suprakrustala bergarter med inslag av metavulkanit. Malmhorisonten är otydlig och består av sliror och körtlar med magnetkis i en fin till medelkornig tio meter tjock migmatit. Därefter fortsätter suprakrustala bergarter till 93,00 meter där hålet slutar.

Även borrhål 49 saknar Revsundsgraniten. Hålet börjar med olika gnejser, ställvis skarnig, ner till malmhorisonten. Grovkorning zinkblände tillsammans med magnetkis och till viss del kopparkis utgör körtlar i en sektion på ca 13 meter av en grovkornig gnejs. Därefter följer olika migmatiter. Hålet sträcker sig ner till 120,14 meter.

Borrhål 53 inleds med ca 50 meter Revsundsgranit. 5 meter innan kontakten nedåt löper decimetertjocka

band av en finkornig slirig bergart. Därefter följer suprakrustala bergarter. Malmhorisonten består av en meterssektion med sliror av zinkblände i en ojämnkornig migmatit. Suprakrustala bergarter finns i resterande del av hålet. Djupet är 219,27 meter.

Profil 3

Borrhål 45 saknar Revsundsgraniten och består av olika varianter av suprakrustala bergarter. Ingen tydlig malmhorisont är observerad. Massiv pyrit som körtlar i skarniga partier finns dock. Hålet är borrarat till 68,80 meter.

Borrhål 54 börjar med 40 meter Revsundsgranit. Kontakten till det underliggande metasedimentet är otydlig. Olika typer av suprakrustala bergarter tillsammans med metasedimentet utgör resterande del av det 177,10 meter djupa hålet. Malmhorisonten utgörs av medelkornig zinkblände tillsammans med magnetkis. Den mineraliserade zonen utgör ett avsnitt på 5 meter gnejs och migmatit.

75 meter utgör Revsundsgraniten i borrhål 55. De sista metrarna utgörs av finkorniga metasediment som ligger inuti Revsundsgraniten. Kontakten till de suprakrustala bergarterna är otydlig. Malmhorisonten utgörs av 60 cm massiv magnetkis inuti ett gnejsparti. Suprakrustala bergarter fortsätter till 213,15 där hålet slutar.

Borrhål 57 inleds med 100 meter Revsundsgranit som i dess djupa delar genomskärs av centimetertjocka gångar av någon mörk gnejsig bergart. Kontakten till underliggande gnejser är skarp. Malmhorisonten utgörs av 70 cm kloritiserad migmatit med sliror och körtlar av pyrit samt en 5 cm körtel med zinkblände och magnetkis. Annars utgörs hålet av suprakrustala bergarter. Borrarat till 302,50 meter.

Profil 4

Borrhål 22 saknar Revsundsgraniten och den översta delen suprakrustalbergart så hålet är borrarat mitt i utgåendet. Körtlar av zinkblände i en migmatit även innehållande magnetkis i sliror och körtlar inleder hålet efter ca 13 meter morän. Körtlarna och slirorna slutar efter ca 33 meter ner i hålet. Därefter fortsätter suprakrustala bergarter ner till 152,80 metern där hålet slutar.

Borrhål 28 saknar Revsundsgranit i toppen så hela hålet utgörs av suprakrustala bergarter av varierande slag. Malmhorisonten, som har semimassiv magnetkis samt svag impregnation av pyrit, finns i 30 cm glimmerskiffer. Därefter fortsätter suprakrustala bergarter ner till botten vid 166 meter.

Endast 26 meter utgör Revsundsgraniten i borrhål 25. En finkornig biotitrik bergart utgör en 7 meter tjock sektion i de sista 10 metrarna av graniten. Skarp kontakt nedåt till de suprakrustala bergarterna. Malmhorisonten utgörs av 1,3 meter massiv grovkornig zinkblände tillsammans med magnetkis. Horisonten utgörs också av glimmerrika partier. Därefter suprakrustala bergarter ner till 152,25 meter där hålet slutar.

Borrhål 58 utgörs först av 110 meter Revsundsgranit med en tydlig kontakt nedåt. Underliggande suprakrustala bergarter fortsätter sedan ända ned till 286,30 meter dit det borrarades. Ingen malmhorisont har övervärrats.

Appendix II

Tabell över tunnslip

tunnslip	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11
borrkärna	46	46	46	46	46	28	25	25	25	25	25
profil	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4
nivå (m)	16,7	25,25	44,45	73,5	86,15	76,7	27,85	93,6	96,9	102	143,8
stratigrafi	ö	ö	u	u	u	u	ö	ö	-	u	u
litologi	suprakraustal	suprakraustal	suprakraustal	suprakraustal	suprakraustal	suprakraustal	granit	suprakraustal	sulfidhorisont	suprakraustal	suprakraustal
kvarts	X	X	X	X	X	X	X	X	x	X	X
kalifältspat	Xo	x				x	X	xo		x	x
plagioklas						x	xo	X	x		
pertit			x	x		x				x	
biotit	xo		xo	X	x	x	xo	xo	x	xo	x
muskovit		xo	Xo		x	xo	x	x		xo	xo
sillimanit/fibrolit					X					x	X
granat	x		x								
klorit	xo					x	x	x	x		
cordierit					xo	x				x?	x?
grynerit-cummingtonit		x	x								
epidot		x				xo			x		
opaka mineral	x	X		X	x	X			X	x	x
zinkblände		x							X		
magnetkis		X		X					x		
kopparkis		x		x							
övrigt	biotit bildar grupperingar, kloritvariant (penninite) som sprickfyllnad										
	de opaka kornen ligger mellan silikatkornen										
	liknar #11, svagt krenulerad, sliror av sillimanit										
	revsundsgranit innehåller vanligtvis inte muskovit										
	de opaka kornen ligger mellan silikatkornen										
	liknar #5, sliror med sillimanit										

X:bergartsbildande

x:accesorisk

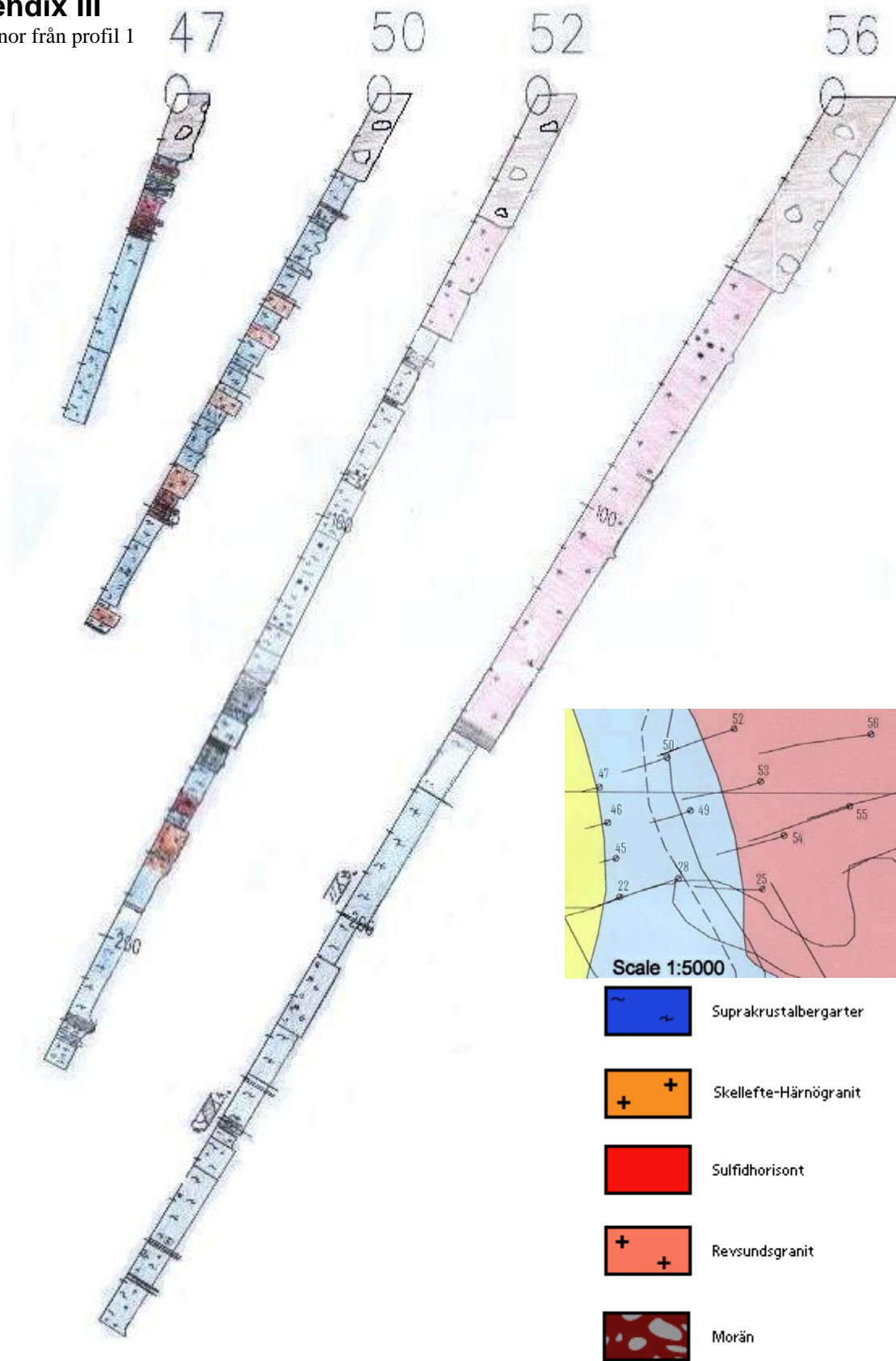
o:omvandlad

ö:stratigrafiskt över sulfidhorisont

u:stratigrafiskt under sulfidhorisont

Appendix III

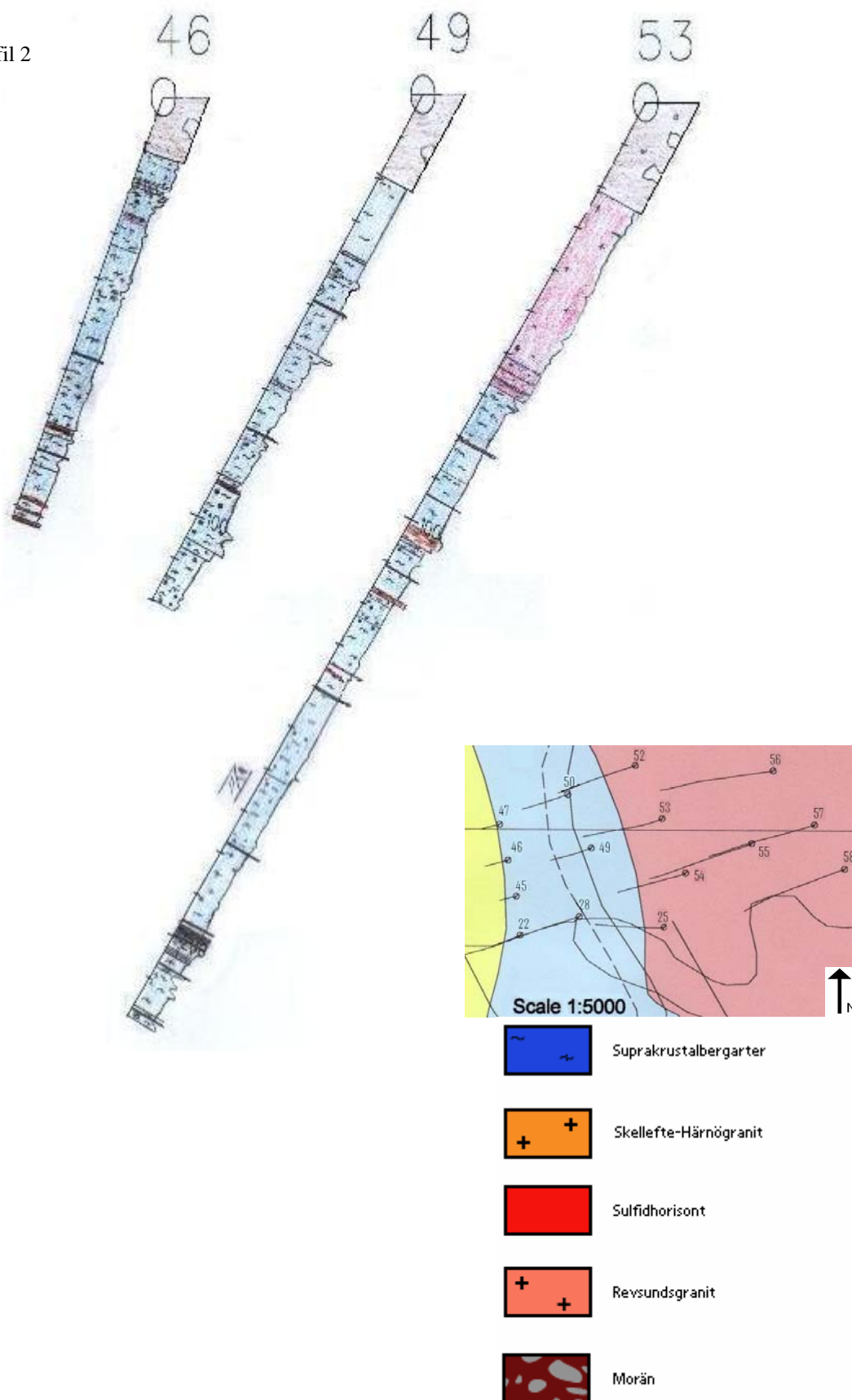
Borrkärnor från profil 1



Skalmarkeringar på vänstra kanten är med 10 meters mellanrum. För legend till bild över borrhålspositioner, se figur 3.

Appendix IV

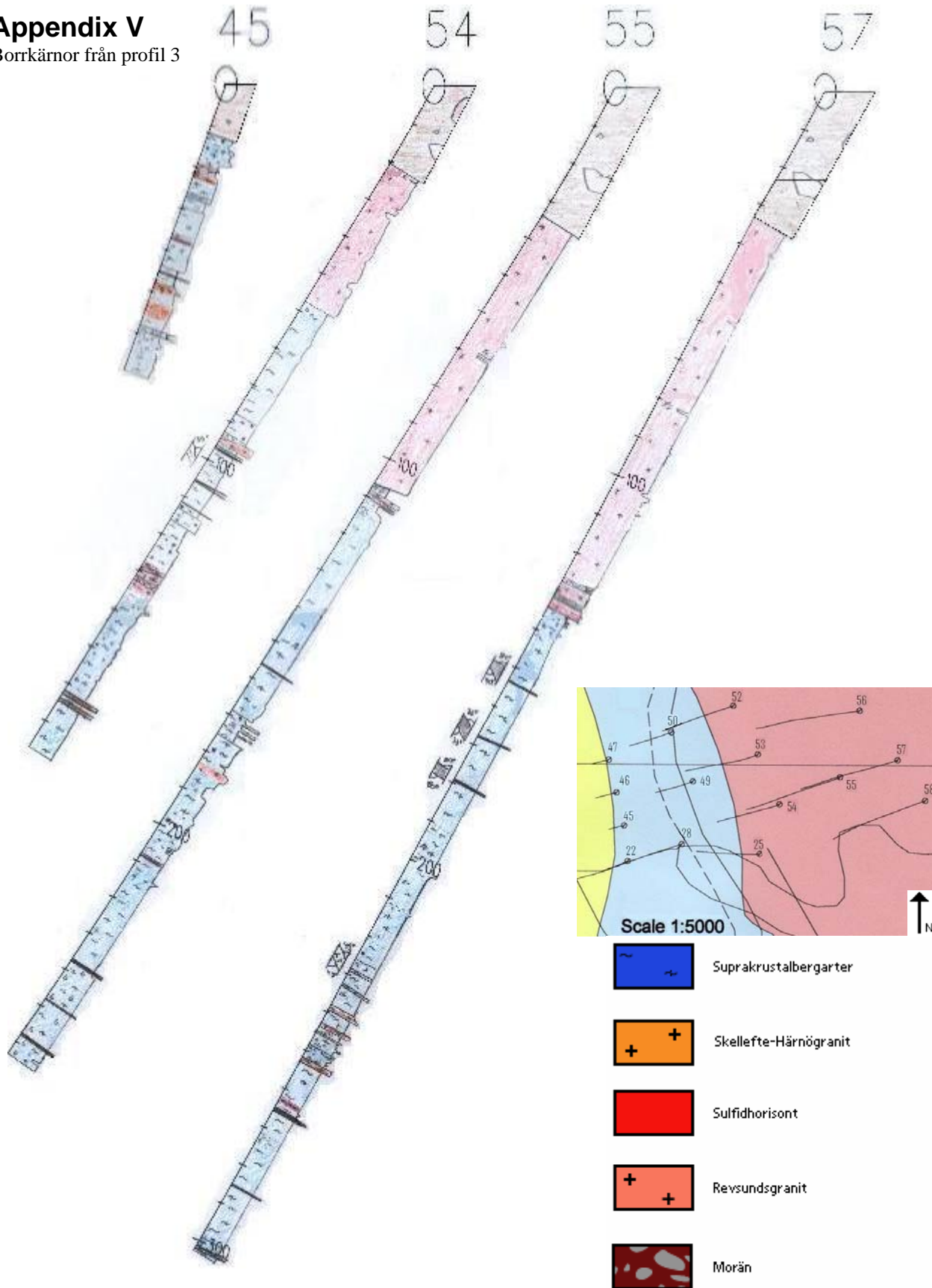
Borrhämnor från profil 2



Skalmarkeringar på vänstra kanten är med 10 meters mellanrum. För legend till bild över borrhålspositioner, se figur 3.

Appendix V

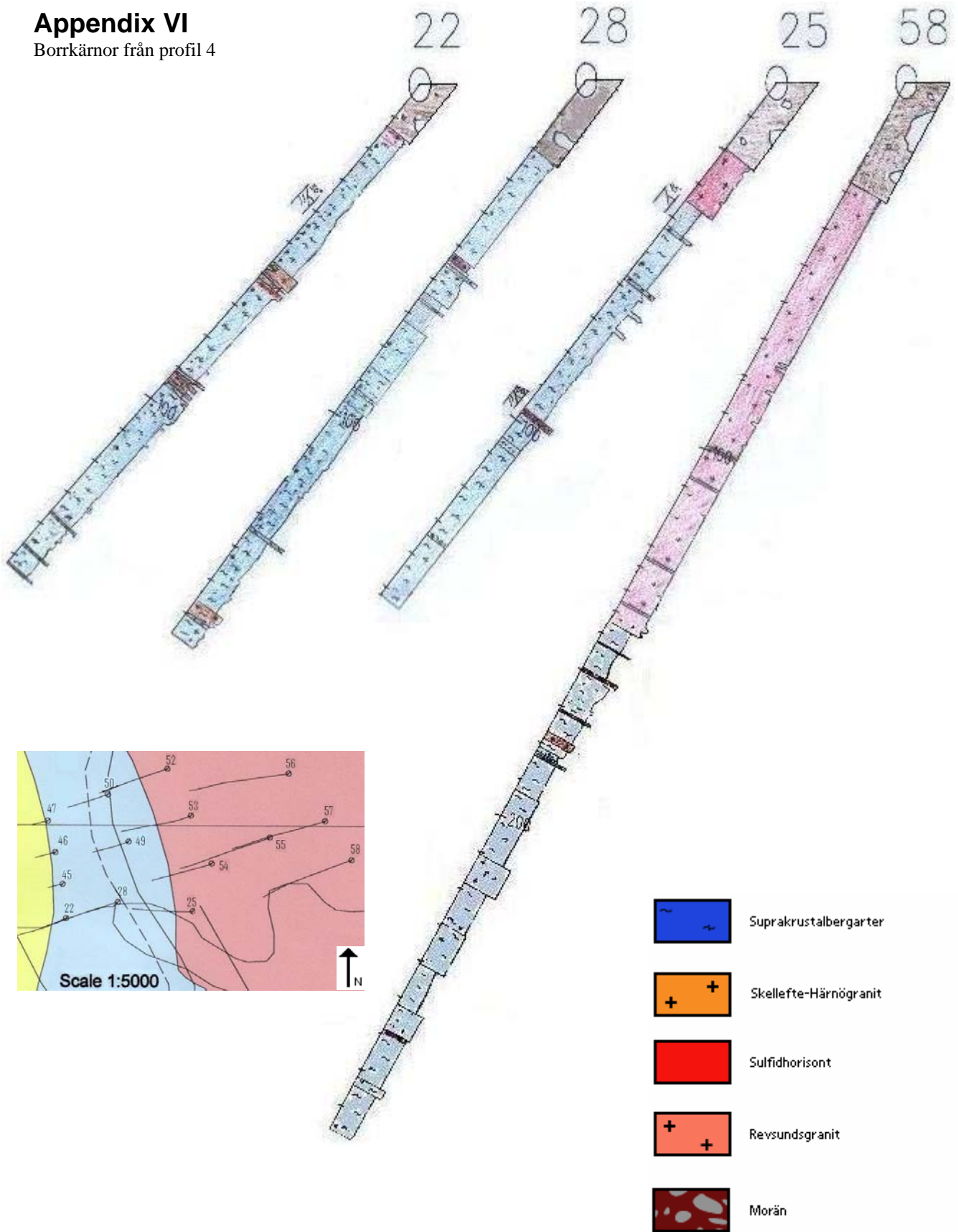
Borrhämnor från profil 3



Skalmarkeringar på vänstra kanten är med 10 meters mellanrum. För legend till bild över borrhålspositioner, se figur 3.

Appendix VI

Borrkärnor från profil 4



Skalmarkeringar på vänstra kanten är med 10 meters mellanrum. För legend till bild över borrhålspositioner, se figur 3.

**Tidigare skrifter i serien
”Examensarbeten i Geologi vid Lunds
Universitet”:**

164. Näsström, Helena, 2003: Klottedioriten vid Slättemossa, centrala Småland – mineral-kemi och genes.
165. Nilsson, Andreas, 2003: Early Ludlow (Silurian) graptolites from Skåne, southern Sweden.
166. Dou, Marion, 2003: Les ferromagnésiens du granite rapakivique de Nordingrå – centre-est de la Suède – composition chimique et stade final de cristallisation.
167. Jönsson, Emma, 2003: En pollenanalytisk studie av råhumusprofiler från Säröhalvön i norra Halland.
168. Alwmark, Carl, 2003: Magmatisk och metamorf petrologi av en mafisk intrusion i Mylonitzonen.
169. Pettersson, Ann, 2003: Jämförande litologisk och geokemisk studie av Sevens amfibolitkomplex i Sylarna och Kebnekaise.
170. Axelsson, Katarina, 2004: Bedömning av potentiell föroreningsspridning från ett avfallsupplag utanför Löddeköpinge, Skåne.
171. Ekestubbe, Jonas, 2004: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geokronologi och implikationer för tolkningen av den Kaledoniska utvecklingen i Kebnekaise.
172. Lindgren, Paula, 2004. Tre sensvekofenniska graniter: kontakt- och åldersrelationer samt förekomst av metasedimentära enklaver.
173. Janson, Charlotta, 2004. A petrographical and geochemical study of granitoids from the south-eastern part of the Linderödsåsen Horst, Skåne.
174. Jonsson, Sara, 2004: Structural control of fine-grained granite dykes at the Äspö Hard Rock Laboratory, north of Oskarshamn, Sweden.
175. Ljungberg, Carina, 2004: Belemnites stabila isotopsammansättning: paleomiljöns och diagenesens betydelse.
176. Oster, Jessica, 2004: A stratigraphic study of a coastal section through a Late Weichselian kettle hole basin at Ålabodarna, western Skåne, Sweden.
177. Einarsson, Elisabeth, 2004: Morphological and functional differences between rhamphorhynchoid and pterodactyloid pterosaurs with emphasis on flight.
178. Anell, Ingrid, 2004: Subsidence in rift zones; Analyzing results from repeated precision leveling of the Vogar Profile on the Reykjanes Peninsula, Southwest Iceland.
179. Wall, Torbjörn, 2004: Magnetic grain-size analyses of Holocene sediments in the North Atlantic and Norwegian Sea – palaeoceanographic applications.
180. Mellgren, Johanna, S., 2005: A model of reconstruction for the oral apparatus of the Ordovician conodont genus *Protospanderodus* Lindström, 1971.
181. Jansson, Cecilia, 2005: Krossbergskvalitet och petrografi i den kambriska Hardebergasandstenen i Skåne.
182. Öst, Jan-Olof, 2005: En övergripande beskrivning av malmbildande processer med detaljstudier av en bandad järnmalm från södra Dalarna, Bergslagen.
183. Bragée, Petra, 2005: A palaeoecological study of Holocene lake sediments above the highest shoreline in the province of Västerbotten, northeast Sweden.
184. Larsson, Peter, 2005: Palynofacies och mineralogi över krita-paleogengränsen vid Stevns Klint och Kjølby Gaard, Danmark.
185. Åberg, Lina, 2005: Metamorphic study of metasediment from the Kangilinaaq Peninsula, West Greenland.
186. Sidgren, Ann-Sofie, 2005: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -geokronologi i det Rinkiska bältet, västra Grönland.
187. Gustavsson, Lena, 2005: The Late Silurian Lau Event and brachiopods from Gotland, Sweden.
188. Nilsson, Eva K., 2005: Extinctions and faunal turnovers of early vertebrates during the Late Silurian Lau Event, Gotland, Sweden.
189. Czarniecka, Ursula, 2005: Investigations of infiltration basins at the Vomb Water Plant – a study of possible causes of reduced infiltration capacity.
190. G³owacka, Ma³gorzata, 2005: Soil and groundwater contamination with gasoline and diesel oil. Assessment of subsurface hydrocarbon contamination resulting from a fuel release from an underground storage tank in Vanstad, Skåne, Sweden.
191. Wennerberg, Hans, 2005: A study of early

- Holocene climate changes in Småland, Sweden, with focus on the '8.2 kyr event'.
192. Nolvi, Maria & Thorelli, Gunilla, 2006: Extraterrestrisk och terrestrisk kromrik spinell i fanerozoiska kondenserade sediment.
 193. Nilsson, Andreas, 2006: Palaeomagnetic secular variations in the varved sediments of Lake Gołczyńskie, Poland: testing the stability of the natural remanent magnetization and validity of relative palaeointensity estimates.
 194. Nilsson, Anders, 2006: Limnological responses to late Holocene permafrost dynamics at the Stordalen mire, Abisko, northern Sweden.
 195. Nilsson, Susanne, 2006: Sedimentary facies and fauna of the Late Silurian Bjärsjölagård Limestone Member (Klinta Formation), Skåne, Sweden.
 196. Sköld, Eva, 2006: Kulturlandskapets förändringar inom röjningsröseområdet Yttre Berg, Halland - en pollenanalytisk undersökning av de senaste 5000 åren.
 197. Göransson, Ammy, 2006: Lokala miljöförändringar i samband med en plötslig havsyteförändring ca 8200 år före nutid vid Kalvöviken i centrala Blekinge.
 198. Brunzell, Anna, 2006: Geofysiska mätningar och visualisering för bedömning av heterogenitetens utbredning i en isälvsavlagring med betydelse för grundvattenflöde.
 199. Erlfeldt, Åsa, 2006: Brachiopod faunal dynamics during the Silurian Ireviken Event, Gotland, Sweden.
 200. Vollert, Victoria, 2006: Petrografisk och geokemisk karaktärisering av metabasiter i Herrestadsområdet, Småland.
 201. Rasmussen, Karin, 2006: En provenansstudie av Kågerödformationen i NV Skåne – tungmineral och petrografi.
 202. Karlsson, Jonnina, P., 2006: An investigation of the Felsic Ramiane Pluton, in the Monapo Structure, Northern Mozambique.
 203. Jansson, Ida-Maria, 2006: An Early Jurassic conifer-dominated assemblage of the Clarence-Moreton Basin, eastern Australia.
 204. Striberger, Johan, 2006: En lito- och biostratigrafisk studie av senglaciala sediment från Skuremåla, Blekinge.
 205. Bergelin, Ingemar, 2006: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of basalts in Scania, S Sweden: evidence for two pulses at 191-178 Ma and 110 Ma, and their relation to the break-up of Pangea.
 206. Edvarsson, Johannes, 2006: Dendrokronologisk undersökning av tallbestånds etablering, tillväxtdynamik och degenerering orsakat av klimatrelaterade hydrologiska variationer på Viss mosse och Åbuamossen, Skåne, södra Sverige, 7300-3200 cal. BP.
 207. Stenfeldt, Fredrik, 2006: Litostratigrafiska studier av en plåtformad sand- och grusavlagring i Skuremåla, Blekinge.
 208. Dahlenborg, Lars, 2007: A Rock Magnetic Study of the Åkerberg Gold Deposit, Northern Sweden.
 209. Olsson, Johan, 2007: Två svekofenniska graniter i Bottniska bassängen; utbredning, U-Pb zirkondatering och test av olika abrasionstekniker.
 210. Erlandsson, Maria, 2007: Den geologiska utvecklingen av västra Hamrängesyklinens suprakrustalbergarter, centrala Sverige.
 211. Nilsson, Pernilla, 2007: Kvidingedeltat – bildningsprocesser och arkitektonisk uppbyggnadsmodell av ett glacifluvialt Gilbertdelta.
 212. Ellingsgaard, Óluva, 2007: Evaluation of wireline well logs from the borehole Kyrkheddinge-4 by comparison to measured core data.
 213. Åkerman, Jonas, 2007. Borrkärnekartering av en Zn-Ag-Pb-mineralisering vid Stenbrånet, Västerbotten.



LUNDS UNIVERSITET

Geologiska institutionen
 Centrum för GeoBiosfärvetenskap
 Sölvegatan 12, 223 62 Lund