

# **Petrografisk beskrivning av Prekambriska ortognejser i den undre delen av Särviskollan, mellersta delen av skollenheten, Kaledonska orogenen**

***Daniel Olla***

Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet,  
kandidatarbete, nr 589  
(15 hp/ECTS credits)



Geologiska institutionen  
Lunds universitet  
2020



# **Petrografisk beskrivning av Prekambriska ortognejser i den undre delen av Särvskollan, mellersta delen av skollenheten, Kaledonska orogenen**

Kandidatarbete  
Daniel Olla

Geologiska institutionen  
Lunds universitet  
2020

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Introduktion</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Bakgrund</b>	<b>7</b>
4.1	De Skandinaviska Kaledoniderna	7
4.2	Jämtlands skollor	7
4.3	Särsvskollan	8
<b>3</b>	<b>Metoder</b>	<b>10</b>
2.1	Polarisationsmikroskop	10
2.2	Svepelektronmikroskop	10
<b>4</b>	<b>Resultat</b>	<b>10</b>
4.1	C14-10	10
4.2	C14-11	13
4.3	Elementkartor	13
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>Slutsatser</b>	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>Tack</b>	<b>16</b>
<b>8</b>	<b>Referenser</b>	<b>16</b>

# Petrografisk beskrivning av Prekambriska ortognejser i den undre delen av Särnskollan, mellersta skollenheten, Kaledonska orog- nen

DANIEL OLLA

Olla, D., 2020: Petrografisk beskrivning av Prekambriska ortognejser i den undre delen av Särnskollan, mellersta skollenheten, Kaledonska orogena. *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet*, Nr. 589, 16 sid. 15 hp.

**Sammanfattning:** Den Kaledonska bergskedjan i Skandinavien bildades under tidsperioderna Ordovicium och Silur och är uppbyggd av ett avancerat skollkomplex. En av skollorna heter Särnskollan. Den består i huvudsak av Prekambrisk lågmetamorf sandsten, vilken genomskärs av en Prekambrisk diabassvärm som på vissa platser inte visar någon metamorfos. På ett av fjällen i Särnskollan som heter Svansjökläppen hittas högmetamorfa bergarter som genomskärs av odefornerad diabas. Två prov från gnejsbergarterna på Svansjökläppen analyserades i polarisationsmikroskop och svepelektronmikroskop för att bestämma mineralparagenesen. Det första provet består av plagioklas, kalifältspat, hornblände, klinopyroxen, ortopyroxen, någon typ av järn och titanoxid och finkorniga lågmetamorfa mineral som albit och epidot-zoisit. Det andra provet består av plagioklas, kalifältspat, granat, rutil och liknande lågmetamorfa mineral. Mineralparagenesen föreslår att bergarterna bildades under granulitfacies. De lågmetamorfa mineralen bildades troligen under den Kaledonska orogena.

**Nyckelord:** Svandinaviska Kaledoniderna, Särnskollan, Valmåskomplexet, Jämtland.

**Handledare:** Charlotte Möller Geologiska institutionen Lund & Jenny Andersson SGU

**Ämnesinriktning:** Berggrundsgeologi

*Daniel Olla, Geologiska institutionen, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige. E-post: daniel.olla@telia.com*

# Petrographic description of Precambrian orthogneiss in the lower part of the Särvennappe, middle thrust sheet, Caledonian orogeny

DANIEL OLLA

Olla, D., 2020: Petrografisk beskrivning av Prekambriska ortognejser i den undre delen av Särvenskollan, mellersta skollenheten, Kaledonska orogenen. *Dissertations in Geology at Lund University*, No. 589, 16 pp. 15 hp

**Abstract:** The Caledonian mountains in Scandinavia were formed during the Ordovician and Silurian time periods and are built up of an elaborate nappe complex. One of these nappes is called the Särven Nappe. It mainly consists of Precambrian low-grade metamorphic sandstone, that is intruded by a Precambrian dyke complex that shows little metamorphism. On a mountain in the Särven Nappe named "Svansjökläppen", a high-grade metamorphic rock was discovered that were intruded by the non-metamorphic diabase. Two rock samples from Svansjökläppen was analysed in both a polarisation microscope and an electron microscope. The first consists of plagioclase, alkali feldspar, hornblende, clinopyroxene, orthopyroxene, some iron and titanium-oxides and fine grained low-grade metamorphic minerals like albite and epidote-zoisite. The second consists of plagioclase, alkali feldspar, garnet, and rutile as well as the same low-grade metamorphic minerals. The mineral composition suggests that these rocks were formed under granulite facies. The low-grade minerals are probably secondary, formed during the Caledonian orogeny.

**Keywords:** Scandinavian Caledonides, Särvennappe, Valmåskomplexet, Jämtland

**Supervisor(s):** Charlotte Möller Department of geology Lund & Jenny Andersson SGU

**Subject:** Bedrock Geology

*Daniel Olla, Department of Geology, Lund University, Sölvegatan 12, SE-223 62 Lund, Sweden. E-mail: daniel.olla@telia.com*

# 1 Introduktion

De skandinaviska Kaledoniderna, eller det vi i dagligt tal kallar fjällen, består av ett antal så kallade skollor, segment av berg som förflyttats av kontinentalplattornas rörelser. Varje skolla har sin egen unika sammansättning av bergarter och strukturer. En av dessa skollor heter Särvskollan (Strömberg et al. 1998).

Särvskollan är mestadels uppbyggd av sedimentära och metasedimentära bergarter som genomskärs av en speciell diabas som heter Ottfjällsdiabas. Ottfjällsdiabasen är en plagioklasporfyrisk diabas och hittas i princip endast i Särvskollan (Strömberg et al. 1998). Ottfjällsdiabasen har daterats till omkring 595 miljoner år (Kumpulainen et al. 2016).

Redan på 1700-talet pratade en man vid namn Daniel Tilas om en hornbländerik bergart som han påträffat vid fjället Svansjökläppen i sydvästra Jämtland (Zenzén 1930). Det tyder på att redan för länge sedan visste man att Svansjökläppen är annorlunda. På Svansjökläppen finns det en metamorf bergart som genomskärs av Ottfjällsdiabas. Ottfjällsdiabasen är nästan 200 miljoner år äldre än metamorfosen i Kaledoniderna (Gee et al. 2010) vilket betyder att det som hittats på Svansjökläppen är från en annan metamorf händelse.

I det här arbetet har jag tagit reda på vilka mineral bergarterna vid Svansjökläppen är uppbyggda av, under vilken metamorf facies de har bildats och går det att koppla den till någon av dem tidigare metamorfoserna i Skandinavien historia. Det har gjorts med hjälp av polarisations- och svepelektronmikroskop.

## 2 Background

### 2.1 De Skandinaviska Kaledoniderna

Under tidsperioderna Ediacara och Kambrium var kontinenterna Laurentia och Baltica separerade av Iapetushavet. Under Ordovicium rörde sig kontinenterna närmare varandra och kolliderade sedan under Silur (Gee et al. 2012). Under kollisionen skedde det även överskjutningar då Laurentia trycktes över Baltica. Det här förloppet ansamlade berggrund från kontinentkanten och Iapetushavet och bildade det vi idag känner som de skandinaviska Kaledoniderna (Gee 2010) (Fig. 1). Vissa av skollorna som finns här bildades ute på den baltiska kontinentalsockeln väster om den norska kusten. Det här betyder att dessa skollor har färdats över 400 km från deras bildningsmiljöer (Gee et al. 2010).

### 2.2 Jämtlands Skollor

Den östra delen av Jämtlands berggrund består av Prekambrisk berggrund som tillhör den Baltiska skölden och som utgör förlandet till den kaledonska bergkedjebildningen (Strömberg et al. 1998). I senprekambrium satt Skandinavien ihop med Grönland och Nordamerika. Under den tid de satt ihop var det istid och en hel del inlandsis och glaciärer överlagrade området. Inlandsisen deponerade mängder med sediment av olika typ: morän, lera och framförallt kvartsrik sand. De sediment som deponerades av isarna kom att leda till

de dominerande bergarterna som bygger upp skollorna i Jämtland (Strömberg et al. 1998). De skollor som förekommer i Jämtland är uppdelade i tre grupper, den undre skollberggrunden, den mellersta skollberggrunden och den övre skollberggrunden. De skollor som finns i Jämtland är följande: den undre skollberggrunden där ett antal mindre små segment samt Hotagenskollan ingår. Offerdalskollan, Särvskollan och Seveskollan som tillhör den mellersta skollberggrunden. Till sist den övre skollberggrunden som endast består av Köliskollan (Strömberg et al. 1998).

De mindre segmenten i undre skollberggrunden är en samling av massor av mindre segment med varierande bergarter som inte transporterats särskilt långt jämfört med de stora skollorna. Prekambriska kristallina bergarter av granittyp, senprekambriska lagerföljder av kvartsit samt underpaleozoiska grundhavsbergarter som kalksten är vanligt i den undre skollberggrunden (Strömberg et al. 1998).

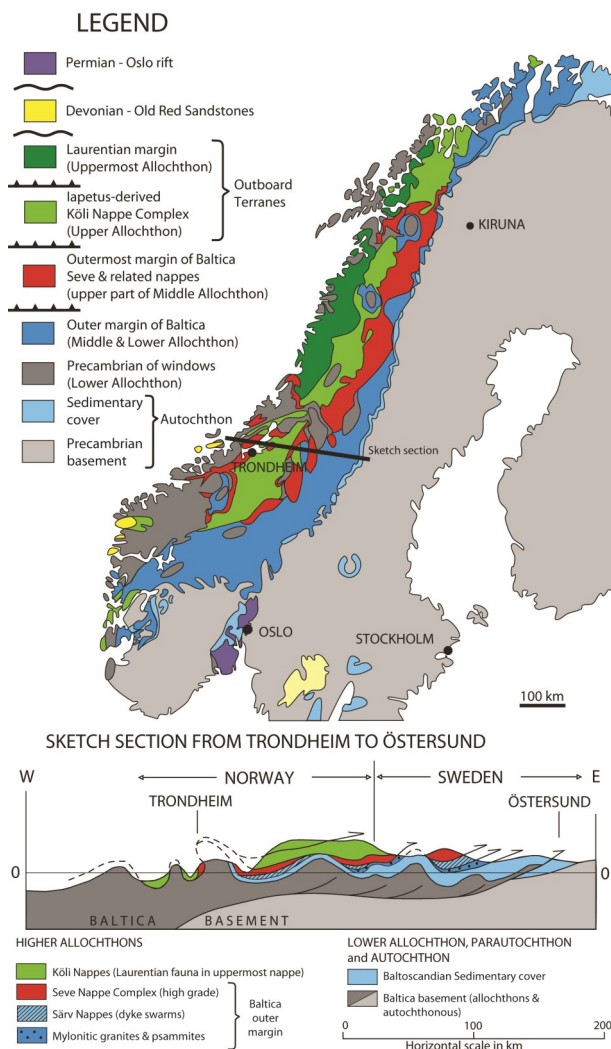


Fig. 1. Karta över skollberggrunden i Kaledoniderna. Från (Gee et al. 1985; Gee et al. 2010)

Hotagenskollan liknar den undre skollberggrunden med Prekambrisk kristallina bergarter, sandsten och paleozoiska sedimentära bergarter (Strömberg et al. 1998).

Offerdalskollan består av Prekambriska kristallina bergarter och sedimentära skiffer och sandstenar. Delar av skollan har deformerats kraftigt till mylonit (Strömberg et al. 1998).

Särsvskollan är uppbyggd av lågmetamorf sandsten och diabas samt en del Prekambriska kristallina bergarter (Strömberg et al. 1998).

Seveskollan domineras av kraftigt metamorfoserad ryolit, kalksten och sandsten. Sandstenen är omvandlad till gnejs och även migmatiserats på vissa platser. Amfibolitgångar uppträder i olika storlekar. Amfiboliten förekommer även i massiva partier (Strömberg et al. 1998).

Köliskollan består av generellt lågmetamorfa sedimentära bergarter från Ordovicium och Silur, det vill säga bergarter som fyllit, skiffer och kvartsit. (Strömberg et al. 1998).

## 2.3 Särsvskollan

Platsen för de prov (C14-10 och C14-11) som jag har undersökt kommer från Särsvskollan. Det som bygger upp Särsvskollan är till största delen en fältspatsrik Prekambrisk sandsten. I mindre utbredning går det även att hitta, tillit, skiffer, granit och migmatitisk gnejs med inslag av basiska bergarter.

Det som gör Särsvskollan unik i förhållande till omkringliggande skolor är den karakteristiska fältspatsporfyrisk diabasen (Fig. 2) som har trängt upp genom bergarterna. Diabasen stupar vinkelrätt mot sandstenens lagring (Strömberg et al. 1998) och har daterats till 595 ma (Kumpulainen et al. 2016). På vissa ställen har diabasen även deformerats tillsammans med sandstenen under den Kaledonska bergskedjebildningen (Strömberg et al. 1998). Åldern skiljer sig emellertid markant från de diabasgångar som finns i sydöstra Jämtland och Dalarna och som bildades före och efter den svekonorvegiska bergskedjebildningen vid 1260 Ma (Söderlund et al. 2006) och senare 980 Ma (Söderlund et al. 2005).



Fig. 2. Fältspatsporfyrisk Ottfjällsdiabas på Svansjökläppen. Foto av Jenny Andersson.



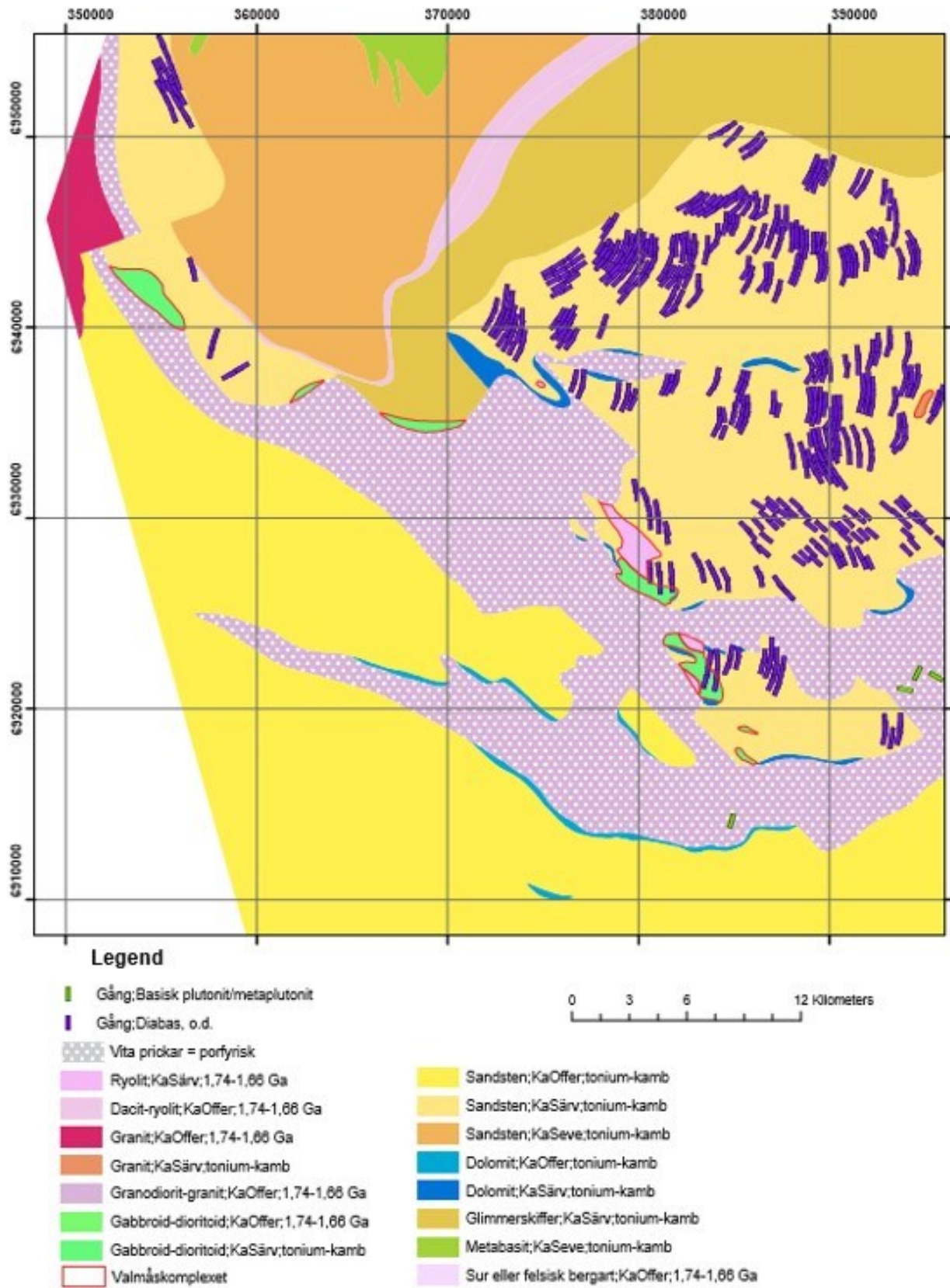


Fig. 3. Karta över västra delen av Jämtlands berggrund. Kartan gjord av Jenny Andersson.

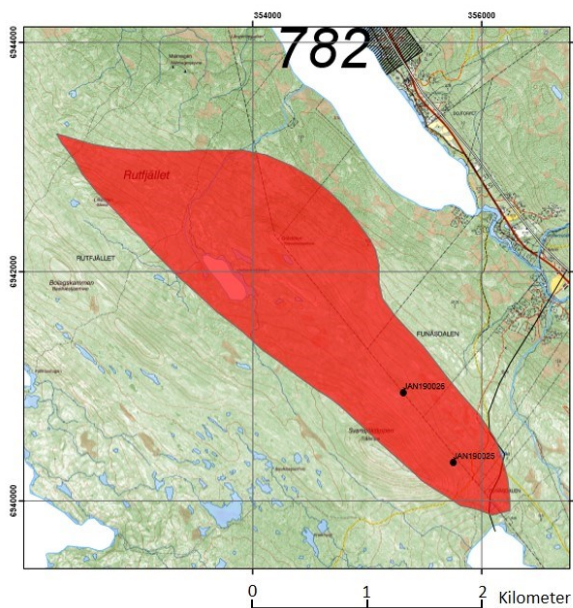


Fig. 4. Utbredning av Valmåskomplexet på Svansjökläppen. Punkt JAN190025 är fyndplatsen för Fig. 5 och JAN190026 Fig. 2. Baserat på SGU:s berggrundsdata bas skala 1:250 000. Underlag fastighetskartan.

Diabasgångarna är mellan 5 och 50 meter breda och utgör upp emot en tredjedel av all berggrund i Särsvskollan. Kemiskt är Ottfjällsdiabasen lik midocean rift basalt och anses vara av liknande ålder som de basiska bergarterna i Seveskollan (Svenningsen 2001). Bland diabasen och sandsten finns det också Prekambriska eruptivbergarter, till exempel ryolit, granit och anorthositisk-charnokit. Dessa Prekambriska urbergsskivor har fått namnet Valmåskomplexet (Strömberg et al. 1998) (Fig. 3). I västra delen av Valmåskomplexet hittas fjället Svansjökläppen (Fig. 4). Här på Svansjökläppen har det hittats speciella ortognejsar som skärs igenom av odeformerad Ottfjällsdiabas.

### 3 Metoder

Bergarterna från Svansjökläppen har analyserats i två olika typer av mikroskop för att identifiera mineral sammansättningen.

#### 2.1 Polarisationsmikroskop

För att bestämma vilka mineral bergarterna består av analyserades de i två tunnslip. Dessa har tillverkats från prov tagna av Stefan Claesson från Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm. Exakta fyndplatsen för C14-10 och C14-11 är okänd, enbart att de är prov från Svansjökläppen. Slipen heter C14-10 och C14-11 och kommer att ha den benämningen rapporten ut. Båda slipen har analyserats i polarisationsmikroskop av modellen Olympus BX53 i både polariserat ljus (ppl) och korspolariseratljus (xpl).

Till hjälp att identifiera mineralen använde jag boken "Atlas of rock-forming minerals in thin

section". Till det här har jag också utfört en litteraturstudie där resultat och slutsatser från rapporter skrivna av andra har sammanställts.

#### 2.2 Svepelektronmikroskop

Mot slutet av arbetet tog vi beslutet att även undersöka slipen i svepelektronmikroskop. Tunnslipen skannades in och jag markerade tre områden i vardera av slipen som var intressanta. Svepelektronmikroskopet fungerar så att en stråle elektroner skickas ut och riktas mot provet. De bilder som resulterar visar den relativa fördelningen av tunga element, och med hjälp av energidispersiv röntgenanalys kan man analysera halter av olika element.

Denna undersökning utfördes av min handledare Charlotte Möller. Eftersom det gjordes så sent i arbetet kommer enbart en liten del av resultaten användas till den här rapporten.

### 4 Resultat

Sammanställning av mineral som identifierats i C14-10 och C14-11 finns i tabell 1.

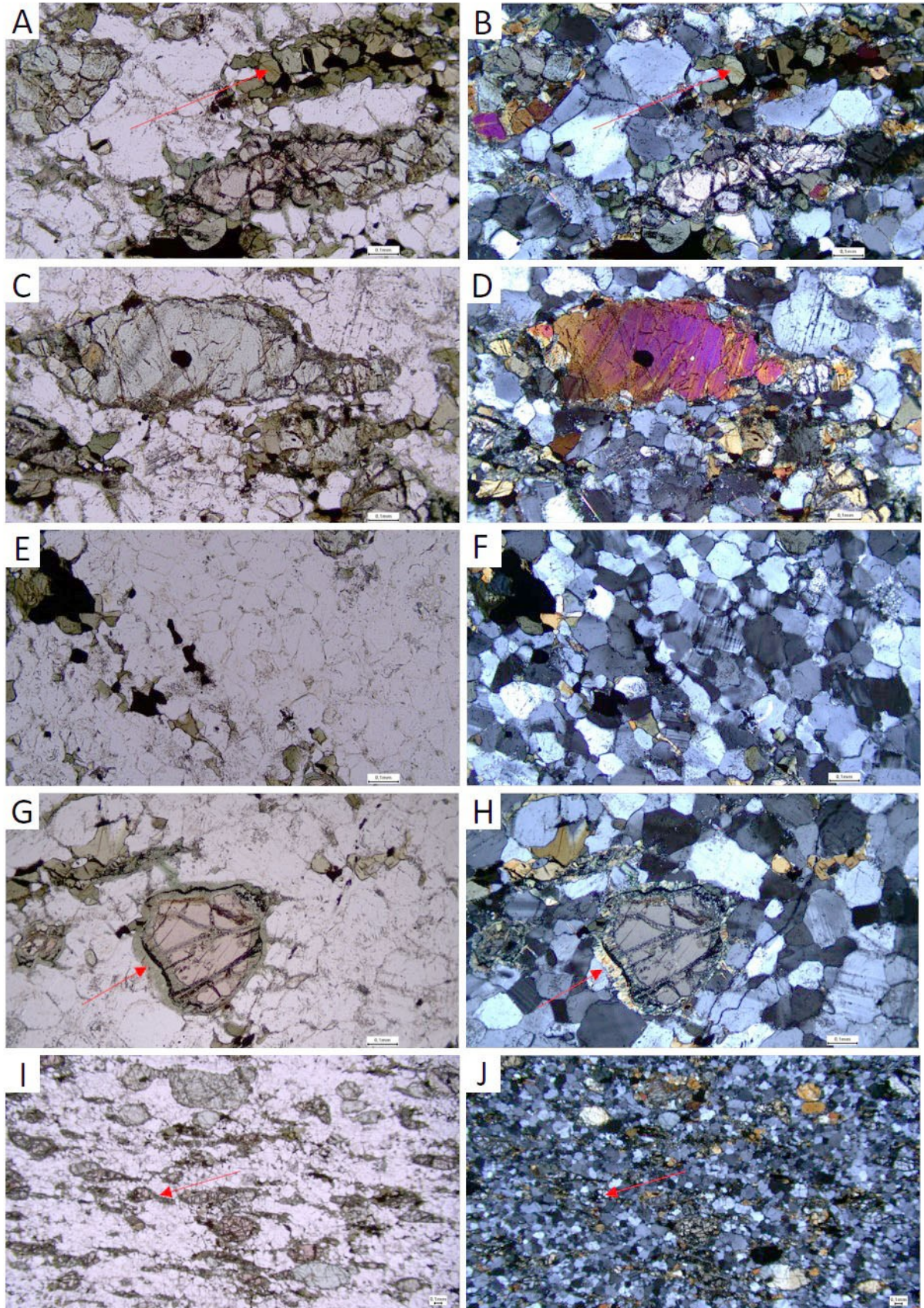
#### 4.1 C14-10

Bilder från mikroskoperingen illustreras i figur 6. De ljusa mineralen i denna bergart domineras av kalifältspat och plagioklas som förekommer i en granoblastisk textur. Kornen har ingen utpräglad form utan är generellt enbart rundade. Att bestämma vilken av mineralen som dominerar i slipet har visat sig svårt, då de är identiska i ppl och det enda som skiljer dem åt i xpl är plagioklasens inre textur och beroende på hur kornet är orienterat går texturen inte alltid att se.

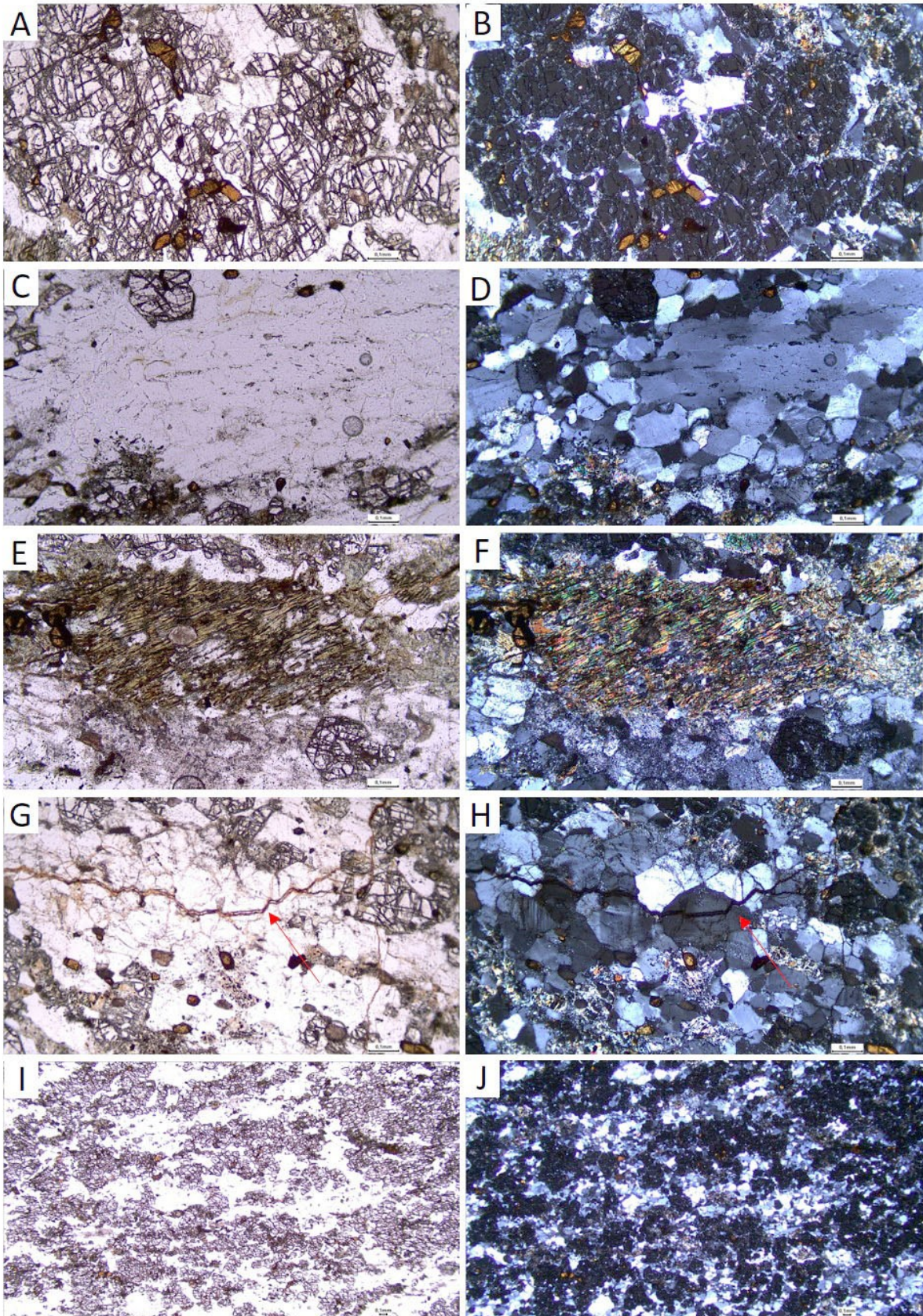
De mineral som förekommer mest efter plagioklas och kalifältspat är ortopyroxen, klinopyroxen och amfibol. Ortopyroxenen går att känna igen på den svagt rosa och gröna pleokroismen som kornen har i ppl. Klinopyroxen saknar rosa färg och är enbart lätt gröna i ppl. Pyroxenkornen är de största som förekommer i provet och majoriteten av pyroxenkornen har en oval form. Merparten av kornen uppvisar den utdragningen i samma riktning.



Fig. 5. Fältfoto från Svansjökläppen. Bergarten uppvisar kraftig deformation. Foto: Jenny Anderson



*Fig. 6.* Områden i tunnslipet C14-10 i planpolariserat ljus (ppl) till vänster och korspolariserat ljus (xpl) till höger. Skalan är 0,1 mm. **AB)** Pilen pekar på korn av hornblände. **CD)** Stort korn klinopyroxen omgivet av plagioklas. **EF)** Korn av plagioklas och kalifältspat. **GH)** Ett korn ortopyroxen med dubbel korona av lågmetamorfa mineral som skiljs åt av något opakt mineral. **IJ)** Översikts bild som visar hur majoriteten av pyroxenkornen är orienterade i samma riktning.



*Fig. 6.* Områden i tunnslipet C14-11 i planpolariserat ljus (ppl) till vänster och korspolariserat ljus (xpl) till höger. Skalan är 0,1 mm. **AB)** Nästan hexagonalt formade korn av granat och korn av rutil som har en orangebrun färg i både ppl och xpl. **CD)** Område med plagioklas. **EF)** Område med finkornig muskovit samt andra lågmetamorfa mineral. **GH)** Pilen pekar på en stor spricka som skär igenom hela tunnslipet. **IJ)** Översiktssbild över slipet som visar den generella texturen med partier av plagioklas och granat.

Vissa pyroxenkorn har en korona av finkorniga mineral, bl.a amfibol. I vissa fall består koronan av dubbla koronor. Amfibol finns inte bara som koronor kring pyroxen, utan även som större korn av hornblände. Dessa är större än de i koronorna kring pyroxen, de syns tydligt i ppl med en mörkgrön färg.

Genom hela provet finns små korn av opaka mineral. Dessa går inte att identifiera i polarisationsmikroskop då de är helt svarta i både xpl och ppl. Till en början antogs att kvartshalten vara mycket hög, men detta visade sig vara huvudsakligen fältspat. När C14-10 studerades i svepelektronmikroskopet framkom det att kvartsmängden var mycket lägre än det som antogs under analysen i polarisationsmikroskop. Det som antogs vara kvarts var kalifältspat. Till sist så har jag observerat ett fåtal kristaller zirkon.

Makroskopiskt är bergarten tydligt starkt deformerad och med utdragna mineraldomäner (Fig. 5). I tunnslipet syns denna strain framför allt av pyroxenkornen då de är orienterade i en enhetlig riktning.

### 4.3 C14-11

Bilder från mikroskoperingen illustreras i figur 7. De dominerande mineralen i C14-11 är plagioklas och granat. Mineraluppträder i större samlingar av samma mineral och är inte särskilt blandade. Plagioklaskornen har ingen särskild form utan är rundade eller något kantiga. Granaterna har ofta en kantig, hexagonform. Plagioklaskornen ligger oftast intill andra plagioklaskorn utan något minneral mellan dem.

Granaterna är ofta spruckna och lågmetamorfa mineral har bildats i sprickorna. Mellan granaterna finns det i många fall finkorniga lågmetamorfa mineral. Muskovit förekommer i större partier och kornen är alltid små och nålformade. En mindre del kvarts går att hitta, mer än i C14-10. Genom hela slipet förekommer korn av rutil. Rutilkornen har en kantig form och syns tydligt då de har en orange ljusbrun färg i både ppl och xpl. Sprickor förekommer genom hela slipet och vissa har en svagt röd ton, möjligen järn av något slag. Ett fåtal korn med en djup röd-brun färg i både ppl och xpl finns i provet, dessa har jag inte lyckats identifiera.

### 4.3 Elementkartor

Efter att ha analyserat slipen i svepelektronmikroskop illustreras resultatet i Fig. 8 och Fig. 9. Varje grundämne får en unik färg som lyser olika starkt beroende på hur mycket det finns av det. Det gick lättare att se vissa mineral vilket gav komplettering till polarisationsmikroskoperingen.

Med detta hjälpmedel gick det att urskilja att mängden kvarts var lägre än tidigare trott, apatit fanns i båda slipen och det förekom en mängd lågmetamorfa mineral. Många av de lågmetamorfa mineralen gick ej att identifiera då deras kemiska innehåll inte gick att känna igen. Det troliga är att det är en typ av amfibol, eventuellt aktinolit eller tremolit, samt möjligen stilpnomelan. Lågmetamorfa mineralen som gick att identifiera var albit och epidot-zoisit. Mineral som var opaka i tunnslipen var järn och titan-oxider (mineral rika på järn är troligen hematit eller magnetit, och de rika på titan är antingen ilmenit eller titanomagnetit).

Tabell. 1. Sammanställning av vilka mineral har hittats i vilket tunnslip.

Mineral	C14-10	C14-11
<b>Kvarts</b>	X	X
<b>Kalifältspat</b>	X	X
<b>Plagioklas</b>	X	X
<b>Granat</b>		X
<b>Ortopyroxen</b>	X	
<b>Klinopyroxen</b>	X	
<b>Zirkon</b>	X	X
<b>Rutil</b>		X
<b>Hornblände</b>	X	
<b>Amfibol</b>	X	
<b>Opakt mineral</b>	X	
<b>Apatit</b>	X	X
<b>Ej identifierade lågmetamorfa mineral</b>	X	X

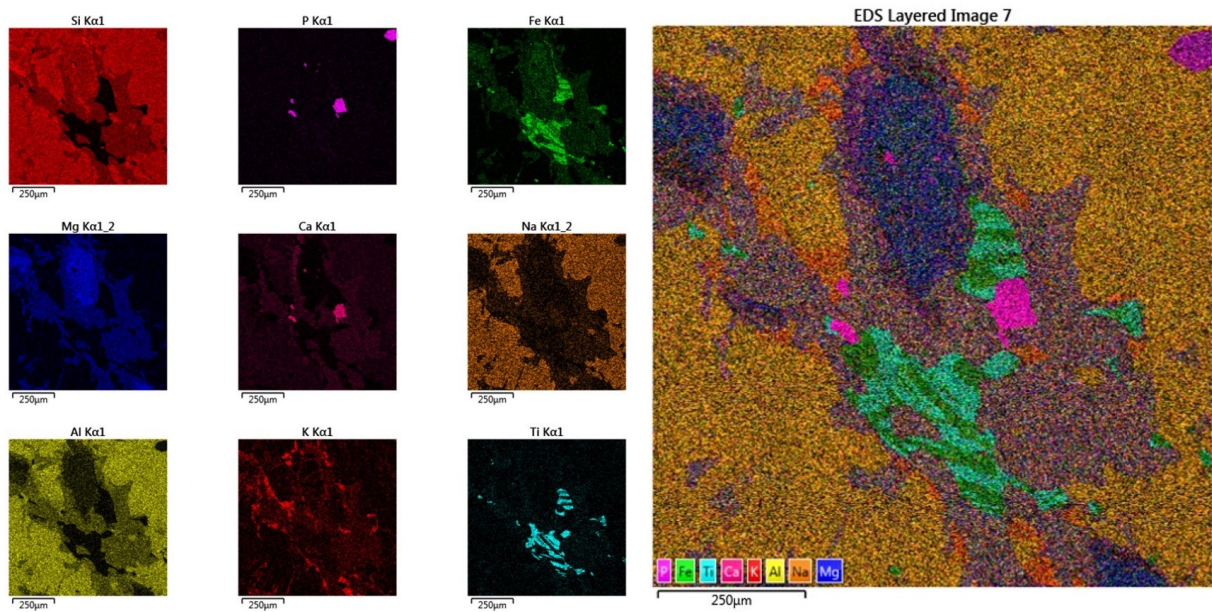


Fig. 8. Elementkartor över område i C14-10. 9 av de vanligaste grundämnena är illustrerade individuellt till vänster och samlade till höger. Apatit syns tydligt i fosfor och kalcium bilderna. Oxiderna är tydligt rika på järn och titan.

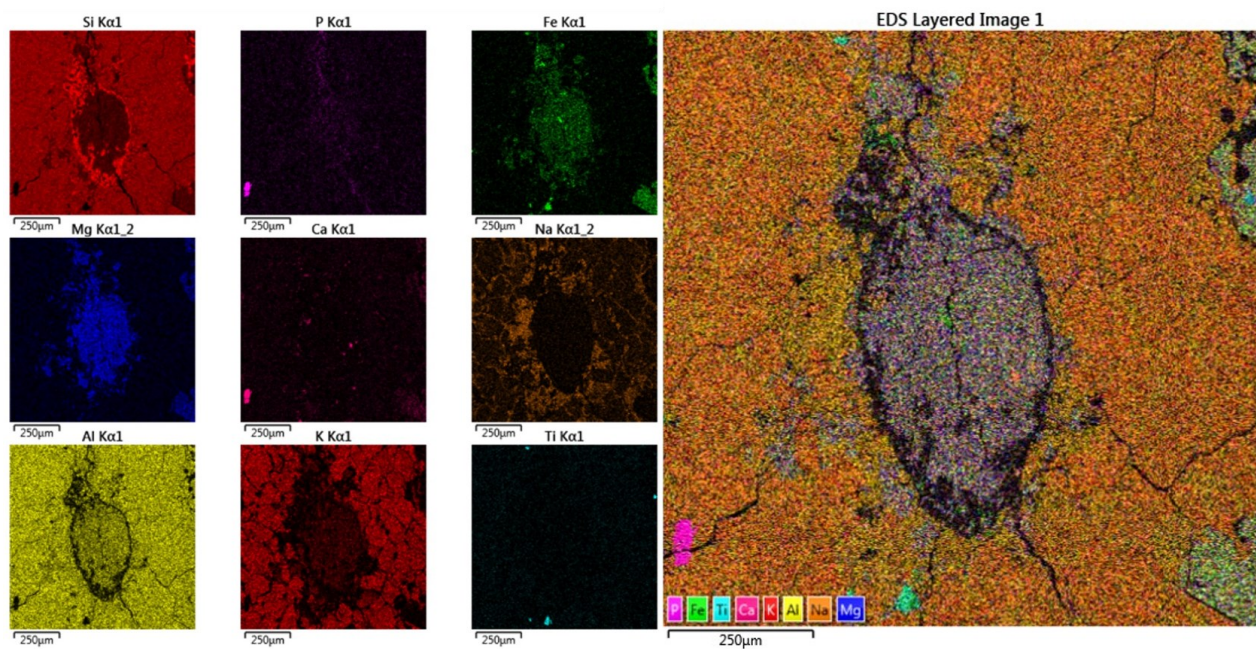


Fig. 8. Elementkartor över område i C14-11. 9 av de vanligaste grundämnena är illustrerade individuellt till vänster och samlade till höger. På högra bilden syns ett område i mitten omgivet av något orangefärgat. Det orangefärgade är kalifältspat vilket går att se på den höga kaliumhalten. Området i mitten består av lågmetamorfa mineral, en blandning av ett antal olika grundämnen, vilket gör det svårt att identifiera.

## 5 Diskussion

### 5.1 Metamorfa facies

Den stora frågan om de här bergarterna är, vad de representerar och hur de har bildats.

En viktig aspekt är vilken metamorfos Särsvskollan genomgick under den Kaledonska bergkedjebildningen. Det som dominerar är grönskifferfacies och på sina ställen även låg amfibolitfacies. Detta är en lägre metamorfosgrad än i vissa ovanliggande skolor i Jämtland exempelvis Seve- och Köliskollorna (Strömberg et al. 1998). Det är därför rimligt att jämföra vår bergart med mineral som kännetecknar olika metamorfa facies.

Grönskifferfacies kännetecknas av mineral såsom klorit, kvarts, epidot och albit samt i vissa fall kalcit och biotit (Winter 2014). Det ser vi endast i våra bergarter som mycket finkorniga omvandlingsmineral. I grönskifferfacies kan även den ursprungliga texturen av bergarten vara bevarad och endast mineral förändrats (Winter 2014). Frånvaron av de typiska grönskiffermineralen som klorit samt den duktila deformationsstrukturen hos bergarten tyder på en högre metamorf grad än grönskifferfacies.

Amfibolitfacies karakteriseras av en hög grad hornblände och plagioklas. Mineral som klinopyroxen, granat och biotit är också vanliga (Winter 2014). Det passar inte in då det saknas biotit i slipen och mängden hornblände inte är så hög. Ortopyroxenen i slipet säger också emot amfibolit och grönskiffer facies, då detta mineral inte bildas förrän i de högre metamorfosgraderna och är typisk för granulitfacies (Winter 2014). Granulitfacies i basiska bergarter kännetecknas av mineralen klinopyroxen, plagioklas, kvarts, ortopyroxen och granat (Winter 2014). Den högre metamorfa graden samt den relativt höga åldern indikerar att bergarten genomgick av Ottfjältsdiabas betyder att bergartens huvudsakliga metamorfa mineral inte har bildats under den kaledonska orogenesisen.

### 5.2 Tidigare metamorfa händelser

Skandinavien har genom tiderna genomgått andra metamorfa händelser som kan ha orsakat metamorfos och deformation av Svansjökläppens ortognejs. Till exempel den Svekonorvegiska orogenesisen mellan 1.1 och 0.9 Ga (Möller et al. 2015), den Hallandiska orogenesisen 1.5 – 1.4 Ga (Ulmius et al. 2015) och den Svekokareliska orogenesisen 1.9 – 1.8 Ga (Stephens 2020).

Den äldsta metamorfosen i Skandinavien är den Svekokareliska orogenesisen. Den breder ut sig i hela östra Sverige från Lappland till Småland. Även merparten av Finland och delar av västra Ryssland ingår. Metamorfosen har bildats längs en aktiv kontinental likt den i Anderna idag (Stephens 2020). Den metamorfa graden i Svekokareliska provinsen sker under hög temperatur och lågt tryck. Områden som bildats under granulitfacies finns (Stephens et al. 2020).

Den Hallandiska orogenesisen är mindre väldokumenterad än de andra orogenesiserna och återfinns i visa

delar av Skåne, Blekinge och Bornholm. Metamorfosen under den Hallandiska orogenesisen har en metamorfos med hög temperatur och mellan till lågt tryck. Temperatur och tryckförhållandet har förslagits att representera förhållanden vid en aktiv plattgräns med subduktion liknande den i nuvarande Anderna (Ulmius et al. 2015). Jämförelser mellan bergarter från den Hallandiska orogenesisen och från Svansjökläppen visar att mineralparagenes stämmer överens till viss del. Den stora skillnaden är förekomsten av glimmermineral i den Hallandiska gnejsen (Ulmius et al. 2015), något som saknas från Svansjökläppen. Glimmermineral är tecken på att vatten varit närvarande under metamorfosen (Winter 2014).

Den Svekonorvegiska orogenesisen skedde när kontinenterna Laurentia och Baltica kolliderade och bildade Rodinia (Cawood et al. 2010). Orogenen är över 500 km bred och sträcker sig från nordvästra Skåne över Bohuslän och till sydvästra Norge och är den yngsta metamorfosen efter den kaledonska (Möller et al. 2015). Fyra metamorfa förlopp skedde under den Svekonorvegiska orogenesisen (Bingen et al. 2008). En metamorfos med hög temperatur och medeltryck i Bamble och Kongsberg som troligen skedde innan plattkollision, nådde granulitfacies vid ca. 1.14 Ga (Engvik et al. 2016). En metamorfos som varierar mellan grönskiffer och övre amfibolitfacies, lokalt granulitfacies, följde mellan 1.05 och 1.00 Ga i Idefjordenterrängen (Möller et al. 2015). Högtrycksgranulit och eklogitfacies metamorfos skedde i Östra Segmentet mellan 0.99 och 0.98 Ga. Det sista som skedde mellan 0.93 och 0.91 Ga var kontaktmetamorfos som skedde under lågt tryck och ultrahög temperatur i Rogland i sydvästra Norge (Bingen et al. 2008). Den Svekonorvegiska orogenesisen innehåller samma metamorfa facies som på Svansjökläppen.

De tre metamorfa händelser som skedde innan den Kaledonska bergskedjebildningen uppvisar alla granulitfacies i någon utbredning. Det här gör att metamorf grad inte går att använda för att bestämma när Svansjökläppens gnejs bildats. Paleogeografiskt samt tidsmässigt så är den Svekonorvegiska orogenesisen den som passar bäst med tanke på vart bergarten ligger.

Det var under den Svekonorvegiska orogenesisen som Strömberg spekulerade att bergarterna på Svansjökläppen bildats (Strömberg et al. 1998). Trots att majoriteten av Svekonorvegisk berggrund norr om Bohuslän täcks av Kaledoniderna finns det platser där det inte gäller. Det har hittats Svekonorvegisk deformationerade bergarter i Jotunskollan i västra Norge. Jotunskollan tillhör den mellersta skollenheten precis som Särsvskollan (Lundmark et al. 2007). Ortognejsen från Svansjökläppen kan ha varit en del av Balticas förland, varpå det ovanpå kan ha sedimenterats sand som kom att bilda Särsvskollans sandstenar. Det kan förklara varför Ottfjältsdiabasen tränger igenom både sandstenarna och ortognejserna.

## 6 Slutsatser

Ortognejserna som finns på fjället Svansjökläppen innehåller i huvudsak mineralen plagioklas, kalifältspat, ortopyroxen, klinopyroxen, hornblände, granat, kvarts och rutil. Mineralsammansättningen tyder på att bergarterna har metamorferats under granulitfacies. Lågmetamorfa mineral som epidot och amfibol har bildats i finkorniga sammanväxningar under en senare låggradig metamorfos som skedde under den kaledoniska orogenesisen. Ortognejserna har troligen metamorferats under Svekonorvegisk tid men det är inte säkert. Det skulle behövas mer utförlig analys av bergarten för att säkert kunna säga när den bildats och när den har metamorferats.

## 7 Tack

Jag vill börja med ett stort tack till min handledare Charlotte Möller som har varit en stor hjälp med att svara på alla mina frågor och utfört svepelektronmikroskopering. Ett enormt tack till min externa handledare på SGU, Jenny Andersson. Inte bara hjälpte du mig få detta fantastiskt intressanta arbete. Du bidrog med material och kartor, svara på frågor och har bidragit med positiv feedback. Jag vill tacka våra underbara bibliotekarier Britta Smångs och Ulrika Björklund som hjälpt till med källhänvisning och att hitta källor jag trodde var omöjliga att nå. Jag vill till sist tacka min kära mamma och flickvän som varit till stor hjälp med språk och stavning samt allmänt stöd.

## 8 Referenser

- Bingen, B., Nordgulden, Ø. & Viola, G. 2008: A four phase model for the Sveconorwegian orogeny, SW Scandinavia. *Norwegian Journal of Geology* 88, 13-42.
- Engvik, A. K., Bingen, B., & Solli, A. 2016: Localized occurrences of granulite: P-T modeling, U-Pb geochronology and distribution of early-Sveconorwegian high-grade metamorphism in Bamble, South Norway. *Lithos* 240-243, 84-103.
- Gee, D.G., Kumpulainen, R., Roberts, D., Stephens, M.B. & Zachrisson, E., 1985: Scandinavian Caledonides, Tectonostratigraphic Map, Scale 1:2,000,000. Sveriges Geologiska Undersökning, Ba 35.
- Gee, D. G., Juhlin, C., Pascal, C. & Robinson, P., 2010: Collisional Orogeny in the Scandinavian Caledonides (COSC). *GFF* 132:1, 29-44.
- Gee, D. G., Janák, M., Majka, J., Robinson, P. & Roermund, H. 2012: Subduction along and within the Baltoscandian margin during closing of the Iapetus Ocean and Baltica-Laurentia collision. *Lithosphere* 5, 169-178.
- Karis, L. & Strömberg, A. G. B., 1998: Beskrivning till berggrundskartan över Jämtlands län Del 2: Fjälldelen. Sveriges Geologiska Undersökning, Uppsala. 363 sid.
- Kumpulainen, R., Hamilton, M.A., Söderlund, U. & Nystuen, J.P. 2016: A new U-Pb baddeleyite age for the Ottfjället dolerite dyke swarm in the Scandinavian Caledonides – a minimum age for late Neoproterozoic glaciation in Baltica. *Bulletin of the Geological Society of Finland, Special Volume*, 171-172.
- Lundmark, A.M. & Corfu, F. 2007: Late-orogenic Sveconorwegian massif anorthosite in the Jotun Nappe Complex, SW Norway, and causes of repeated AMCG magmatism along the Baltoscandian margin. *Contribution to Mineralogy and Petrology* 155, 147-163.
- MacKenzie, W.S. & Guilford, C. 1980: Atlas of rock-forming minerals in thin section, Pearson Education Limited, Essex. 98 pp.
- Möller, C., Andersson, J., Dyck, B. & Lundin, I. A., 2015: Exhumation of an eclogite terrane as a hot migmatitic nappe, Sveconorwegian orogen. *Lithos* 226, 147-168.
- Möller, C. & Andersson, J. 2018: Metamorphic zoning and behaviour of an underthrusting continental plate. *Journal of metamorphic geology* 36, 567-589.
- Stephens, M. B., 2020: Outboard-migrating accretionary orogeny at 1.9-1.8 Ga (Sveco-Karelian) along a margin to the continent Fennoscandia. *Geological Society Memoir* 50, 237-250.
- Stephens, M. B. & Jansson, N.F. 2020: (1.9-1.8) syn-orogenic magmatism, sedimentation and mineralization in the Bergslagen lithotectonic unit, Sveco-Karelian orogen. *Geological Society Memoir* 50, 155-206.
- Svenningsen, O.M. 2001: Thermal history of thrust sheets in an orogenic wedge <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar data from the polymetamorphic Sveve Nappe Complex, northern Swedish Caledonides. *Geological Magazine* 137, 437-446.
- Söderlund, U., Elming, S.-Å., Ernst, R.E. & Schissel, D. 2006: The Central Scandinavian Dolerite Group – protracted hotspot activity or back arc magmatism? Constraints from U-Pb baddeleyite geochronology and Hf isotope data. *Precambrian Research* 150, 136-152.
- Söderlund, U., Isachsen, C.E., Bylund, G., Heaman, L.M., Patchett, P.J., Vervoort, J.D. & Andersson, U.B. 2005: U-Pb baddeleyite ages and Hf, Nd isotope chemistry constraining repeated mafic magmatism in the Fennoscandian shield from 1.6 to 0.9 Ga. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 150, 174-194.
- Ulmius, J., Andersson, J. & Möller, C. 2015: Hallandian 1.45 Ga high-temperature metamorphism in Baltica: P-T evolution and SIMS U-Pb zircon ages of aluminous gneisses, SW Sweden. *Precambrian Research* 265, 10-39.
- Winter, J. D., 2014: Principles of Igneous and Metamorphic Petrology (2 ed.,) Pearson Education Limited, Essex. 739pp.
- Zenzén, N., 1930: Om de äldsta geologiska undersökningarna inom området öster om Fæmunden. *GFF* 52:4, 543-588.



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

535. Zachén, Gabriel, 2018: Mesosideriter – redogörelse av bildningsprocesser samt SEM-analys av Vaca Muertameteoriten. (15 hp)
536. Fägersten, Andreas, 2018: Lateral variability in the quantification of calcareous nanofossils in the Upper Triassic, Austria. (15 hp)
537. Hjertman, Anna, 2018: Förutsättningar för djupinfiltration av ytvatten från Ivösjön till Kristianstadbassängen. (15hp)
538. Lagerstam, Clarence, 2018: Varför svaldesvanödlor (Reptilia, Plesiosauria) stannar?(15 hp)
539. Pilsner, Hannes, 2018: Mg/Ca i bottenlevande foraminiferer, särskilt med avseende på temperaturer nära 0°C. (15 hp)
540. Christiansen, Emma, 2018: Mikroplast på och i havsbotten - Utbredningen av mikroplaster i marina bottensediment och dess påverkan på marina miljöer. (15 hp)
541. Staahlnacke, Simon, 2018: En sammanställning av norra Skånes prekambrika berggrund. (15 hp)
542. Martell, Josefin, 2018: Shock metamorphic features in zircon grains from the Mien impact structure - clues to conditions during impact. (45 hp)
543. Chitindingu, Tawonga, 2018: Petrological characterization of the Cambrian sandstone reservoirs in the Baltic Basin, Sweden. (45 hp)
544. Chonewicz, Julia, 2018: Dimensionerande vattenförbrukning och alternativa vattenkvaliteter. (15 hp)
545. Adeen, Lina, 2018: Hur lämpliga är de geofysiska metoderna resistivitet och IP för kartläggning av PFOS? (15 hp)
546. Nilsson Brunlid, Anette, 2018: Impact of southern Baltic sea-level changes on landscape development in the Verkeån River valley at Haväng, southern Sweden, during the early and mid Holocene. (45 hp)
547. Perälä, Jesper, 2018: Dynamic Recrystallization in the Sveconorwegian Frontal Wedge, Småland, southern Sweden. (45 hp)
548. Artursson, Christopher, 2018: Stratigraphy, sedimentology and geophysical assessment of the early Silurian Halla and Klinteberg formations, Altajme core, Gotland, Sweden. (45 hp)
549. Kempengren, Henrik, 2018: Att välja den mest hållbara efterbehandlingsmetoden vid sanering: Applicering avnbeslutsstödsverktyget SAMLA. (45 hp)
550. Andreasson, Dagnija, 2018: Assessment of using liquidity index for the approximation of undrained shear strength of clay tills in Scania. (45 hp)
551. Ahrenstedt, Viktor, 2018: The Neoproterozoic Vingsö Group of southern Sweden: Lithology, sequence stratigraphy and provenance of the Middle Formation. (45 hp)
552. Berglund, Marie, 2018: Basalkuppen - ett spel om mineralogi och petrologi. (15 hp)
553. Hernnäs, Tove, 2018: Garnet amphibolite in the internal Eastern Segment, Sveconorwegian Province: monitors of metamorphic recrystallization at high temperature and pressure during Sveconorwegian orogeny. (45 hp)
554. Halling, Jenny, 2019: Characterization of black rust in reinforced concrete structures: analyses of field samples from southern Sweden. (45 hp)
555. Stevic, Marijana, 2019: Stratigraphy and dating of a lake sediment record from Lyngsjön, eastern Scania - human impact and aeolian sand deposition during the last millennium. (45 hp)
556. Rabanser, Monika, 2019: Processes of Lateral Moraine Formation at a Debriscovered Glacier, Suldenerferner (Vedretta di Solda), Italy. (45 hp)
557. Nilsson, Hanna, 2019: Records of environmental change and sedimentation processes over the last century in a Baltic coastal inlet. (45 hp)
558. Ingered, Mimmi, 2019: Zircon U-Pb constraints on the timing of Sveconorwegian migmatite formation in the Western and Median Segments of the Idefjorden terrane, SW Sweden. (45 hp)
559. Hjorth, Ingeborg, 2019: Paleomagnetisk undersökning av vulkanen Rangitoto, Nya Zeeland, för att bestämma dess utbrottshistoria. (15 hp)
560. Westberg, Märta, 2019: Enigmatic wormlike fossils from the Silurian Waukesha Lagerstätte, Wisconsin, USA. (15 hp)
561. Björn, Julia, 2019: Undersökning av påverkan på hydraulisk konduktivitet i förorenat område efter in situ-saneringsförsök. (15 hp)
562. Faraj, Haider, 2019: Tolkning av georadarprofiler över grundvattenmagasinet Verveln - Gullringen i Kalmar län. (15 hp)
563. Bjeremo, Tim, 2019: Eoliska avlagringaroch vindriktningar under holocen i ochkring Store Mosse, södra Sverige. (15 hp)
564. Langkjaer, Henrik, 2019: Analys av Östergötlands kommande grundvatten-resurser ur ett klimatperspektiv - med fokus på förstärkt grundvattenbildning. (15 hp)
565. Johansson, Marcus, 2019: Hur öppet varlandskapet i södra Sverige under Atlan-tisk tid? (15 hp)
566. Molin, Emmy, 2019: Litologi, sedimentologi och

- kolisotopstratigrafi över krita–paleogen-gränsintervallet i borrhningen Limhamn-2018. (15 hp)
567. Schroeder, Mimmi, 2019: The history of European hemp cultivation. (15 hp)
568. Damber, Maja, 2019: Granens invandring i sydvästa Sverige, belyst genom pollenanalys från Skottenesjön. (15 hp)
569. Lundgren Sassner, Lykke, 2019: Strandmorfologi, stranderosion och stranddeposition, med en fallstudie på Tylösand sandstrand, Halland. (15 hp)
570. Greiff, Johannes, 2019: Mesozoiska konglomerat och Skånes tektoniska utveckling. (15 hp)
571. Persson, Eric, 2019: An Enigmatic Cerapodian Dentary from the Cretaceous of southern Sweden. (15 hp)
572. Aldenius, Erik, 2019: Subsurface characterization of the Lund Sandstone – 3D model of the sandstone reservoir and evaluation of the geoenery storage potential, SW Skåne, South Sweden. (45 hp)
573. Juliusson, Oscar, 2019: Impacts of subglacial processes on underlying bedrock. (15 hp)
574. Sartell, Anna, 2019: Metamorphic paragenesis and P-T conditions in garnet amphibolite from the Median Segment of the Idefjorden Terrane, Lilla Edet. (15 hp)
575. Végvári, Fanni, 2019: Vulkanisk inverkan på klimatet och atmosfärcirkulationen: En litteraturstudie som jämför vulkanism på låg respektive hög latitud. (15 hp)
576. Gustafsson, Jon, 2019: Petrology of platinum-group element mineralization in the Koillismaa intrusion, Finland. (45 hp)
577. Wahlquist, Per, 2019: Undersökning av mindre förkastningar för vattenuttag i sedimentärt berg kring Kingelstad och Tjutebro. (15 hp)
578. Gaitan Valencia, Camilo Esteban, 2019: Unravelling the timing and distribution of Paleoproterozoic dyke swarms in the eastern Kaapvaal Craton, South Africa. (45 hp)
579. Eggert, David, 2019: Using Very-Low-Frequency Electromagnetics (VLF-EM) for geophysical exploration at the Albertine Graben, Uganda - A new CAD approach for 3D data blending. (45 hp)
580. Plan, Anders, 2020: Resolving temporal links between the Högberget granite and the Wigström tungsten skarn deposit in Bergslagen (Sweden) using trace elements and U-Pb LA-ICPMS on complex zircons. (45 hp)
581. Pilser, Hannes, 2020: A geophysical survey in the Chocaya Basin in the central Valley of Cochabamba, Bolivia, using ERT and TEM. (45 hp)
582. Leopardi, Dino, 2020: Temporal and genetical constraints of the Cu-Co VenaDampetorp deposit, Bergslagen, Sweden. (45 hp)
583. Lagerstam Lorien, Clarence, 2020: Neck mobility versus mode of locomotion – in what way did neck length affect swimming performance among Mesozoic plesiosaurs (Reptilia, Sauropterygia)? (45 hp)
584. Davies, James, 2020: Geochronology of gneisses adjacent to the Mylonite Zone in southwestern Sweden: evidence of a tectonic window? (45 hp)
585. Foynt, Alex, 2020: Foreland evolution of Blåisen, Norway, over the course of an ablation season. (45 hp)
586. van Wees, Roos, 2020: Combining luminescence dating and sedimentary analysis to derive the landscape dynamics of the Velická Valley in the High Tatra Mountains, Slovakia. (45 hp)
587. Rettig, Lukas, 2020: Implications of a rapidly thinning ice-margin for annual moraine formation at Gornergletscher, Switzerland. (45 hp)
588. Bejarano Arias, Ingrid, 2020: Determination of depositional environment and luminescence dating of Pleistocene deposits in the Biely Váh valley, southern foothills of the Tatra Mountains, Slovakia. (45 hp)
589. Olla, Daniel, 2020: Petrografisk beskrivning av Prekambriska ortognejser i den undre delen av Särsvkollan, mellersta delen av Skollenheten, Kaledonska orogenen. (15 hp)



**LUNDS UNIVERSITET**

Geologiska institutionen  
Lunds universitet  
Sölvegatan 12, 223 62 Lund

