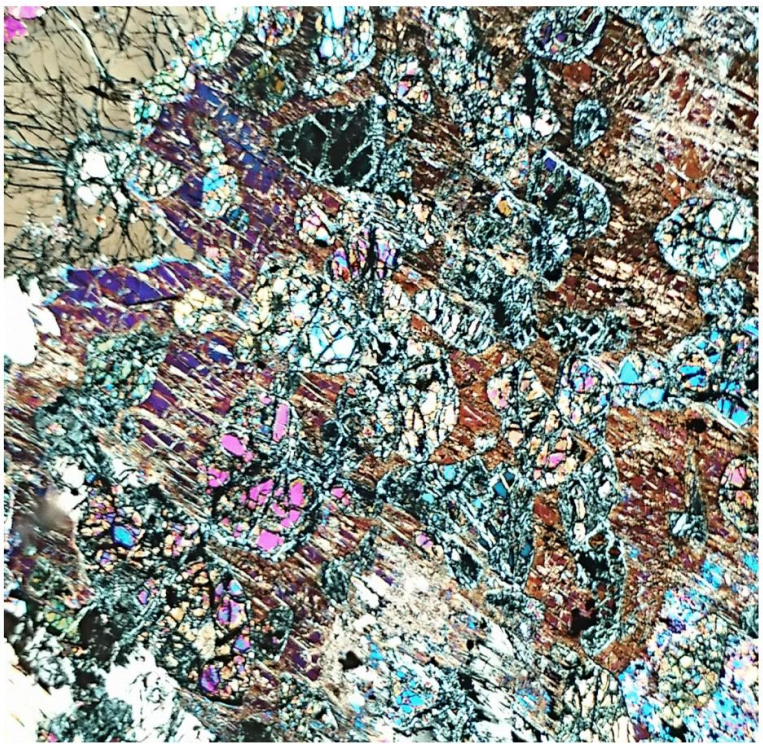
Stockholm University

Bachelor Thesis

Degree Project in
Geology 15 hp

En petrografisk studie av magmatiska bergarter söder om Virserum, Småland – bildning och metamorfos

Jakob Schöld



Stockholm 2022

Department of Geological Sciences
Stockholm University
SE-106 91 Stockholm

Sammanfattning

Berggrunden i östra Småland utgörs dels av bergarter tillhörande det Transskandinaviska magmatiska bältet (TMB) och dels troligtvis äldre bergarter tillhörande Oskarshamn-Jönköpingsbältet (OJB). Relationerna mellan OJB och TMB är i många fall oklara. Det undersökta området hittas strax söder om Virserum i sydöstra Småland. Undersökningsområdet är beläget i gränszonen mellan OJB i norr och Småland-Värmlandsbältet (SVB) i söder som är den sydligaste delen av TMB. Området delas av den ca 2–3 km breda skjuvzonen Tönshultzonen. Befintligt material från tidigare fältarbete har använts i form av prover från berggrunden, tunnslip och kemiska analyser. Beskrivning och identifiering av mineral och bergarter i gränszonen mellan OJB och TMB har utförts tillsammans med karaktärisering av magmatisk bildningsmiljö samt graden av metamorfos och dess påverkan på bergarterna samt ett försök att beskriva skillnader i ursprungsmaterial har gjorts. Undersökningen har utförts genom deskriptiv beskrivning av berggrundsprover, mikroskopering av tunnslip med petrografiskt mikroskop och berggrunds geokemiska analyser, såsom AFM-diagram och REE-diagram. Det utförda arbetet antyder att området har utsatts för metamorfos i graden grönskiffer eventuellt amfibolit. Av 37st undersökta tunnslip kan 16st tolkas som grönskiffer och 16st som amfibolit facies. I tunnslipen har hittats sericitomvandling, klorit, epidot, hornblände och olivin utöver fältspat. Bergrundsprover visar stor skillnad i magmatiska bildningsmiljöer. Det visas stor spridning i utseende och karaktär. Från afanitiska vulkaniska bergarter till grovkorniga intrusivbergarter, både mafiska och felsiska. Även porfyriska intrusiv och porfyrer och gångporfyer har undersökts. Bergarternas mineralogi och kemiska sammansättning uppvisar en kalkalkalin karaktär vilket antyder att de bildats i en subduktionszonsmiljö.

Abstract

The bedrock in eastern Småland consist of bedrock from the Transscandinavian igneous belt and older bedrock from Oskarshamn-Jönköpings belt (OJB). The relations between (OJB) and TIB are in many aspects unclear. The research area is found just south of Virserum in south-eastern Småland (Sweden). The area is located in the border zone between OJB in the north and the Småland-Värmlands belt (SVB) in the south, which constitute the most southern part of TIB. The investigated area is divided by the 2-3 km wide Tönshult deformation zone. Existing material from earlier accomplished field-studies has been used. This material is in form of thin plates, rock samples and chemical analysis. Description and identifying of minerals and rocks in the border zone between OJB and TIB has been done along with characterizing of magmatic formation environments including grade of metamorphism and the influence on rocks and an attempt to describe differences in origin materials. The methods used are descriptive description of rocks, use of petrographic microscope with thin-plates and the use of chemical analysis along with creation of REE- and AFM-diagram. The accomplished work suggests that the grade of metamorphism is greenschist and maybe amphibolite facies. 37 thin-plates have been investigated, 16 thin-plates can be classified as greenschist and 16 as amphibolite facies. In thin-plates sericite alteration has been found together with chlorite hornblende and olivine besides feldspar. Rock samples show great difference in magmatic formation environments. There is shown great difference in appearance, aphanitic to phaneritic granite and gabbro to basalt. Porphyries including dikes-porphyries are found. The tectonic settings are coupled to subduction and calc-alkaline magma series.

Innehållsförteckning

1 Inledning 1

1.1 Bakgrund 3

1.2 Metod 4

2 Resultat 6

2.1 Berggrundsprover 6

2.2 Bergarter i mikroskop 7

2.3 Tunnslip 13

2.4 Sekundär och metamorf omvandling av bergarterna 14

2.5 Geokemiska aspekter 15

3 Diskussion 21

3.1 Problem och felkällor 26

4 Slutsatser 27

4.1 Slutord 28

5 Referenser 29

Bilagor

1.Bergrundsprover

2.Tunnslip

3.Kemiska analyser

1. Inledning

Sveriges berggrund utgör en del av den Fennoskandiska skölden (Baltiska skölden) tillsammans med Norge, Finland, Karelen och Kolahalvön. De äldsta delarna är mer än 3.0 Ga gamla (Gaál & Gorbatschev, 1987; Slabunov et al., 2006; Lundqvist et al., 2011). Sveriges berggrund har vuxit till genom ackretion (subduktionszoner) och kollision. Sverige kan i ett geologiskt avseende grovt delas in i 6 områden (provinser) (Andersson et al., 2007), se fig1. (1) arkeiska provinsen, (2) svekokareliska provinsen, (3) transskandinaviska magmatiska bältet (TMB), (4) sydvästskandinaviska provinsen, även benämnd svekonorvegiska (Högdahl et al., 2004; Andersson et al., 2007; Möller et al., 2018), (5) kaledonisk berggrund och (6) sedimentära bergarter, främst Skåne, Öland, Gotland, och i områden kring Vättern och Siljan (Möller et al., 2018). Inom den Fennoskandiska skölden finns områden med rapakivi-granit, främst i Finland (Gaál & Gorbatschev, 1987; Andersson et al., 2007). Den arkeiska berggrunden (äldre än 2.5Ga) (Gaál & Gorbatschev, 1987; Andersson et al., 2007) finns främst i nordligaste nordvästra Sverige (Råstojaurekomplexet) gränsande mot Norge och Finland. De svekokareliska bergarterna utgör den största ytan och omfattar mellersta och östra delen av Sveriges yta från Småland-Blekinge norrut till landets gränser och gränsen mot den arkeiska berggrunden, dess ålder är 1.8–2.0 Ga (Möller et al., 2018). Mellan de svekokareliska och svekonorvegiska berggrunderna finns det transskandinaviska magmatiska bältet (TMB) med en ålder av 1,66–1,87 Ga (Möller et al., 2018). Från Värmland och söderut mot Skåne-Blekinge utgörs Sveriges yta av svekonorvegiska bergarter, dess ålder är 0.92-1.14 Ga (Möller et al., 2018). Från norra Dalarna och norrut till landsgränsen utgörs västra Sveriges yta av kaledoniska bergarter, dess ålder är 0.48-0.38 Ga (Möller et al., 2018). I Skåne, Öland, Gotland och Siljans området är de sedimentära bergarterna yngre än 541 Ma (paleozoikum), Vid södra Vättern finns äldre sedimentära bergarter, 542-1000Ma (neoproterozoikum). TMB sträcker sig mer än 1000km i N-S riktning (Mansfeld, 1996; Högdahl et al., 2004) Det transskandinaviska bältet benämns TIB (Transscandinavian Igneous Belt) i engelskspråkig litteratur. TMB/TIB kan delas upp i olika faser, TIB-0, TIB-1, TIB-2, TIB-3, TIB-0 med start 1.85 Ga (Andersson et al., 2007). Alternativt kan TMB delas upp geografiskt i (3) 4 delar, se fig1, där den mest södra delen kallas Smålands-Värmlands bältet (SVB) (Högdahl et al., 2004; Andersson et al., 2007). SVB utgörs huvudsakligen av bergarter från TIB-1, 1.81–1.76Ga (Högdahl et al., 2004).

Liggande inom SVB finns ett bälte som sträcker sig i nästan östlig-västlig riktning mellan Oskarshamn i öst och Jönköping i väster det s.k. Oskarshamn-Jönköpingsbältet (OJB), se fig1 (Mansfeld, 1996; Mansfeld et al., 2005; Anderson et al., 2007). Den litteratur som finns om området (OJB) är begränsad. Detta bälte består av bergarter som är något äldre än det omgivande SVB (Mansfeld, 1996; Åhäll et al., 2002; Högdahl et al., 2004; Mansfeld et al., 2005; Anderson et al., 2007;). OJB utgörs huvudsakligen av kalkalkalina intrusiva och extrusiva magmatiska bergarter tillsammans med grovklastiska sedimentära bergarter som alla oftast visar foliering (Mansfeld, 1996; Mansfeld et al., 2005; Andersson et al., 2007). De tonalitiska till granodioritiska bergarterna är daterade till 1.83Ga, - och 1.82Ga (Mansfeld, 1996; Åhäll et al., 2002). De till dessa kopplade vulkaniter är basaltiska till dacitiska (Wik et al., 2003) Ett område inom OJB, Fröderyd-gruppen, avviker genom att visa MORB-karaktär

(Mid Ocean Ridge Basalt) (Mansfeld et al., 2005). I bältet förekommer det även skjuvzoner (Mansfeld, 1996; Åhäll et al., 2002). OJB visar i västra delen skillnad i ålder och metamorfosgrad (Mansfeld 1996; Mansfeld et al., 2005). Dessa skillnader skulle kunna tyda på två helt olika bergartssekvenser mellan OJB och Smålands-Värmlands bältet, SVB (Mansfeld 1996; Mansfeld et al., 2005). I östra delen av OJB är åldersskillnader mellan OJB och SVB små samt med oklara bergartssekvenser (Andersson et al., 2007). Detta skulle kunna antyda att OJB är en äldre del av Transkandinaviska bältet, TMB (Wik et al., 2003). Förståelse för den tidiga utvecklingen av jordskorpa i sydöstra Sverige har betydelse även för tolkningen av utveckling för södra delen av Fennoskandiska skölden (Mansfeld, 1996).

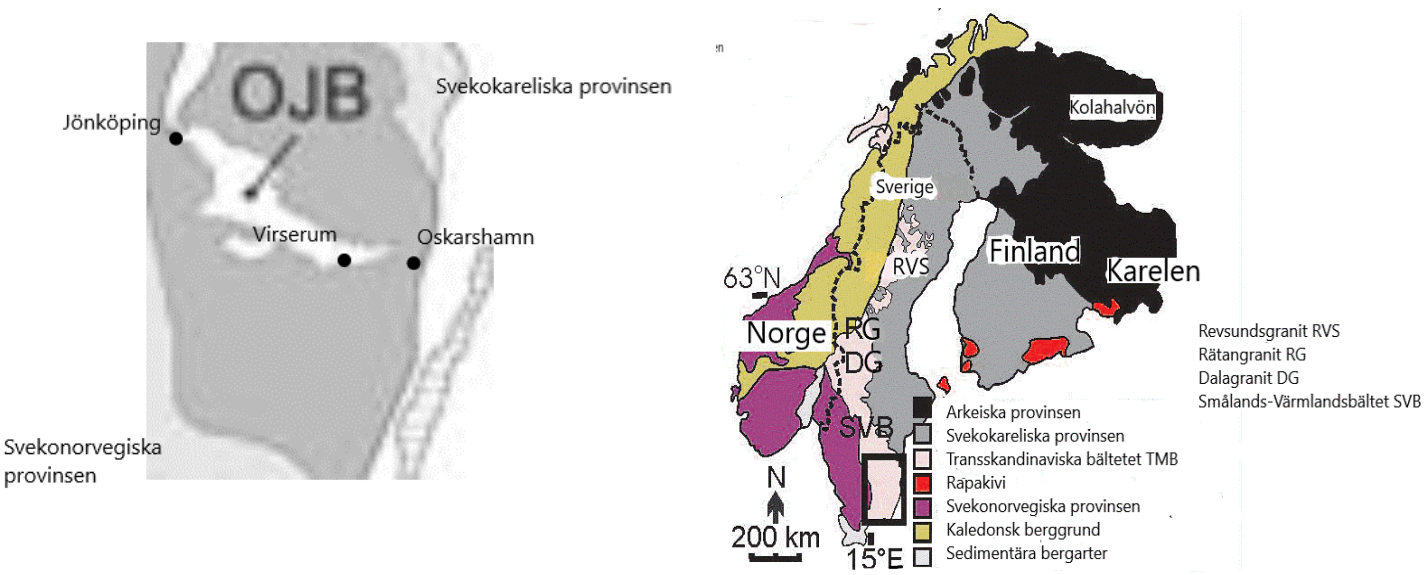


Fig1, Bergartsprovinser, Fennoskandiska skölden (modifierad från Mansfeld et al, 2005 & Andersson et al, 2007)

Virserum i östra Småland, se fig1, är beläget strax norr om gränsen mellan Oskarshamn-Jönköpingsbältet (OJB) och Småland-Värmlandsbältet (SVB). I detta området längs gränszonen har kartering och geofysiska undersökningar skett under mer än 15 års tid och det finns en stor mängd tunnslip och bergartsprover tillgängliga från dessa tidigare utförda arbeten. Dessa tunnslip är med få undantag inte beskrivna petrologiskt tidigare. Det nu föreliggande arbetet sker i syfte att införskaffa mer kunskap om relationerna mellan Oskarshamn-Jönköpingsbältet (OJB) och det Transskandinaviska magmatiska bältet (TMB). Detta genom att beskriva och identifiera mineral och bergarter i gränszonen mellan OJB och TMB samt att karaktärisera magmatisk bildningsmiljö och graden av metamorfos och dess påverkan på bergarterna för att kunna upptäcka eventuella skillnader i ursprunglig sammansättning. Studierna utförs genom användande av mikroskopisk undersökning (petrografisk mikroskopi) av tunnslip och beskrivning av berggrundsprover ur ett deskriptivt perspektiv samt genom berggrunds geokemiska analyser baserade på tillgängliga analysvärden av det totala tillgängliga materialet. Detta arbete ska försöka svara på följande frågor. Vilken grad av metamorfos har bergarter i gränszonen mellan Oskarshamn-Jönköpingsbältet och Transskandinaviska magmatiska bältet utsatts för och hur har det påverkat bergarterna? Vilka magmatiska bildningsmiljöer finns det för områdets bergarter? Vilka skillnader i ursprungsmaterial finns det?

1.1 Bakgrund

I området längs gränszonen, Oskarshamn-Jönköpingsbältet (OJB) och det Transkandinaviska bältet (TMB) har kartering och geofysiska undersökningar skett under mer än 15 års tid i samband med en fältkurs vid Stockholms universitet. Det finns en stor mängd tunnslip (37st), berggrundsprover (75st) och kemiska analyser (109st) tillgängliga från dessa tidigare utförda arbeten. Dessa tunnslip och ovan material är med få undantag inte beskrivna petrologiskt.

I undersökningsområdet finns ett flertal bergarter beskrivna (Mansfeld, 2007; Mansfeld & Rantakokko, 2007). Dessa är att se som referens bergarter som berggrundsproverna har beskrivits i relation till. Undersökningsområdet söder om Virserum består av två bergarts sviter, Oskarshamn-Jönköpingsbältet (OJB) och Transkandinaviska bältet (TMB), vars sydligaste del här kan namnges som Smålands-Värmlands bältet (SVB), dessa två bergarts sviter åtskiljs av den 2–3 km breda Tönshultzonen i VNV riktning (Mansfeld & Sturkell 1996). Oskarshamn-Jönköpingsbältet är troligtvis bildad i en vulkanisk öbåge, subduktion av oceanplatta under annan oceanplatta 1.83Ga (Mansfeld et al., 2005) medan Smålands-Värmlandsbältet troligtvis bildats i en subduduktionzon vid en kontinentalkant (oceanplatta under en kontinentalplatta) (Mansfeld et al 2005), 1.81–1.76Ga sedan (Högdahl et al., 2004). Dessa olika subduktions miljöer har resulterat i olika typer av bergarter, OJB är intermediär till mafisk och SVB är rik på kvarts och fältspat samt att området innehåller yngre bergarter (1.0Ga) i form av diabasgångar (Mansfeld & Rantakokko, 2007).

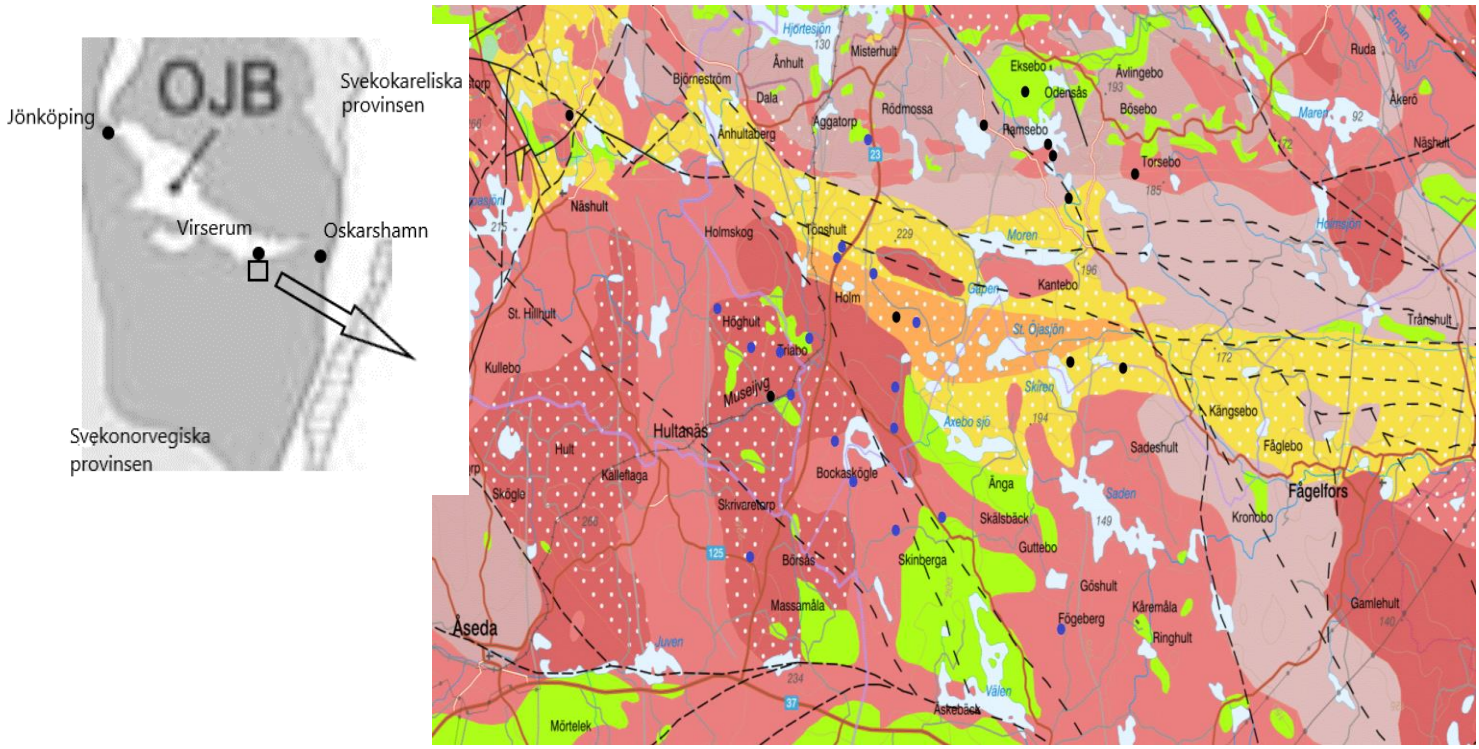


Fig2. (Bergrundskarta från SGU, "kartvisare") Visar undersökningsområdet med urval på platser där det finns analysvärden ifrån (ungefärliga placeringar på kartan). Blå cirklar visar platser med mer fullständiga analysvärden. Bergrundskartan kan förenklat tolkas som, röd visar felsiska bergarter, grön visar intermediär-mafiska bergarter, gul visar vulkaniter, ljus-brun visar äldre granitoid. Vita prickar visar porfyriska varianter. Svarta linjer visar lokala deformationszoner.

1.2 Metod

Tre olika metoder har utnyttjats i detta arbete, (1) beskrivning av berggrundsprover, (2) mikroskopering av tunnslip, (3) nyttjande av berggrunds geokemiska analyser

1. Berggrundsprover har beskrivits i relation till referens bergarter (Mansfeld, 2007; Mansfeld & Rantakokko, 2007). Proverna har beskrivits med ett deskriptivt tillvägagångssätt dvs beskrivning av bergartens utseende, exempelvis felsisk-intermediär-basisk, finkornig-grovkornig. 75st bergrundsprover (stuffer) har beskrivits, se bilaga 1.

2. Genom att i petrografiskt mikroskop studera tunnslip dvs en skiva av bergarten med normalt tjockleken 0.03 mm limmat till ett objektglas. Dessa har framställts genom standardiserade metoder och det kan noteras att tunnslipen i denna undersökning är av typen enkelslip. Tunnslipen har observerats i både plan polariserat och kors polariserat ljus, tunnslip har observerats i olika vinklar genom att objektbordet med tunnslipet roteras 0–360°, förstoringarna 25ggr, 100ggr och 200ggr har använts. Ett petrografiskt mikroskop av märket Nikon har används. För fotografering av tunnslip har använts kamera och programvara från Leica microsystem samt fotografering med mobiltelefon direkt genom mikroskopets okular. Ingående mineralers procentsatser har skett genom grafisk uppskattning av dess yta. Genom att använda sig av intermediära-mafiska bergarter kan omvandling till metamorfa mineral studeras. Beroende på mineraluppsättning är det möjligt att uppskatta graden av metamorfos med hjälp av metamorfa facies (Winter, 2010; Marshak, 2015; Klein et al., 2017) detta kan uttryckas som ett diagram som beskriver graden av metamorfos i olika områden, facies (olika facies= olika mineraluppsättningar) med avseende på tryck och temperatur bergarten utsatts för, 37st olika tunnslip har undersökts, se bilaga 2.

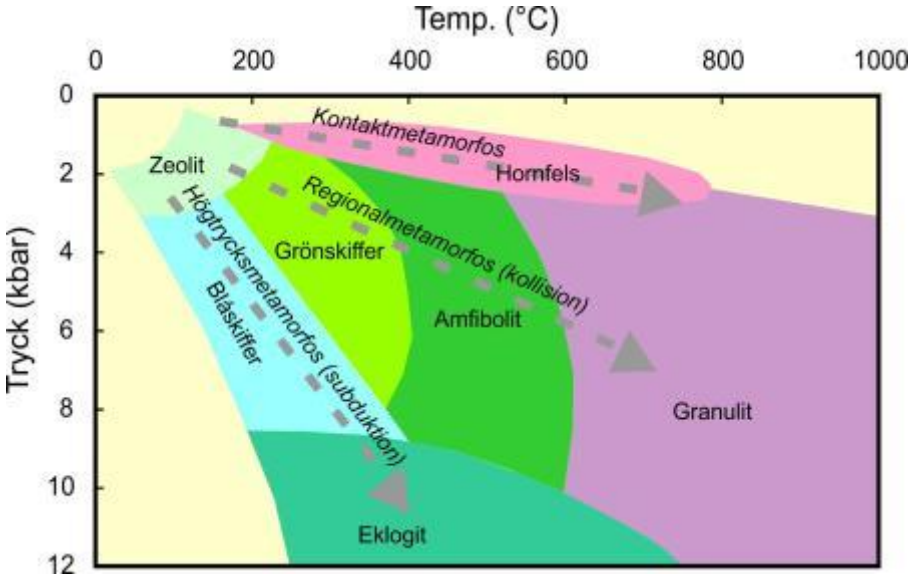


Fig3, Figuren visar metamorfa facies, (källa Naturhistoriska riksmuseet)

3. Kemiska analyser totalt 109st varav 20st är mer kompletta, se bilaga 3 (från original data), med värden av mängden ingående grundämnen och oxider i berggrundsprover (huvudsakliga oxider samt spårämnen) har använts för att ta fram olika diagram avseende geokemiska aspekter. De kemiska analyserna har utförts enligt nedanstående metoder.

Alla analysvärden med undantag för värden märkta 94xx är gjorda vid Stockholms universitet. Bergartsprover har krossats och smälts till ett glas (0.15g, 1000°C) med litiumborat ($LiBO_2$) och sedan upplöstes i HNO_3 (8%). De upplösta proverna har sedan analyserats med hjälp av atomemissionsspektrometri (ICP-OES,-/ICP-AES). Prover märkta 94xx är analyserade vid Svensk GrundämnesAnalys AB, år 1994–95, där 0.125g prov smälts med 0.375g $LiBO_2$ och upplöstes i HNO_3. Slutbestämning har skett med ICP-AES (Plasma-emissionsspektrometri, huvudelement och vissa spårelement) och ICP-MS (Plasma-masspektrometri, spårelement). För analys av REE (sällsynta jordartsmetaller) har endast ICP-MS används.

För att kunna skapa sig en uppfattning om helhetskaraktären av den magma som skapade de olika bergarterna har 109st analyser undersöktes, avseende (1) alkalin och subalkalin karaktär (2) den subalkalina karaktären avseende uppdelning mellan tholeiitisk - och kalk-alkalin karaktär. Genom dessa undersökningar är det även möjligt att få en indikation om tektoniska förhållande vid magmans bildande (Winter, 2010; Klein et al., 2017). Det första steget (1) gjordes genom att ett diagram där totala mängden alkalier ($K_2O + Na_2O$) plottades mot innehållet av kisel (SiO_2), se figur 15. En uppdelning mellan alkalin respektive subalkalin karaktär är därefter möjlig att göra (Winter, 2010). Genom att plotta analysvärden i ett TAS (Total Alkali vs Silica) diagram är det möjligt att visa en klassificering av bergarter i det undersökta området, se figur 16. Det andra steget (2) gjordes i ett AFM diagram, dvs ett triangeldiagram med komponenterna F (Fe_2O_3 + FeO), A ($K_2O + Na_2O$) och M (MgO). En uppdelning mellan tholeiitisk respektive kalk-alkalin -karaktär är därefter möjlig att göra (Winter, 2010), se figur 17. I de båda framtagna diagrammen har analysvärden i vikt % används samt normalisering (summan av ingående komponenter=100%) av dessa värden, dessa värden används i alla diagram. En alternativ tolkning av magmaserien (Winter, 2010) görs genom att plotta $Fe_2O_3^*$/MgO mot innehållet av kisel, se figur 18.), där Fe2O3 betyder att allt järn räknas som trevärt järn.

Framtagande av REE-diagram (Winter, 2010), se figur 29, med nyttjande av 20st analysdata, se bilaga 3, sker genom att plotta REE koncentrationer dividerade med REE koncentrationer för kondrit värden (normalisering) och placering av REE-metaller (sällsynta jordartsmetaller) i ökande atomvikter LREE (lätta) till HREE (tunga) vänster till höger på x-axel. På y-axel används logaritmisk skala. REE har en högre grad av fraktionering (uppdelning mellan smälta och solid fas, liquidus och solidus), än huvudämnen ingående i bergarter, de kan därför på ett bättre sätt användas för undersökning av magmans förändring (olika faser). Även så kallade spiderdiagram med en större mängd spårelement kan användas för samma syfte, se figur 30–31, med LIL (Large Ion Lithofile elements) till vänster och HFS (High Field Strength elements) till höger och ökad inkompabilitet mot Ba-Th. I detta diagram sker normalisering mot primitiv mantel. I alla diagram används data från Sun, S.-s.& McDonough, W.F., 1989. Värden för K, P och Ti har räknats fram från ingående oxider.

2. Resultat

2.1 Berggrundsprover

De 75st makroskopiskt undersökta berggrundsproverna (stuffer och provbitar) visar både intrusiva och extrusiva bergarter, från mafisk till felsisk sammansättning, vissa med porfyrisk textur. Samtliga undersökta bergarter har magmatiskt ursprung. Gränserna mellan de olika bergarterna är breda och ibland överlappande.

Synliga mineraler i prover utgörs av kvarts, plagioklas, K-fältspat och hornblände och biotit. Proverna visar små tecken på deformation, 4st prover visar foliering. Vissa prover har mörka och/eller ljusa områden (enklaver).

De 75st, beskrivna bergrundsproverna klassificeras enligt tabell 1, i övrigt se bilaga 1.

Granit *30st*	***Ryolit*** *15st*
Granodiorit *6st*	***Dacit*** *0st*
Diorit *13st*	***Andesit*** *1st*
Gabbro *9st*	***Basalt*** *1st*

Tabell 1, klassificering av bergarter ifrån berggrundsprover.

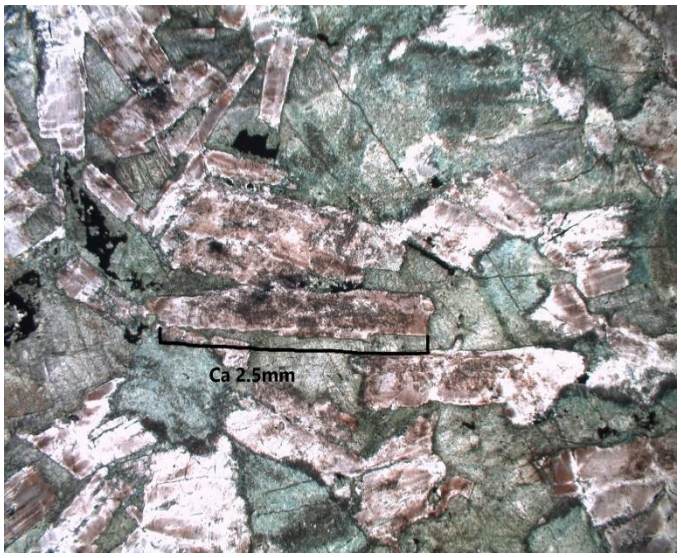
Bergartsvarianter	*Antal tunnslip*
Grovkornig granit	3st
Medel-grovkornig granit	9st
Finkornig granit	7st
Granit-intermediär	6st
Intermediär (intrusiv bergarter)	8st
Intermediär-mafisk (intrusiv bergarter)	6st
Diabas-gabbro	2st
Diabas	2st
Gångporfyr	10st
Porfyr	4st
Med strökorn	10st
Med porfyroklaster	11st
Med foliering	4st
Med mörka eller ljusa områden (enklaver)	8st

Tabell 2, visar bergartsvarianter.

2.2 Bergarter i mikroskop

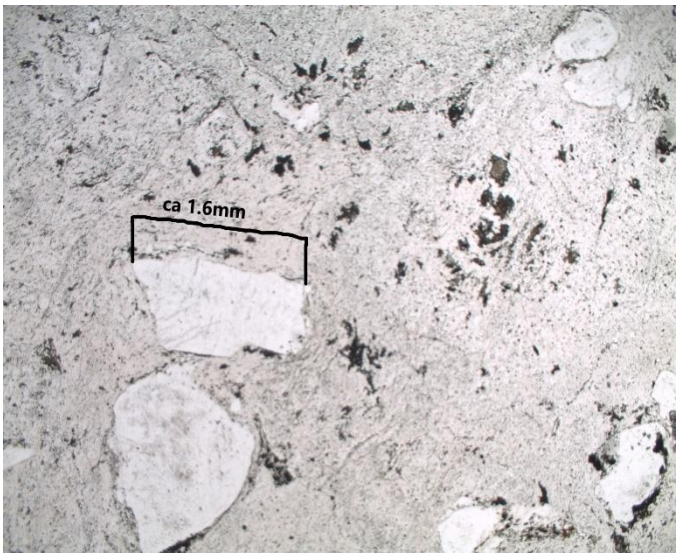
10st tunnslip har beskrivits mer i detalj, (Gabbro-Skälsbäck, V0001, V0004, V0005, V9904, V9905, V9913, V9916A, V9917, V9925A), se bilaga 2.

Gabbro-Skälsbäck (figur 4a, 4b)



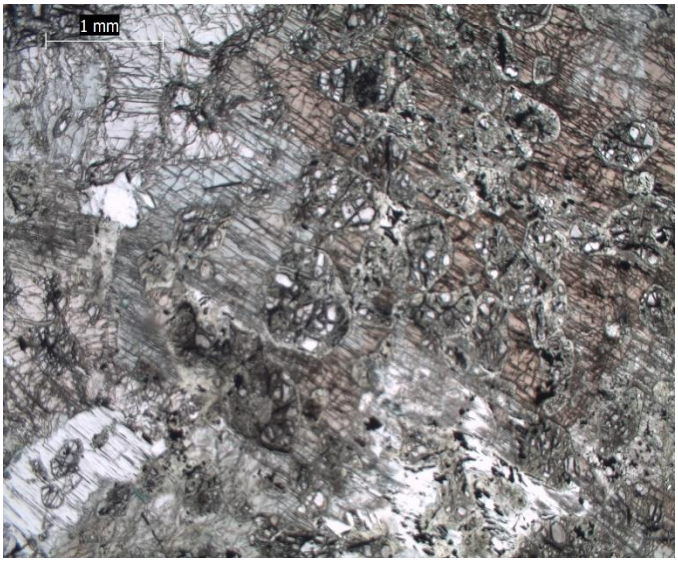
Det vänstra figuren (4a) visar del av tunnslip Gabbro-Skälsbäck i plan polariserat ljus, den högra figuren (4b) visar samma del i kors polariserat ljus. Figur 4a visar olika grad av sericit omvandlad fältspat, ljusa ytor med ”smutsfläckar” samt gröna ytor bestående av hornblände som är klorit omvandlat samt vissa svarta områden (opaka). I högra figuren kan ses tillväxta glimmermineral (mica minerals) i fältspaten. Fördelningen för hela tunnslipet är 45–55% av hornblände respektive plagioklas 45-50%. Kan klassificeras som gabbro.

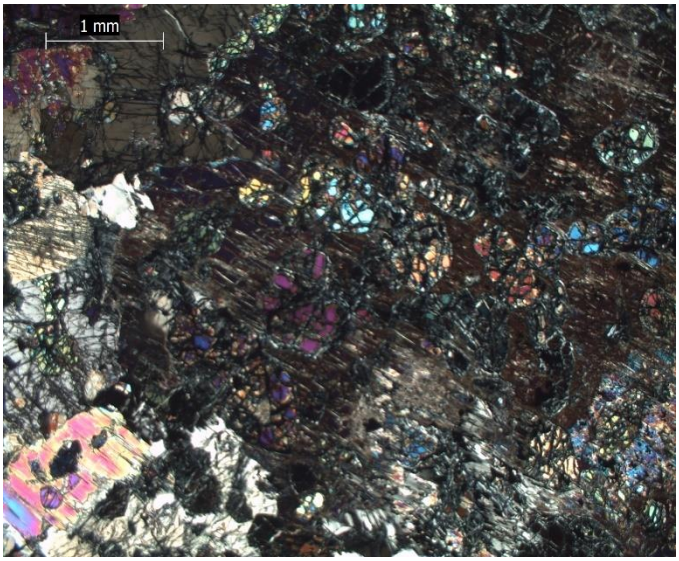
V0001 (figur 5a, 5b)



Den vänstra figuren (5a) visar del av tunnslip V0001 i plan polariserat ljus, den högra figuren (5b) visar samma del i kors polariserat ljus. Figur 5a visar strökorn av fältspat tillsammans med små kloritkristaller och små kvartskorn samt mörka områden. I högra figuren syns de små kvartskornen och mörka områden bestående av epidot, biotit och ev. klorit. Fördelningen av hela tunnslipet är 35–40% av fältspat, kvarts 35–40%, mörka områden (fin matris) 15–20% och klorit 3–5%. Kan klassificeras som ryodacit.

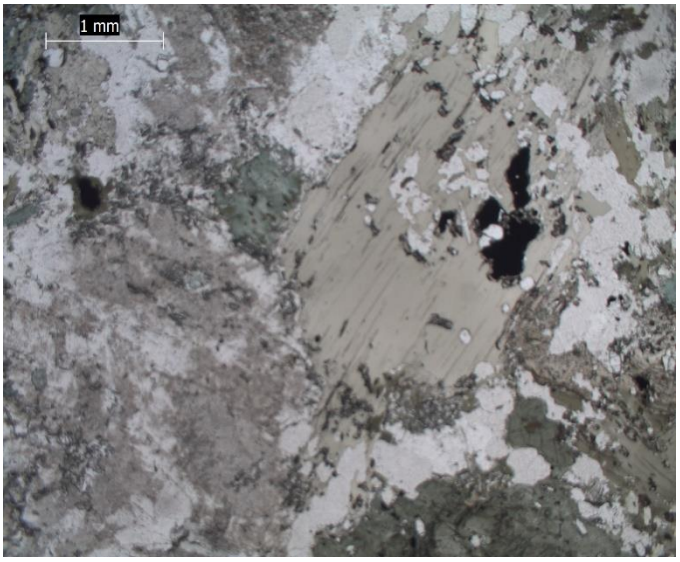
V0004 (figur 6a, 6b)

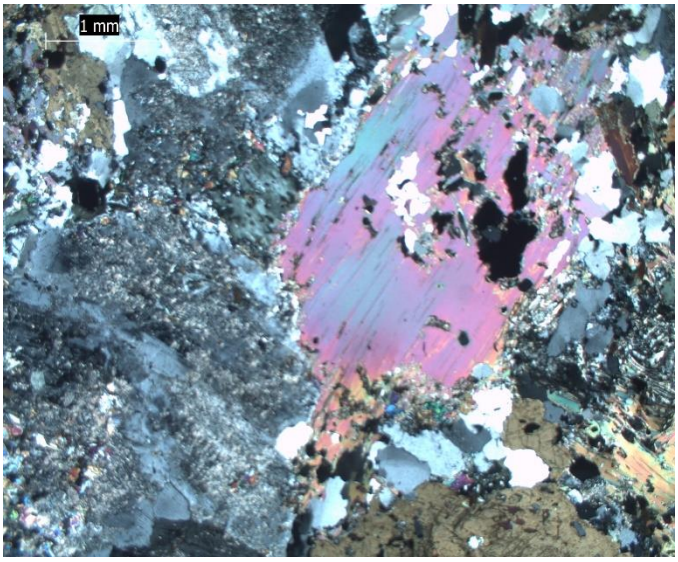




Figuren till vänster (6a) visar del av tunnslip V0004 i plan polariserat ljus, den högra figuren (6b) visar samma del i kors polariserat ljus. I kors polariserat ljus ses olivin med 3:e ordningens interferensfärger med sprucken textur fylld av ”ormskinsliknade” serpentin. Omgivna av brun-grön pyroxen områden (med spaltning) i vänstra nedre hörnet syns en flogopit kristall. Ljust mineral skulle eventuellt kunna tolkas som fältspat. Fördelningen av hela tunnslipet utgörs av 30–35% av olivin, serpentin 30–35%, pyroxen 20–25%, flogopit 10–15%. Kan klassificeras som olivin gabbro.

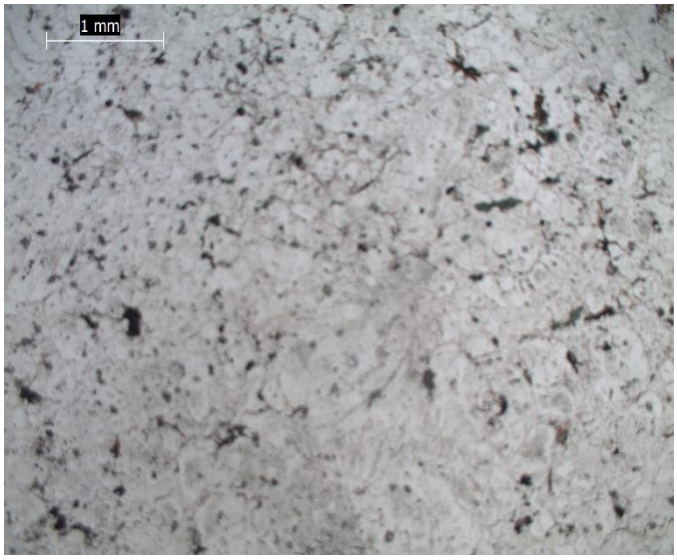
V0005 (figur 7a, 7b)

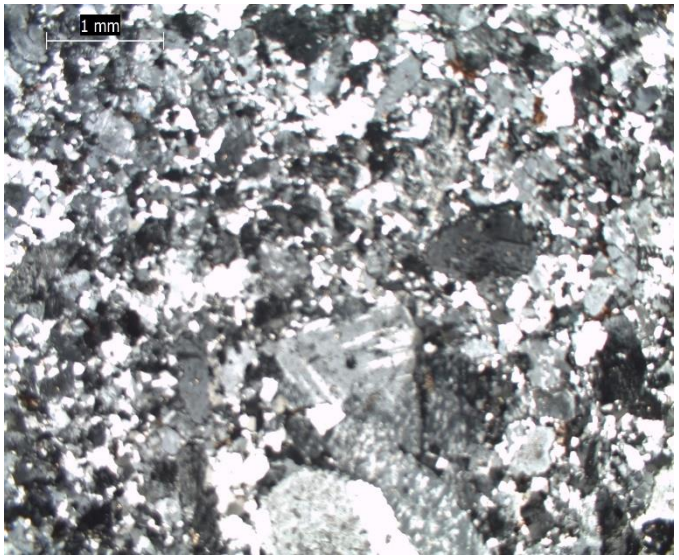




Figuren till vänster (7a) visar del av tunnslip V0005 i plan polariserat ljus, den högra figuren (7b) visar samma del i kors polariserat ljus. I plan polariserat ljus syns sericit omvandlad fältspat (ljusa områden med ”smuts”) tillsammans med hornblände (gul-gröna områden) och till höger om figurens mitt en ljusbrun biotit. I högra figuren något till höger syns en biotit kristall (violetta färger) tillsammans med glimmermineral i fältspaten och hornblände (gul-grön) och kvarts (ljusa områden). Fördelningen för hela tunnslipet är fältspat 40–45%, hornblände 25–30%, biotit 25–30%. Kan klassificeras som diorit.

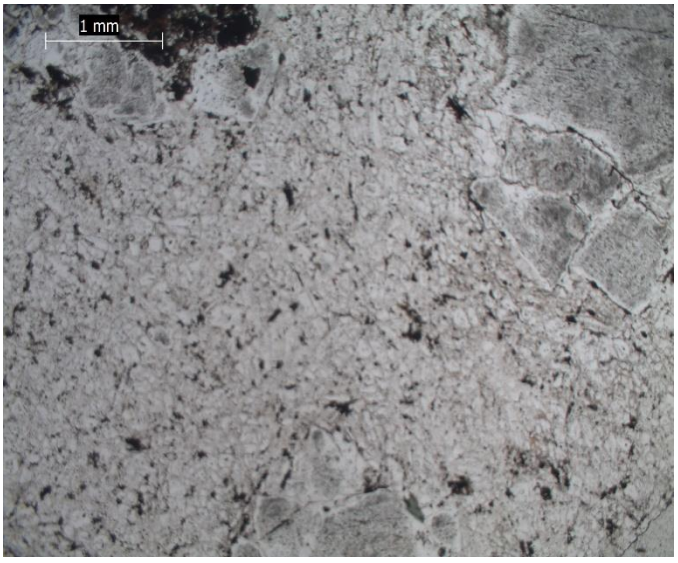
V9904 (figur 8a, 8b)

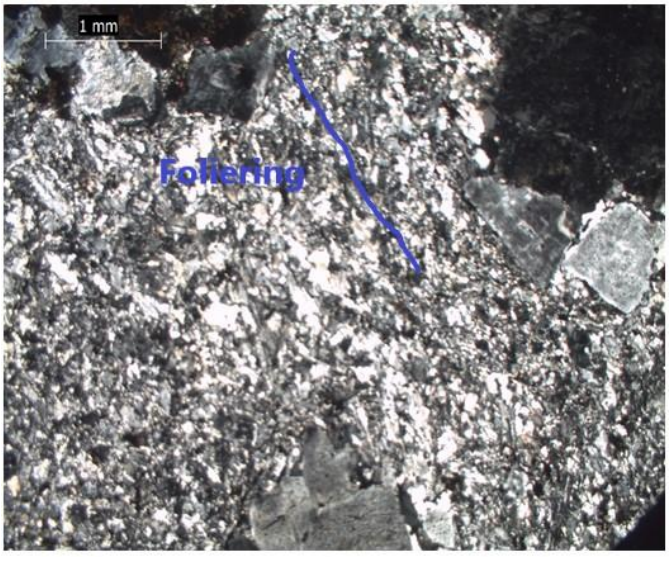




Figuren till vänster (8a) visar del av tunnslip V9904 i plan polariserat ljus, den högra figuren (8b) visar samma del i kors polariserat ljus. Figuren till vänster visar till viss del sericit omvandlad fältspat (ljusa områden med ”smuts”) samt små klorit kristaller (gröna områden) samt mörka områden av bioit och opaka. I högra figuren syns kvartskorn av olika storlekar och sericit omvandlad fältspat (glimmermineral). Fördelningen för hela tunnslipet är fältspat 35–40%, kvarts 40–45%. Kan klassificeras som granit.

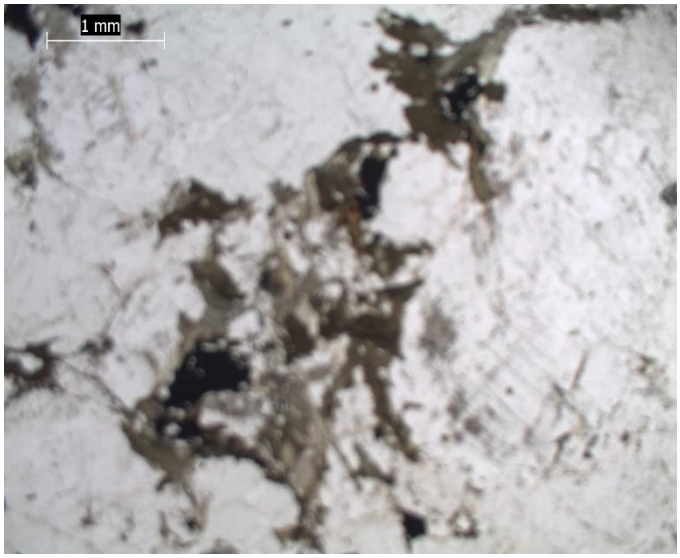
V9905 (figur 9a, 9b)

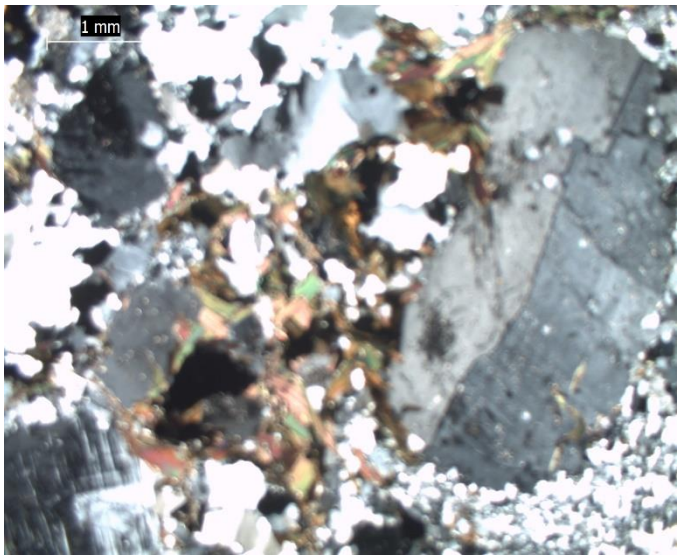




Figuren till vänster (9a) visar del av tunnslip V9905 i plan polariserat ljus, den högra figuren (9b) visar samma del i kors polariserat ljus. Figurer visar finkornig kvarts och strökorn av fältspat. Det syns en viss grad av foliering (se markering) av kvartskorn. Mörka områden med epidot och klorit.). Fördelningen för hela tunnslipet är fältspat 40–45%, kvarts 35–40%. Kan klassificeras som ryolit.

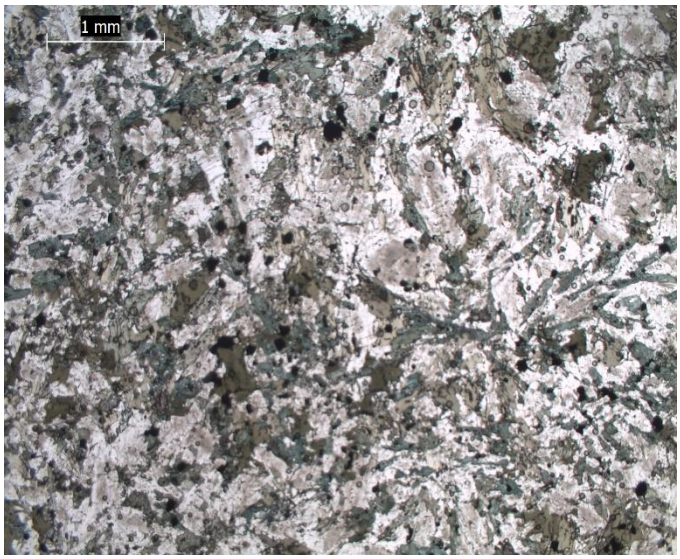
V9913 (figur 10a, 10b)

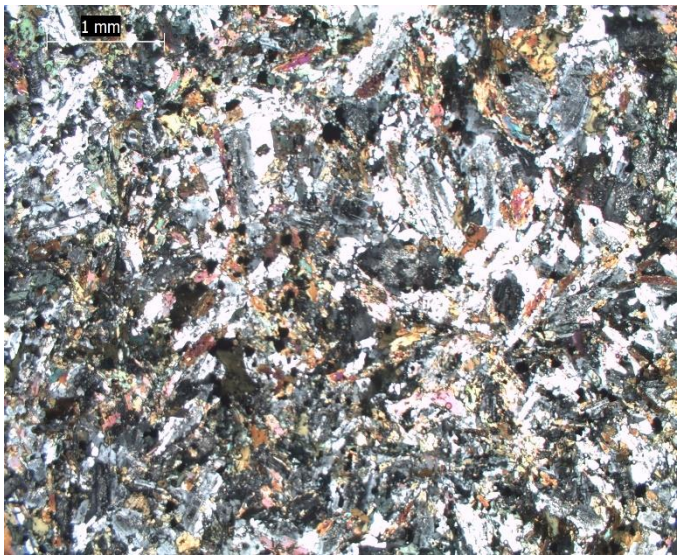




Figuren till vänster (10a) visar del av tunnslip V9913 i plan polariserat ljus, den högra figuren (10b) visar samma del i kors polariserat ljus. I högra figuren visar ett strökorn av fältspat delvis sericit omvandlat tillsammans med delvis sericit omvandlad fältspat samt kvartskorn (ljusa områden) av olika storlek (små korn i högra hörnet). I vänstra figuren syns skillnaden mellan ljusa områden (kvarts, fältspat) och mörka områden med framförallt biotit. Fördelningen för hela tunnslipet är fältspat 35–40%, kvarts 35–40%. Kan klassificeras som ryolit.

V9916A (figur 11a, 11b)

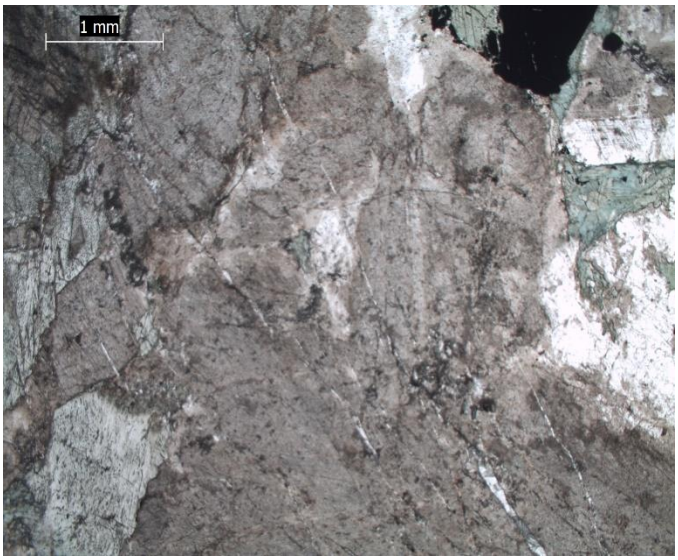




Figuren till vänster (11a) visar del av tunnslip V9916A i plan polariserat ljus, den högra figuren (11b) visar samma del i kors polariserat ljus. I vänstra figuren syns sericit omvandlad plagioklas (ljusa

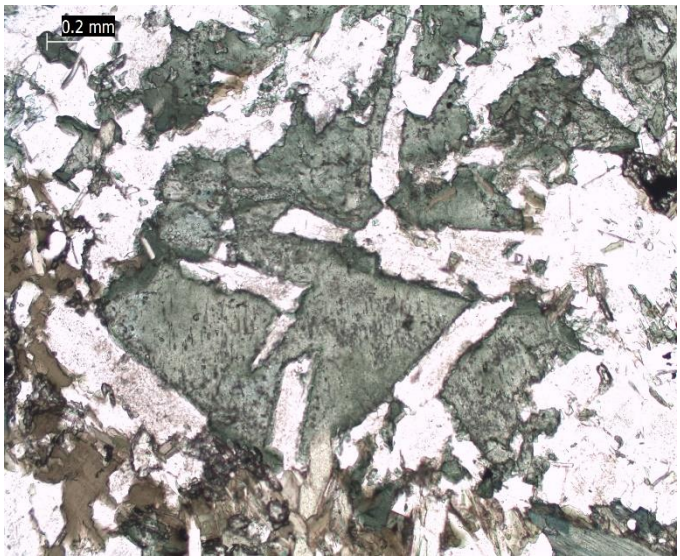
områden med ”smutsfläckar”) samt eventuellt kvarts (ljusa områden) och hornblände (gröna områden) och bioit (bruna områden). I högra figuren syns sericit omvandlad plagioklas (glimmermineral) titanit kristaller och biotit eventullt epidot. Fördelningen för hela tunnslipet är plagioklas 35–40%, eventuell kvarts 15–20%, hornblände 15–20%, biotit 15–20%. Kan klassificeras som kvarts diorit.

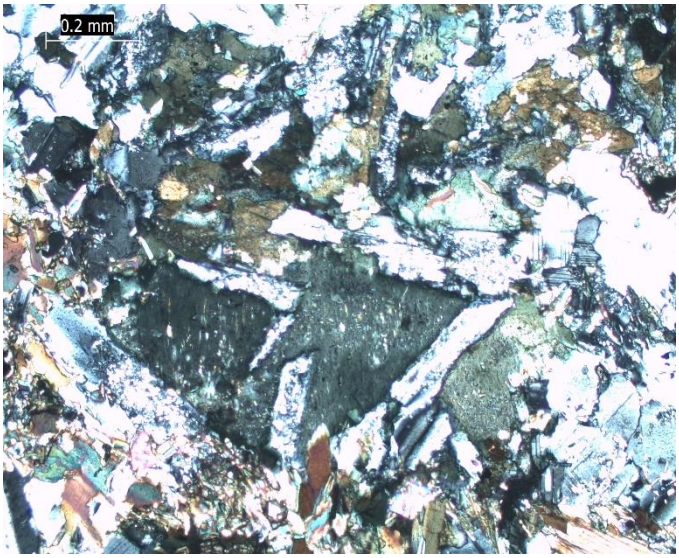
V9917 (figur 12a, 12b)



Figuren till vänster (12a) visar del av tunnslip V9917 i plan polariserat ljus, den högra figuren (12b) visar samma del i kors polariserat ljus. I vänstra figuren visas sericit omvandlat fältspat (plagioklas) (vita ytor med ”smutsfläckar”) samt hornblände (grönt), exempelvis de gröna områdena runt det opaka (svarta) området i högra övre hörnet. I högra figuren syns (något snett från höger nedre hörn) tunna kalcit stråk med högre interferensfärger och deformations tvillingar. Sericit omvandlad plagioklas syns som ”glimmermineral”. Fördelningen för hela tunnslipet är plagioklas 45–50%, hornblände 45–50%, calcite 3–5%. Kan klassificeras som diorit

V9925A (figur 13a, 13b)





Figuren till vänster (13a) visar del av tunnslip V9925A i plan polariserat ljus, den högra figuren (13b) visar samma del i kors polariserat ljus. I vänstra figuren visas sericit omvandlad plagioklas (ljusa ytor med ”smutsfläckar”) tillsammans med biotit (bruna ytor), hornblände (gröna ytor) och opaka ytor (svarta ytor). Hos hornblände visas mörka kanter vilket kan tolkas som zonering eller senare omvandling?). I högra figuren syns sericit omvandlat plagioklas (glimmermineraler) samt interferensfärger i biotit områden. Fördelningen för hela tunnslipet är plagioklas 30–40%, hornblände 40–50%, biotit 10–20%. Kan klassificeras som diorit.

2.3 Tunnslip

Tunnslipens sammansättning varierar från ultramafisk till felsisk. De 37st undersökta tunnslipen klassificeras enligt tabell 3, i övrigt se bilaga 2.

Extrusiva bergarter	Intrusiva bergarter
Granit *12st*	***Ryolit*** *4st*
Granodiorit *3st*	***Ryodacit*** *1st*
Kvartsmonzodiorit 3st	***Dacit*** *1st*
Kvartsdiorit *1st*	***Andesit*** *1st*
Monzodiorit *6st*	
Gabbro *3st*	
Olivingabbro *2st*	

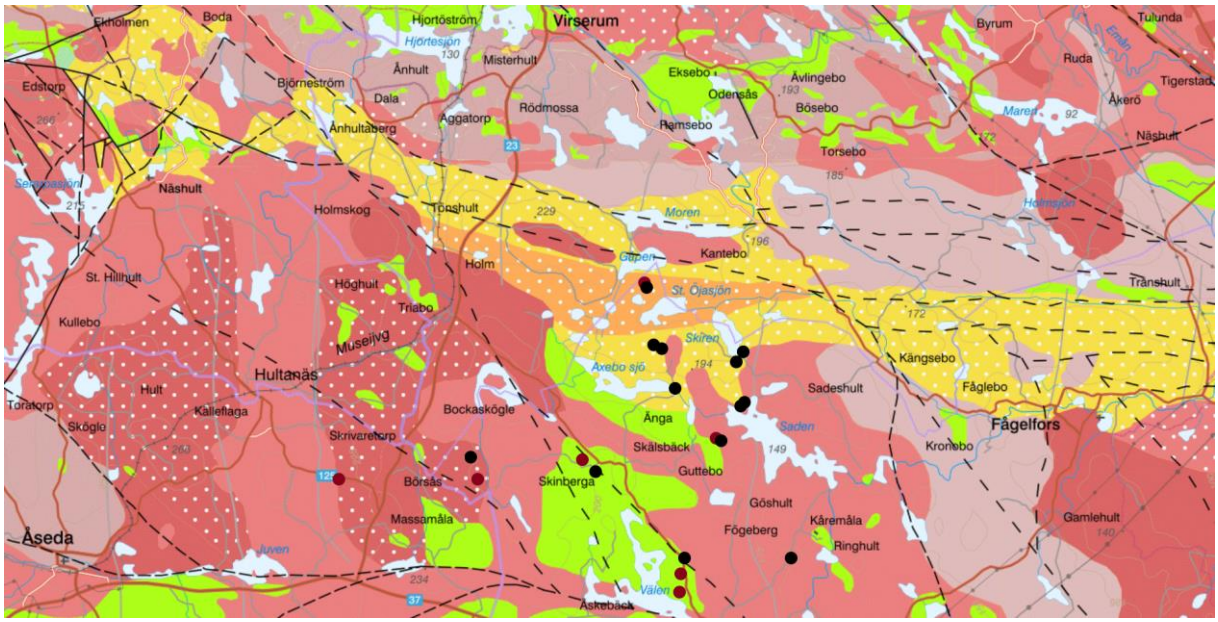
Tabell 3, visar klassificering av undersökta tunnslip.

2.4 Sekundär och metamorf omvandling av bergarterna

Flertalet (26st) av tunnslipen visar sericit omvandling. Klorit och serpentin omvandling observerades. Ett antal kvartskorn visar undulös utsläckning. 10st tunnslip innehöll titanit. Beroende på mineraluppsättning är det möjligt att uppskatta graden av metamorfos med hjälp av metamorfa facies. Det kan dock vara problematiskt då vissa mineral (faser) kan vara skapade som primära utan metamorfos. Hornblände+plagioklas är ett exempel såsom titanit. Exempel på mineraluppsättningar som identifierades visas i tabell 4.

Mineraluppsättning	*Antal tunnslip*	*Bergarter*
Epidot+Klorit	9st	Granit, Granodiorit, Kvartsmonzodiorit, Ryolit
Epidot+Plagioklas+Klorit	2st	Granit, Granodiorit
Epidot+Plagioklas+Klorit+Kvarts	2st	Granit, Granodiorit
Epidot+Hornblände	3st	Granodiorit, Diorit, Kvartsmonzodiorit
Epidot+Hornblände+Klorit	1st	Kvartsmonzodiorit
Epidot+Hornblände+Klorit+Kvarts	1st	Kvartzmonzodiorit
Hornblände+Plagioklas	7st	Granit, Diorit, Kvartsmonzodiorit, Gabbro
Hornblände+Plagioklas+Kvarts	3st	Gabbro, Kvartsmonzodiorit, Granodiorit
Hornblände+Plagioklas+Kvarts±Biotit±Klorit	2st	Granit, Kvartsmonzodiorit
Hornblände+Klorit	5st	Gabbro, Kvatsmonzodiorit, Granodiorit
Klorit+Plagioklas	4st	Granit, Granodiorit

Tabell 4, visar exempel på mineraluppsättningar hos undersökta tunnslip.

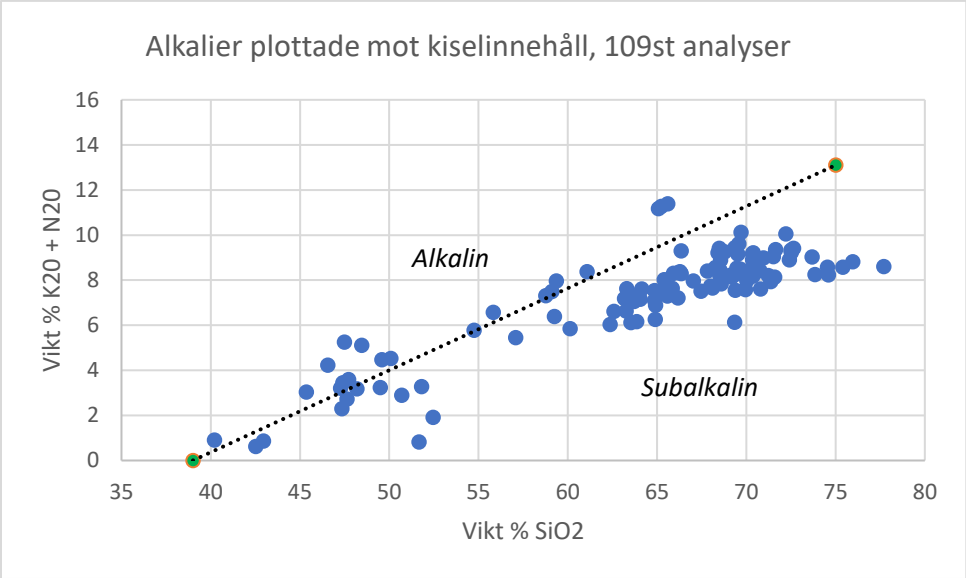


Figur 14 (Bergrundskarta från SGU, "kartvisare"), med ungefärliga positioner av tolkade tunnslip som visar geografisk spridning av den uppskattade graden av metamorfos. Svarta cirklar avser grönskiffer facies, mörkröda cirklar avser amfibolit facies. Observera att tolkning av amfibolit facies är utifrån metamorft hornblände+plagioklas. Dessa kan dock vara primära faser. Bergrundskartan kan förenklat tolkas som, röd visar felsiska bergarter, grön visar intermediär-mafiska bergarter, gul visar vulkaniter, ljus-brun visar äldre granitoid. Vita prickar visar porfyriska varianter. Svarta linjer visar lokala deformationszoner.

2.5 Geokemiska aspekter

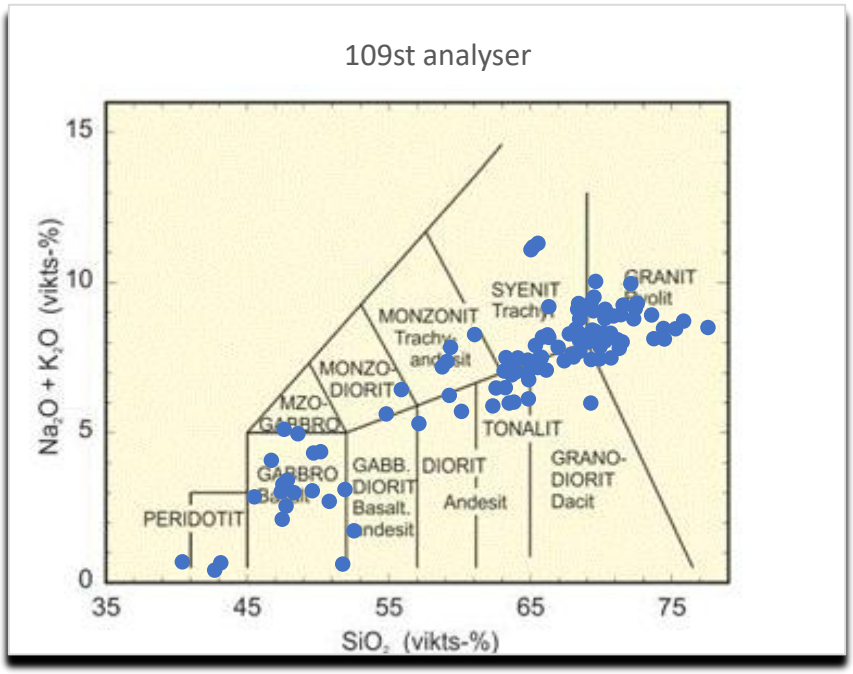
Av de 109 tillgängliga kemanalyserna skapas diagram (se fig. 15–29) för att undersöka helhets karaktären hos ursprunglig magma. I REE-diagrammen (se fig. 29–31) används de 20 tillgängliga mer kompletta analysvärdena. Figur 15, 17, 18, 19 används för klassificering av magma. Figur 16 används för klassificering av bergarter utifrån kemisk sammansättning. Figur 20–28 används för att visa magmans förändring med ökad kiselhalt. Figur 29–31 används för att undersöka magmans förändring kopplat till olika faser.

I Figur 15 plottas den totala mängden alkalier ($K_2O + Na_2O$) mot innehållet av kisel (SiO_2). Detta möjliggör delning mellan alkalin respektive subalkalin karaktär. Figuren antyder två olika trender en alkalin och en subalkalin.



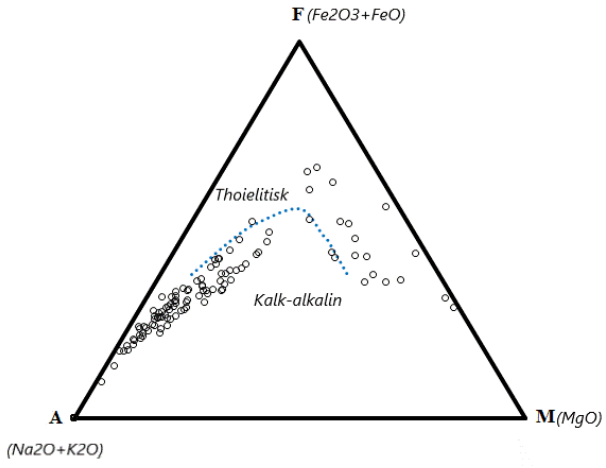
Figur 15, visar de 109st analyserna uppdelade i alkalina respektive subalkalina.

I figur 16 plottas den totala mängden alkalier ($K_2O + Na_2O$) mot innehållet av kisel (SiO_2) i ett TAS (Total Alkali vs Silica) diagram. Det är då möjligt att klassificera bergarter utifrån kemanalyser vilket möjliggör klassificering av både intrusiva och extrusiva bergarter. Det visas även i denna figur (jmr. Fig. 15) en uppdelning i två trender av magma serier.

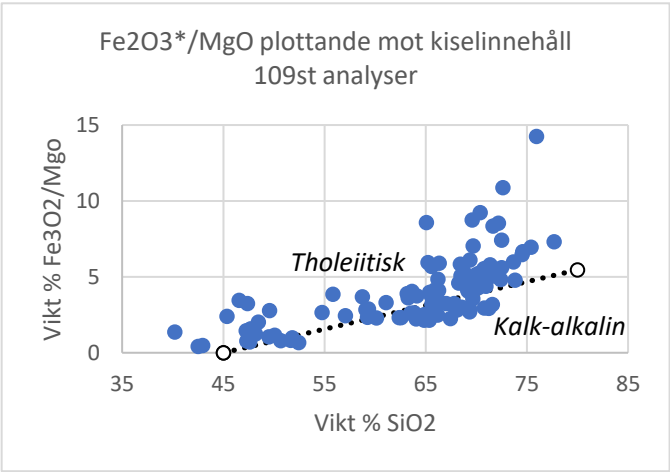


Figur 16, visar analysvärden plottade i ett TAS-diagram, gemena anger extrusiva bergarter, versaler anger intrusiva bergarter. (källa: Le Maitre et al., 1989)

I figur 17 plottas de 109 analysvärdena i ett AFM-diagram för att möjliggöra klassificering mellan Tholeiitisk och Kalk-alkalin magma. I figur 18 används ett alternativt diagram för denna klassificering. I figurerna går att utläsa två olika trender, en mot tholeiitisk magma och en mot kalkalkalin. I figur 18 används en alternativ tolkning av magman, i detta diagram antyds att magman skulle vara huvudsakligen tholeiitisk, vilket beror på andra gränser i diagrammet. Det ska även beaktas att i fig. 18 tas inte mängden alkalier som ingår med i bedömningen.

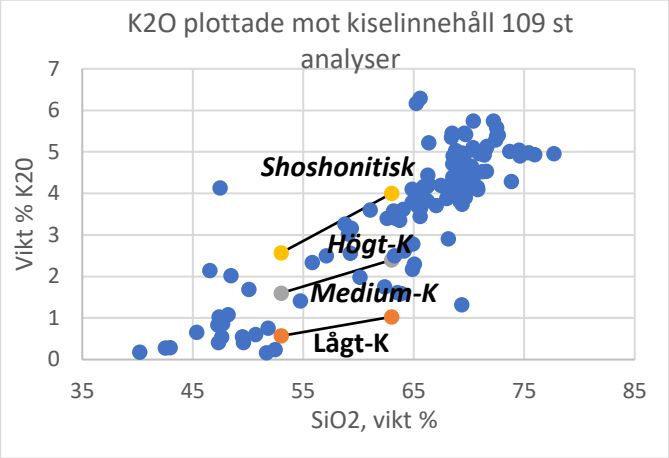


Figur 17, AFM diagrammet visar 109st analyser uppdelade mellan tholeiitisk och kalkalkalin magma



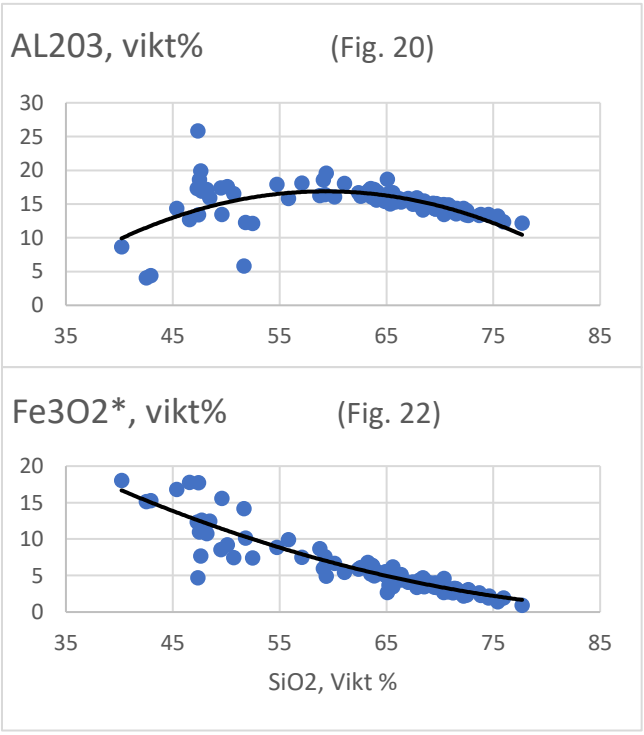
Figur 18, visar 109st analyser uppdelade mellan tholeiitisk och kalkalkalin magma

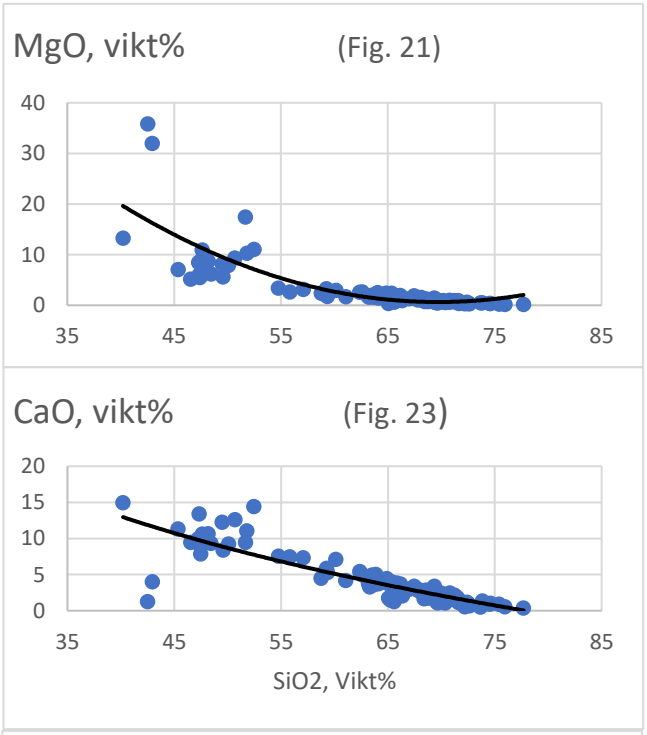
En plottning av K_2O mot kiselhalten, figur 19, görs för att analysera K halter i intervallet 53–63 vikt % kisel, se figur 19. Detta möjliggör bestämning av hög-, medium- eller låg- K-halt, eller shoshonitisk karaktär. I figur 19 visas att K-halten kan klassas som hög till medelhög samt att några analysvärden ligger nära till shoshonitisk karaktär.

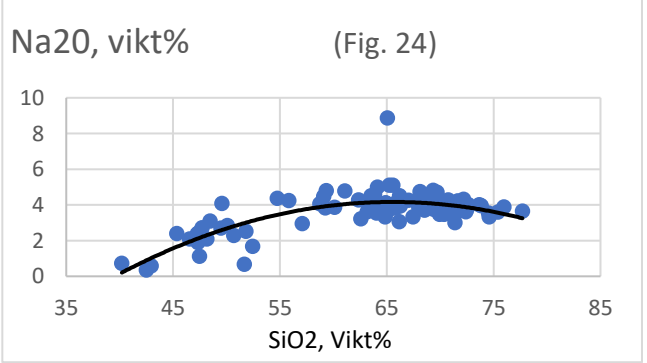


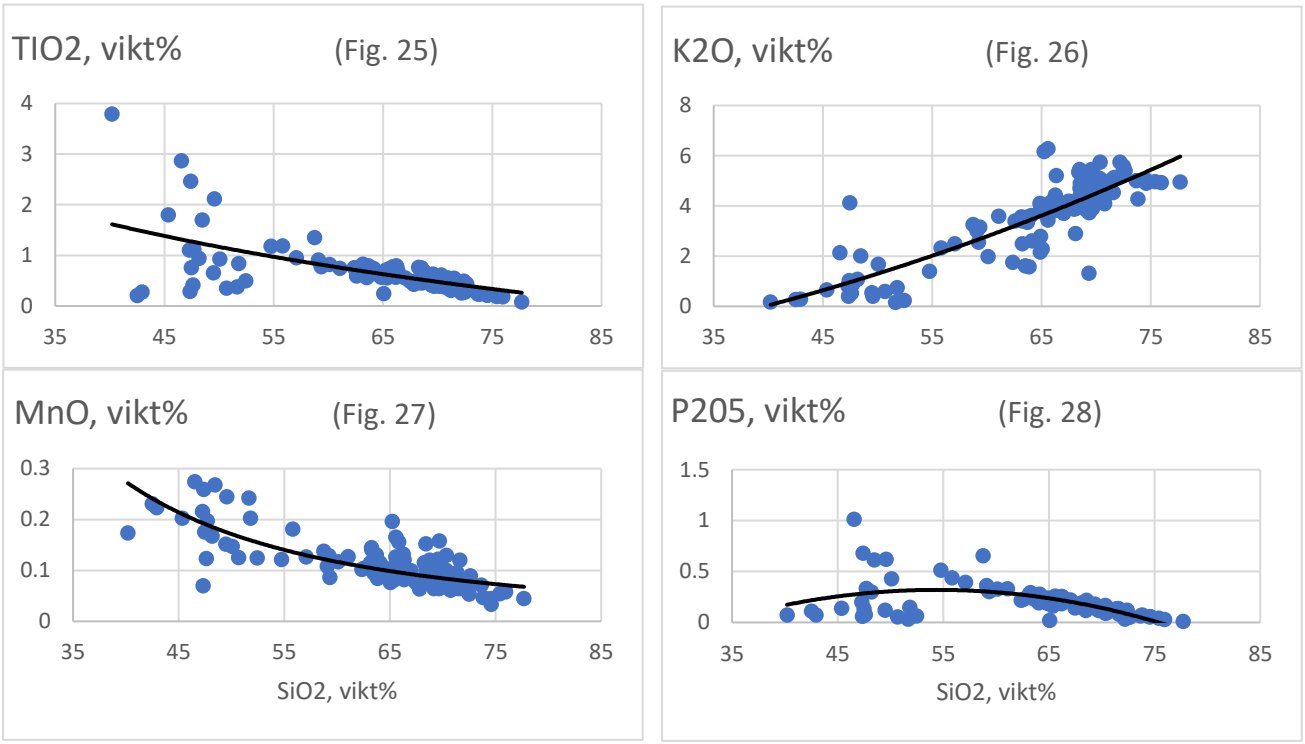
Figur 19, visar de 109st analyser uppdelade efter (K-innehåll (53–63 % SiO2)

Genom att använda variationsdiagram (Haker-diagram) analyseras magmans förändring med ökad halt av kisel, se figur 20–28. Böjda kurvor kan förklaras genom kristallfraktionering medan raka kurvor antyder magmablandning. Figur. 20, 21, 24, 27 och 28 visar kurvor där troligtvis kristallfraktionering är den dominerande processen för förändring. Trendlinjer i diagrammen har tagit fram med hjälp av kurvanpassning i Microsoft Excel.



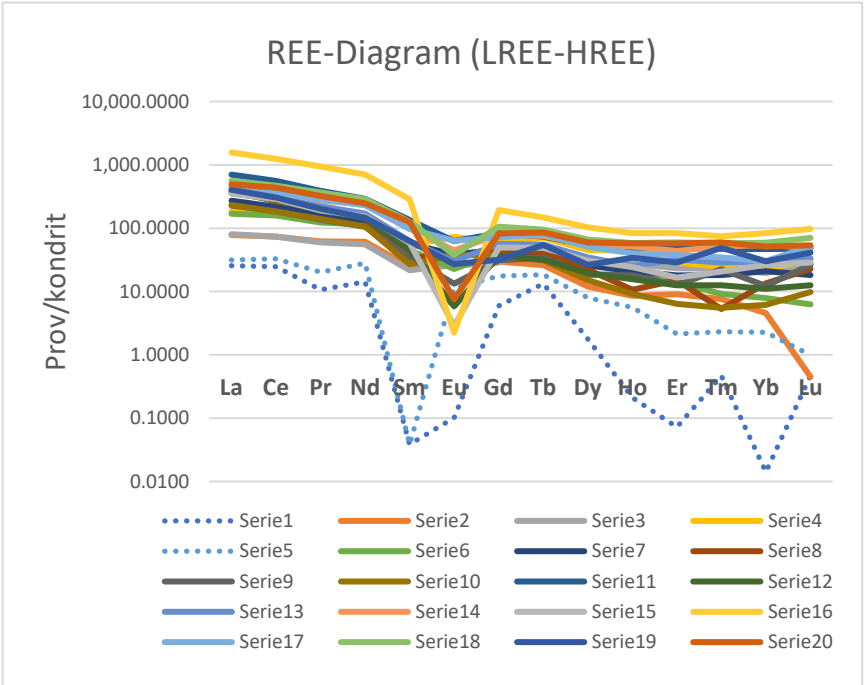






Figur 20–28, visar magmans förändring med ökat kiselinnehåll.

REE-diagram, figur 29, med nyttjande av 20st analysdata, se bilaga 3, sker genom att plotta REE koncentrationer dividerade med REE koncentrationer för kondrit värden (normalisering) och placering av REE-metaller (sällsynta jordartsmetaller) i ökande atomvikter LREE (lätta) till HREE (tunga) vänster till höger på x-axel. På y-axel används logaritmisk skala. I figur 29 går det att se en förstärkning i LREE som ger liknande kurvor i alla prover (V9401-v9420), utom två (V9403, V9406). Troligtvis visar det på ett petro genetiskt samband mellan de övriga proverna.



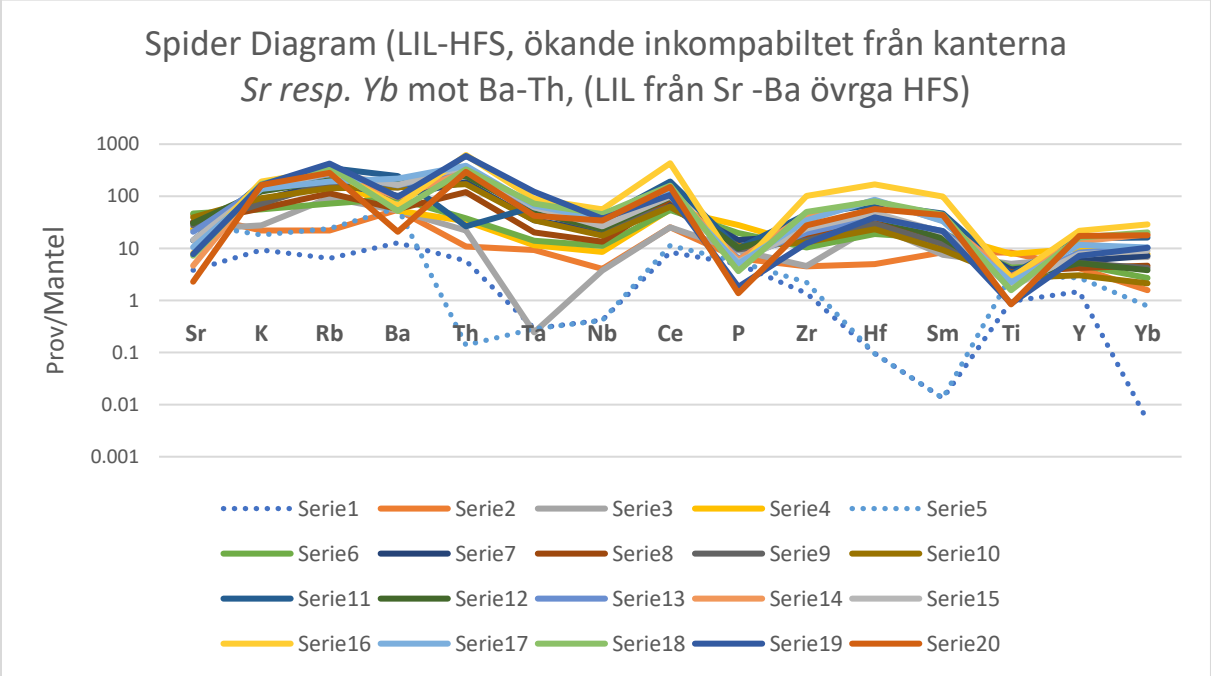
	Vikt % SiO_2	ProvNr
Serie 1	42.5	V9403
Serie2	45.4	V9407
Serie3	47.3	V9409
Serie4	48.5	V9410
Serie 5	49.5	V9406
Serie 6	50.1	V9405
Serie 7	59.2	V9416
Serie 8	62.4	V9415
Serie 9	64.9	V9411
Serie 10	64.9	V9417
Serie 11	66.4	V9420
Serie 12	67.0	V9404

Figur 29. Diagrammet visar REE koncentrationer normerade med kondritvärden (data från Sun, S.-s., McDonough, W.F., 1989). För provnummer se tabell 5.

Serie 13	69.4	V9414
Serie 14	69.6	V9402
Serie 15	70.0	V9401
Serie 16	70.7	V9412
Serie 17	70.8	V9408
Serie 18	71.6	V9413
Serie 19	75.4	V9418
Serie 20	76.0	V9419

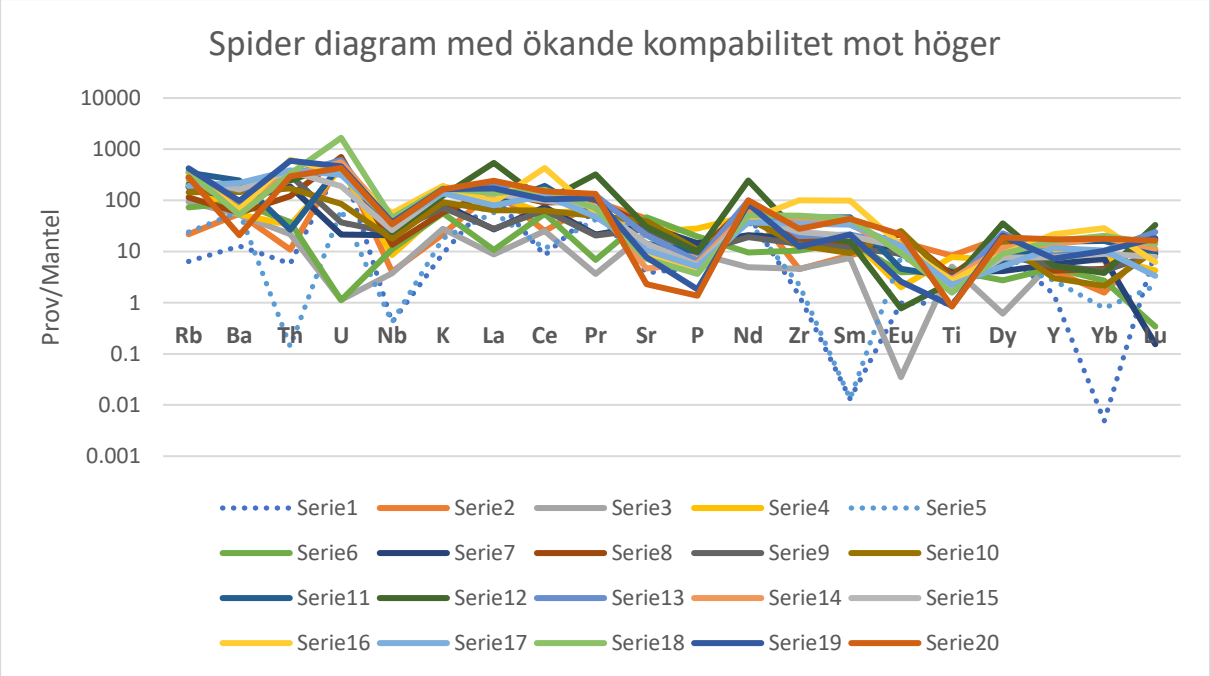
Tabell 5, visar kiselhalt, SiO2 (Vikt %) och bergart.

Spiderdiagram med en större mängd spårelement, se figur 30–31, med LIL (Large Ion Lithofile elements) till vänster och HFS (High Field Strength elements) till höger och ökad inkompabilitet mot Ba-Th. I dessa diagram sker normalisering mot primitiv mantel. I diagrammet 30 visas koncentration av fler ingående ämnen än REE. Det kan konstateras att V9403 och V9406 kraftigt avviker från de övriga men även V9407 och V9409 avviker. Det kan därför konstateras att de troligtvis saknar petro-genetiskt samband med de övriga serierna. V9401, V9408, V9412, V9413. Försvagningar visas i P, Nb, Ti.



Figur 30. Diagrammet visar spårämnes koncentrationer normerade med mantelvärden (primitiv mantel) (data från Sun, S.-s., McDonough, W.F., 1989). För provnummer se tabell 5.

Ett alternativt spider diagram, se figur 31, är där elementen är ordnade i ökad kompabilitet mot höger. I detta diagram kan konstateras att V9403 & V9406 avviker mest från de övriga och ska kanske ses som om de inte är ett petrogenetiskt samband. V9409 & V9405 och avviker också till viss del från de övriga. Det kan ses en viss förstärkning i LIL-element och LREE och lägre förstärkning i mer kompatibla element (mot höger).



Figur 31. Diagrammet visar spårämnes koncentrationer normerade med mantelvärden (primitiv mantel) (data från Sun, S.-s., McDonough, W.F., 1989). För provnummer se tabell 5.

3. Diskussion

Undersökningsområdet söder om Virserum i östra Småland har studerats i syfte att karaktärisera bergarter, mineraler och magmatiska bildningsmiljöer samt grad av metamorfos och dess påverkan på bergarterna. Undersöka bildningen av området och eventuella skillnader i ursprungsmaterial samt om det är möjligt att finna stöd för hypotesen två olika bergartssviter.

Det är stor spridning i funna bergarter från berggrundsprover, från graniter till mafiska bergarter. Bergarterna visar faneritisk till afanitisk textur. Det har även hittats prover som kan beskrivas som gångporfyrer och porfyrer. Vissa prover innehåller strökorn i olika mängder och porofyrklaster (används som benämning på stora kristaller), vissa större än 1cm. Se tabell 1, 2 och bilaga 1. Mikroskoperingen visar också på stor spridning i bergarter från olivin gabbro till granit samt andesit till ryolit. Inga undersökta tunnslip har funnits med stor andel opaka, den opaka andelen var i storleksordningen ett par procentenheter. I tunnslip ”Skälsbäck” där andelen mörk fin matris är 80–85% av halva tunnslipet. Också bland undersökta tunnslip har det funnits porfyrisk textur. Se tabell 3 och bilaga 2. Den stora spridningen i utseende och karaktär i berggrundsprover och tunnslip indikerar på stora skillnader i magmatiska bildningsmiljöer.

Beskrivning och karaktäriseringen av 75st berggrundsprover visar att den synliga graden av tecken på deformation är låg då synlig foliering endast hittas i några få av berggrundsproverna. De synliga tecknen i berggrundsprover utsatta för deformation är också beroende på bergarters förmåga att motstå deformation (Brodie et al., 1985).

Den undulösa utsläckning (undulatory extinction) som visas, dvs mörka band, ”utsläckningsband” som roterar över kvarts mineralkorn vid rotation av tunnslipen i kors polariserat ljus beror troligtvis av tidigare deformation av bergarten (West, 1991). Detta har skett genom tektonisk aktivitet i magmatiska och metamorfa bergarter (Blatt et al., 2001).

Den stora spridningen i karaktär och utseende som berggrundsproverna och tunnslip visar på stora skillnader i magmatiska bildningsmiljöer och kemi. Detta kan illustreras i ett TAS diagram, se fig 16, som visar klassificering av bergarter med hjälp av kemisk sammansättning, detta diagram tas fram genom att använda tillgängliga 109st kemiska analysvärden. Analysvärden visar på stor spridning i kisel innehåll, från 40% till 77%. Bergarterna kan därigenom sägas variera från ultramafisk, vikt% SiO_2<45% till felsisk, vikt% SiO_2> 66%. Den stora spridningen i kiselinnehåll (gabbro till granit) och motsvarande vulkaniter är typisk för kalkalkalina bergarter (Klein et al, 2017). 24st av analyserna visar ett Al2O3 ≥ 17 vikt % vilka skulle kunna kopplas till ”high-alumina basalts” (högt innehåll av aluminium) Detta är ofta typiskt för subduktions zoner (Winter, 2010, Klein et al., 2017).

Genom att ta fram ytterligare diagram avseende geokemiska aspekter görs ett försök att karaktärisera helhetskaraktären av magman (magmaserien) som skapade bergarterna. I figur 15 görs ett försök att karaktärisera magman mellan alkalin eller subalkalin karaktär. I diagrammet (figur 15) är ett 20-tal analys värden ej att betrakta som subalkalina utan som alkalina, det innebär dock att drygt 80% av analysvärdena är att betrakta som subalkalina.

Den andra trenden i figur 15 dvs alkalin magma. Kan ofta sägas ha ett annat ursprung än subalkalin, Ofta är ursprunget djupare ner i manteln (Klein et al, 2017). Två prov V9513 och V9818M avviker mest från den subalkalina magma karaktären. V9513 har den högsta halten av K_2O av alla prov. Skulle eventuellt kunna kopplas till Småland-Värmlands bältet och dess höga K-halter. Alternativt är dessa prover med de övriga analys värden som avviker med höga värden för alkalier en del av en separat magma serie.

I figur 17 görs en ytterligare uppdelning av den subalkalina magman mellan tholeiitisk och kalk-alkalin. Även i detta diagram är det ett 20-tal analysvärden som ej är att betrakta som kalk-alkalina, det innebär att ca 80% av analysvärdena är att betrakta som kalk-alkalina. En kalk-alkalin magmaserie är typisk för de tektoniska förhållande som råder vid subduktion (Winter, 2010; Klein et al., 2017). I figur 18 används en alternativ tolkning av magman, i detta diagram antyds att magman skulle vara huvudsakligen tholeiitisk,

Hur som helst torde det vara möjligt att tolka stora delar av magman till en subduktionszon då tholeiitisk magma kan kopplas till ett flertal tektoniska händelser däribland magmaplymer (Winter, 2010; Klein et al., 2017). De andra delarna av magman skulle eventuellt kunna vara möjliga att tolka till en annan bergartssvit.

I figur 19 visas att K-halten kan klassas som hög till medelhög samt att några analysvärden ligger nära till shoshonitisk karaktär (Morisson, 1980; Winter, 2010). Det har noterats sedan tidigare att närliggande bergarter i Småland-Värmlandsbältet (SVB) har höga K-halter (Högdahl et al., 2004).

Figur 15, 18 och 19 visar tillsammans på att det finns delar av magman med alkalin och tholeiitisk karaktär i närheten av shoshonitisk karaktär. Det skulle kunna tyda på koppling till unga öbågar ((Morisson, 1980). Det skulle därför kunna antyda att magman har resulterat i två bergarts sekvenser, en från öbåge och en från subduktion vid kontinentalkant.

När den ursprungliga magman som skapas blir förändrad med tiden är kristallfraktionering (crystal fractionation) magmablandning (magma mingling and mixing) och assimilering viktiga processer (Winter 2010; Klein et al., 2017). Zonering är ett resultat av förändringar i kristallisationsförhållande under påbörjad kristallisation (Winter 2010; Klein et al., 2017). Detta observerades troligtvis i tunnslip (V9923). Ofta sker denna förändring (utveckling) av magman genom en kombination av kristallfraktionering och assimilering (Kelemen, 1994; Winter, 2010; Klein et al., 2017). I subduktions relaterade miljöer kan den kombinationen vara särskilt viktig (Kelemen, 1994).

Genom att studera den kalkalkalina magmaserien med avseende på respektive oxid av de huvudsakliga oxiderna (Al_2O_3, MgO, $Fe_2O_3^*$, CaO, Na_2O, TiO_2, K_2O, MnO och P_2O_5 i dess utveckling och mognad (förändring), se figur 20-28 med ökat kisel (SiO_2) innehåll s.k. variations diagram (Haker diagram), kan konstateras att ”trendlinjer” i kurvorna inte är ”raka” utan böjda. Troligtvis visas det en kombination av ovan kristallfraktionering och blandning av magmor i kurvorna. Al-, Mg-, Na-, Mn-, P- oxider. (fig. 20, 21, 24, 27, 28) visar kurvor där troligtvis kristallfraktionering är den dominerande processen. Det är där för troligt att dessa magmor ger bergarter med lägre innehåll av mineraler innehållande ovan element. Det skulle

således vara möjligt att sammansättning varierar med avstånd från ursprungliga magmakälla samt att olika bergartssviter har olika ingående mineraler.

Genom ovan nämnda processer så uppkommer det spridning i bergarters sammansättning mellan olika typer av subduktionszoner, exempelvis märks det i Oskarhamn-Jönköpingsbältet (mafisk-intermediär) och Småland-Värmlandsbältet (rik på kvarts & fältspat) (Mansfeld, 2007; Mansfeld &Rantakokko, 2007). Det finns ofta en större spridning av magma karaktärer i kontinentalbågar jämfört med öbågar (Winter, 2010) Denna succesiva utveckling (förändringen) av den ursprungliga magman ger således ytterligare möjligheter för fler magmatiska bildningsmiljöer.

REE (Rare Earth Elements) eller ”sällsynta jordartsmetaller”, har speciella egenskaper. Exempelvis anses de som inkompatibla och har minskande jonradie med ökad massa. REE (grundämne nr 57–71 kan delas in i LREE (lätta element) och HREE (tunga element). Förändringen i jonradie leder till att HREE är tydligt mindre inkompatibla än LREE (Albarède, 2009; Winter, 2010). Inkompatibel innebär att ämnen koncentreras i smälta jämfört med solid fas, kompatibel innebär att koncentrationen sker i solid fas.

I figur 29, bör noteras att för höga kisel halter (graniter) finns mer komplicerade REE-fördelningar (Winter, 2010), i graniter är det mycket svårt att göra tolkningar i geokemiskt perspektiv (Albarède, 2009). Alla kurvor visar en koncentration i LREE jämfört med HREE, men med vissa skillnader. V9404, V9401, V9412, V9419 visar alla tydliga negativa anomalier i Eu värden vilket skulle kunna antyda utfällning av plagioglas (Albaréde, 2009; Winter, 2010; Kacmaz, 2016). Låga HREE-halter kan antyda koncentration i granat (Winter, 2010; Albarède) men kanske även i ortopyroxen och hornblände. Den allmänt visande förhöjningen i LREE antyder att ursprungsmaterial kan härstamma från utarmad mantel (Albarède, 2009: Winter, 2010; Stracke, 2015) och kanske även från anrikad mantel genom blandningar av ursprungsmaterial (Winter, 2010) Det innebär att mantel- och skorpmaterial tillsammans troligtvis utgör ursprungsmaterial.

I det utökade REE-diagrammet (Spider-diagram), se figur 30. I diagrammet visas koncentration av fler ingående ämnen än REE. Det ger möjlighet till ytterligare analys. Med högre innehåll av kisel (SiO_2) visar generellt tydligare försvagning i P och Ti. Detta skulle kunna tolkas som fraktionering i ex apatit och titanit. De försvagningar i P, Nb, Ti som visas skulle kunna kopplas till subduktions relaterad miljö (Kacmaz, 2016). En förstärkning i värden i kurvans ”mittersta del” det vill säga de mest inkompatibla elementeten skulle kunna tolkas som en förstärkning av en fas med hög vatten halt, typisk för subduktionszoner (Winter, 2010; Zheng, 2019). Den tolkning kan göras då LIL elementen anses mobila och koncentreras i ”vattenhaltiga fluider” jämfört med orörliga HFS elementen. Källan till detta vatten på mycket stort djup kommer troligtvis från vattenhaltigt bottensediment och den ”subduerande” oceanplattan (Mansfeld et al, 2007; Winter, 2010). Vattenhalten har stor inverkan på smälttemperatur av ingående material (Winter, 2010; Klein et al, 2017) och därför stor betydelse för de pågående komplicerade och komplexa geokemiska processerna kopplade till subduktionszoner (Zheng, 2019).

I figur 31 tas ett större antal element (spårämnen) med än i figur 30. Elementen placeras i sådan ordning att kompabiliteten ökar åt höger, här tas endast fraktionering i smälta (partial melting) och ej vattenlösligheten hos LIL-elementen i beaktan (Winter, 2010). liknade figur 29 och 30, vilket kan kopplas till subduktionsmiljöer med en ”vattnig” subducerande platta. (Winter, 2010; Zheng, 2019). Försäkring i U (och andra element) kan kopplas till dess vatten löslighet (Winter, 2010, Zheng, 2019). Försvagning i Nb skulle kunna förklaras av överblivna mineral från förstärkt mantel (Winter, 2010). Det skulle kunna tolkas som förstärkning av LREE och LIL jämfört med HREE tyder på att material kommer från den lägre delen av manteln (Zheng, 2019).

Sammanfattningsvis kan konstateras att V9403 (peridotit) & V9406 (gabbro) avviker kraftigast från de andra proverna i samtliga REE-diagram, se fig. 29–31. Detta skulle kunna tolkas som det saknas petrogentiskt samband till de övriga proverna. Vilket skulle kunna tyda på en egen bergartssekvens då V9403&V9406 även avviker från övriga undersökta prover genom dess låga koncentration av Sm.

Graden av metamorfos hos mafiska bergarter kan uppskattas med hjälp av metamorfa facies (Winter, 2010; Marshak, 2015; Klein et al., 2017). Olika områden (facies) av tryck-temperatur kan karaktäriseras av typiska mineraler. I grönskiffer hittas typiskt klorit med karaktäristisk grönaktig färg, men även aktionolit och epidot kan visa grön färg (Winter, 2010) därav namnet grönskiffer. Utförd undersökning i petrografiskt mikroskop (polariserat ljus) visar att klorit hittades i 19st tunnslip. En typisk mineraluppsättning i grönskiffer är klorit+albit+aktionolit+epidot+kvarts (Winter, 2010; Klein et al., 2017). Aktinolit är jämfört med hornblände aluminiumfattig och ljus i färgen, vilken gör att den kan vara svår att identifiera. Aktinolit hittades i ett tunnslip (V9902). I grönskiffer finns plagioklas endast som albit, skälet till detta är att kalcium varianten av plagioklas här omvandlas till epidot (Klein et al., 2017). Epidot hittades i 13st tunnslip, och tillsammans med klorit i 9st tunnslip. Plagioklas(albit)+klorit+epidot+kvarts hittades i 2st tunnslip (V0001, V9921).

Hos en bergart i amfibolitfacies karaktäriseras en typisk mineraluppsättning av plagioklas+hornblände med eventuellt kvarts och granat (Winter, 2010; Klein et al., 2017) och eventuellt biotit och/ eller klorit vid lägre grad inom amfibiol-facies (Winter, 2010). Den plagioklas som finns i amfibolit kan ha olika sammansättningar men är svår att bestämma i tunnslip då tvillingar oftast saknas på grund av den högre metamorfos graden (Klein et al., 2017), detta observerades också i denna studie. Hornblände hittades i 15st tunnslip, hornblände och plagioklas hittades i 7st, tunnslip. Hornblände+plagioglas+kvarts hittades i 3st tunnslip. Hornblände+plagioklase+kvarts ±biotit ± klorit, hittades i 2st tunnslip (V9908, V9916A). Inga tunnslip innehållande granat kunde identifieras. Det skall betonas att gränserna mellan olika facies inte är strikta utan ska ses som breda gränser på grund av de komplexa reaktionerna som separerar dem (Klein et al., 2017). De observerade sammansättningarna tyder på att ett flertal av de 37st undersökta tunnslipen visar en metamorf bergart av graden grönskiffer eller amfibol, vissa tunnslip tyder på att de är av lägre grad av amfibol-facies. Det ska dock beaktas att hornblände och plagioklas kan vara primära magnetiska exemplvis i en diorit eller tonalit. Det kan därför vara problematiskt att avgöra om hornblände+plagioklas är en produkt av amfibolitmetamorfos. Figur 14 visar en uppskattning

av metamorfos graden och koppling till geografisk spridning, 5st av tunnslipen saknade mineral för att kunna avgöra metamorf facies. 16st tunnslip har tolkats som grönskiffer och 16st som amfibolit. Att dela upp mellan 2 olika grader dvs. grönskiffer respektive amfibolit skulle möjligtvis kunna tolkas som två olika bergartssekvenser (Mansfeld et al., 2007).

De ultra mafiska tunnslipens (V0003, V004) uppvisande av en relativ stor andel av serpentin tyder på att viss grad av metamorfos förekommit. Vid regional metamorfos av lägre grad utav ultra mafiska bergarter kommer bergarten bestå av serpentin. Det kan noteras att redan vid mycket låg grad av metamorfos sker serpentinomvandling om vatten finns tillgängligt. Vid grönskiffer facies skulle en typisk peridot kunna bestå av nästan ren serpentin (Winter, 2010). Det troliga i dessa tunnslip är att metamorfosen varit mycket låg då olivin finns kvar.

Sericit omvandling och klorit kan ses som vanliga och viktiga indikatormineral av låggradig metamorfos (Haldar, 2020). Denna omvandling kan ses som vanligt förekommande hos felsiska mineral genom hydrotermala processer (Que et al., 1996).

Innehållet av titanit i metamorfa bergarter indikerar på en hög calcium- och titanhalt som exempelvis meta basalter (Klein et al., 2017). Det är dock möjligt att titanit är en primär magmatisk fas utan metamorf påverkan.

3.1 Problem och felkällor

Denna studie ska ses som ett första försök att försöka sammanställa material från tidigare gjorde fältundersökningar. Det befintliga materialet har vissa brister, exempelvis avseende kompletta serier av material och analysvärden. Det saknas exempelvis isotop värden. För ingående spårämnen i ett mer komplett avseende finns bara för ett 20-tal analyser. För vissa spårämnen saknas analys värden ex Pb och Cs. Det har valts att redovisa kurvor för samtliga nivåer av kiselhalter i REE-diagram fast den högre halten av kisel i graniter påverkar REE mönster, dessa kurvor ska därför ses som ett komplement. Berggrundsprover har i vissa fall haft samma märkning men skilt sig ut i deskriptivt avseende, hos vissa prover har märkning varit svår att avläsa och koordinater saknas för flera analysplatser. Det har inte hittats uppsättningar av berggrundsprover, tunnslip och kemiska analysdata för en specifik märkning av berggrundsprov. De metoder som har använts har valts för att passa med tillgängligt material i syfte att göra en sammanställning genom att använda sig av geologiska, petrologiska och geokemiska metoder. Det har inte varit möjligt att göra isotop analyser avseende ursprungsmaterial, då isotopvärden saknas. Den deskriptiva beskrivningen av berggrundsprover är av naturliga skäl inte strikt definierad samma sak gäller angående mikroskoperingen. Det kan därför förekomma viss spridning i resultaten beroende på utföraren av undersökningen, exempelvis avseende färger, kornstorlek och %-satser ingående mineral. Dessa undersökningar ger trots det en tydlig indikering vad befintligt material innehåller och vilken karaktär och utseende som finns. Det geokemiska analyserna ger ett någorlunda tydligt underlag för att på ett mer tydligt definierat sätt kunna göra tolkningar, även om ett mer och större systematiskt underlag och kanske ett ännu tydligare underlag varit önskvärt. Sammanfattningsvis ger de valda metoderna tillsammans med tillgängligt material och resultat en bild av de grundläggande styrande och troliga geologiska och geokemiska händelser som skett i området.

4. Slutsatser

Den stora spridningen av berggrundsprovernas utseende, karaktär och textur indikerar stor skillnad i magmatiska bildningsmiljöer. Basalt till ryolit och gabbro till granit. Det har hittats faneritisk till afanitisk textur, samt porfyrer och gånporfyrer. Undersökning av analysvärden visar att huvudkaraktären hos magman som skapade bergarterna visar på en kalk-alkalin karaktär i ett AFM-diagram. vilket är typisk för subduktionszoner. Det finns även en trend som visar på alkalin och tholeiitisk karaktär. Magman har kalium halt från medium- till hög nivå, några analyser är i gränsen till shoshonitisk karaktär. Den stora skillnaden i kiselinnehåll skulle kunna tyda på magmablandning (felsisk-mafisk) och olika grad av uppsmält kontinentalskorpa i den magma som skapade bergarterna.

Genom observationer i petrografiskt mikroskop kan det konstaterats att de undersökta bergarterna i gränszonen mellan det Transskandinaviska bältet (TMB) och Oskarshamn-Jönköpingsbältet (OJB) har utsatts för metamorfos av låg till medelhög nivå, grönskiffer, eventuellt amfibolit. Flertalet av proverna visar mineraluppsättningar motsvarande grönskiffer facies till lägre grad av amfibolit facies, Det ska dock betonas att amfibolit facies grundas på mineral uppsättningen hornblände+plagioklas, vilket kan vara primära magmatiska faser. inget innehåll av granat har hittats. Med reservation för ovanstående, kan av de 37st undersökta tunnslipen 16st klassificeras som grönskiffer-facies och 16st som amfibolit-facies. 5st tunnslip saknar mineral som kan tolkas. Det skulle eventuellt kunna tolkas som två bergartssekvenser. Även låg grad av deformation är trolig då undersökningen av berggrundsprover visar få tecken på synlig deformation och då endast genom foliering i ett fåtal prover. Det finns tecken på sekundära omvandlingar såsom, serpentin i ultra mafiska prover och sericit omvandling i felsiska mineral, vilket kan indikera låg grad av metamorfos.

Det har även hittas innehåll av titanit vilket indikerar på hög halt av kalcium och titan, som exempelvis i en metabasaltisk bergart, dock är det fullt möjligt att titanit kan vara primär.

Sammanfattnings kan det noteras att det utifrån undersökt material inte går att med säkerhet avgöra om det rör sig om 2st bergartssviter även om det skulle *kunna vara möjligt* utifrån magmaserier och skillnader i grad av metamorfos avseende geografisk spridning.

4.1 Slutord

Jag vill tacka min handledare Joakim Mansfeld för tips, hjälp och synpunkter. Samt övriga som kommit med synpunkter och korrekturläsning i samband med genomförandet av detta självständiga arbete om 15Hp inom geologi vid Stockholm universitet, våren 2022.

5. Referenser

Albarède, F., 2009, Geochemistry An Introduction, 2nd Edition: Cambridge, Cambridge University Press.pp 7-20, 34-48, 229-232

Andersson, U.B., Rutanen, H., Johansson, Å., Mansfeld, J., Rimša., A., 2007, Characterization of the Paleoproterozoic Mantle beneath the Fennoscandian Shield: Geochemistry and Isotope Geology (Nd, Sr) of ~ 1.8 Ga Mafic Plutonic Rocks from the Transscandinavian Igneous Belt in Southeast Sweden: International Geology Review, 49:7, pp 587–625 https://doi.org/10.2747/0020-6814.49.7.587

Blatt, H., Tracy, R.J., Owens, B.E., 2006, PETROLOGY: Igneous, Sedimentary, and Metamorphic, 3rd Edition: New York, W.H Freeman and Company, pp 249-250.

Brodie, K.H., Rutter E.H., 1985, On the Relationship between Deformation and Metamorphism, with Special Reference to the Behavior of Basic Rocks. In: Thompson A.B., Rubie D.C. (eds) Metamorphic Reactions. Advances in Physical Geochemistry, vol 4, pp 138-179 Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-5066-1_6

Gaál, G., Gorbatschev, R., 1987, An Outline of the precambrian evolution of the baltic shield: Precambrian Research, Volume 35, 1987, pp 15-52, https://doi.org/10.1016/0301-9268(87)90044-1

Haldar, S.K., 2020, Chapter 7 – Metamorphic rocks: Introduction to Mineralogy and Petrology (Second Edition), p 269-289, https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820585-3.00007-7

Högdahl, K., Andersson, U.B., Eklund, O. (eds.), Andersson, U.B. et al., 2004, Geological Survey of Finland, Special Paper 37

Kacmaz, H., 2016, Major, trace and rare earth element (REE) characteristics of tuffs in theYenice-Saraycık area (Demirci, Manisa), Western Anatolia, Turkey: Journal of Geochemical Exploration, 168 (2016) 169-176, http://dx.doi.org/10.1016/j.gexplo.2016.06.014

Kelemen, P.B., 1994, Assimilation of Ultramafic Rock in Subduction-Related Magmatic Arcs: The Journal of Geology 94, no. 6 (1986): 829–43. http://www.jstor.org/stable/30071586.

Klein, C., Philpotts, A., 2017, EARTH MATERIALS, introduction to Mineralogy and Petrology 2nd Edition: Cambridge, Cambridge University Press. pp 159-195, 241-331, 415-470

Le Maitre R.W., Bateman P., Dudek A., Keller J., Lameyre J., Le BasM.J., Sabine P.A., Schmid R., Sorensen H., Streckeisen A.,Woolley A.R. & Zanettin B. 1989: A classification of igneousrocks and glossary of terms: Recommendations of the Interna-tional Union of Geological Sciences Subcommission on the Sys-tematics of Igneous Rocks. Blackwell Scientific Publications,Oxford, U.K

Lundqvist, J., Lundqvist, T., Lindström, M., Calner, M., Sived, U., 2011, SVERIGES GEOLOGI, FRÅN URTID TILL NUTID 3:e upplagan: Lund, Studentlitteratur AB, sid.15–16, 37–41, 78–85, 165–176, 274–275.

Mansfeld, J., 1996, Geological, geochemical and geochronological evidence for a new Paleoproterozoic terrane in southeastern Sweden: Precambrian Research 77 (1996) pp 91-103

Mansfeld, J., Beunk, F.F., Barling, J., 2005, 1.83—1.82 Ga formation of a juvenile volcanic arc—implications from U—Pb and Sm—Nd analyses of the Oskarshamn-Jönköping Belt, southeastern Sweden: GFF, 127:2, pp 149-157, https://doi.org/10.1080/11035890501272149

Mansfeld, J., 2007, Introduktion till Smålands berggrund och exkursionsguider för Viserumsområdet och centrala Småland: Institutionen för geologi och geokemi Stockholms universitet, september 2007.

Mansfeld, J., Rantakokko, N., 2007, Berggrundskarta Virserum. Opublicerad karta med berggrunds- och lokalbeskrivningar.

Marshak, S., 2005, EARTH: Portrait of a planet, 5TH Edition: New York, W.W Norton & Company, pp 152-181, 233-259

Morrison, G. W., 1980, Characteristics and tectonic setting of the shoshonite rock association:Lithos, Volume 13, Issue 1,1980,pp 97-108, https://doi.org/10.1016/0024-4937(80)90067-5.

Möller, C., Andersson, J., 2018, Metamorphic zoning and behaviour of an underthrusting continental plate: J Metamorph Geol. 2018; 36:567–589, https://doi.org:/10.1111/jmg.123

Naturhistoriska riksmuseet, https://www.nrm.se/faktaomnaturenochrymden/geologi/bergarterochmalmer/metamorfabergarter.1602.html,

Que, M., Allen, A.R., 1996, Sericitization of plagioclase in the Rosses Granite Complex, Co. Donegal, Ireland: Mineralogical Magazine, December 1996, Vol. 60, pp 927-936.

Slabunov, A.I., Lobach-Zhuchenko, S.B., Bibikova, E.V. et al., 2006, The Archean nucleus of the Fennoscandian (Baltic) Shield: Geological Society, London, Memoirs, 32, 627-644, 1 January 2006, https://doi.org/10.1144/GSL.MEM.2006.035.01.

Stracke, A., 2015, Depleted Mantle. In: Harff J., Meschede M., Petersen S., Thiede J. (eds) Encyclopedia of Marine Geosciences. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6644-0_11-4

Sveriges geologiska undersökningar (SGU), Kartvisare, https://apps.sgu.su/kartviare/, hämtad jan 2022.

Sun, S.-s., McDonough, W.F., 1989, Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts:implications for mantle composition and processes: SAUNDERS, A. D. & NORRY, M. J. (eds), 1989, *Magmatism in the Ocean Basins*, Geological Society Special Publication No. 42, pp. 313-345

West, G., 1991, An note on undulatory extinction of quartz in granite. Technical note: Q J Engng Geol V24, N1, 1991, P159–165, https://doi.org/10.1016/0148-9062(91)912

Wik, N.G., Bergström, U., Claeson, D. et al., 2003, Projekt Småland regionalt berg, i Delin, H., Red., Rapporter och meddelanden, v. 112: Sveriges Geologiska Undersökning, sid. 96–116.

Winter, J.D., 2010, Principles of Igneous and Metamorphic Petrology 2nd Edition: New Jersey, Pearson Education, Inc. pp 23-54, 135-182, 240-250, 323-376

Zheng, Y-F., 2019, Subduction zone geochemistry: Geoscience Frontiers,Volume 10, Issue 4, 2019, pp 1223–1254, https://doi.org/10.1016/j.gsf.2019.02.003.

Åhäll, K.I., Connelly, J.N., Brewer, T.S., 2002, Transitioning from Svecofennian to Transcandinavian Igneous Belt (TIB) magmatism in SE Sweden: Implications from the 1.82 Ga Eksjö tonalite: GFF, 124:4, 217-224, https://doi.org/10.1080/11035890201244217

Bilaga 1-Berggrundsprover

Prov nr:	*Märkning:*	*Beskrivning:*
3	9908(slip)	Granit, K-fältspat, strökorn (kvarts?, hornblände?)
4	P 3/2	Gabbro+ev klasts, plagioklas?
5	V0001	Intermediär-gabbro (mörk)
6	V0001?	Röd-vit, granit
7	V0002	Granit, strökorn, lätt deformerad, glimmer? foliering?
8	V0003	Mörk (Intermediär-mafisk)
9	V0004	Mörk (Intermediär-mafisk)
10	V0005	Intermediär-gabbro (mörk)
11	V000613	Granit, schist?
12	V0007	Granit, medel-grovkornig
13	V0008	Grovkornig granit med håligheter?
14	V13?	Granit, K-fältspat?
15	V20?	Granit, K-fältspat klasts
16	V22	Granit, K-fältspat, strökorn.
17	V9901	Strökornförande, (klasts), svag foliering
18	V9902	Granit-intermediär
19	V9903B	Granit,K-fältspat?
20	V9904	Röd-Svart, vulkanit ?
21	V9906B	Granit-intermediär
22	V9909B	Granit, K-fältspat, strökorn
23	V9910	Grandiorit?-intermediär
24	V9912A	Granit, K-fältspat?
25	V9914	Röd granit, grovkorning
26	V9914B	Granit
27	V9915B	Granit, finkornig
28	V9916	Gabbro
29	V9916	Intermediär-mafisk
30	V9917	Granit-intermediär
31	V9918	Gångporfyr
32	V9919	Granit, medel-grovkornig, brun enklav
33	V992?	Ljus granit
34	V9920	Gångporfyr
35	V9921?	Finkornig röd (granit) (felsisk)
36	V9921B	Granit (röd)
37	V9922	Grandiorit-granit, medel-grovkornig
38	V9923	Gångporfyr
39	V9923B	Porfyr, intermediär, K-fältspat, klasts
40	V9924	Gångporfyr med strökorn? (vita, röda)
41	V9925	Gabbro
42	V9925	Intermediär-mafisk
43	V997A	Granit, K-fältspat, hornblände?
44	VS1821	Granit-intermediär
45	VS9801	Intermediär, medel-grovkornig, K-fältspat klasts, kvarts?
46	VS9802	Granit, finkornig, mörka enklaver

47	VS9802TS	Granit, finkornig
48	VS9803	Gångporfyr, svart enklav, mycket strökorn
49	VS9803TS	Porfyr, K-fältspat, strökorn
50	VS9804	Granit, medel-grovkornig, ljusa områden (enklaver), kvars, plagioklas, K-Fältspat (hornblände)
51	VS9804TS	Granit, medel-grovkornig, K-fältspat, kvarts, plagioklas, hornblände.
52	VS9805	Intermediär, plagioklas, kvarts
53	VS9805TS	Intermediär, medel-grovkornig, plagioklas, kvarts
54	VS9806	Granit-intermediär, K-fältspat, kvarts, plagioklas, biotit/hornblände.
55	VS9806TS	Granit, medel-grovkornig, K-fältspat, plagioklas, kvarts (hornblände)
56	VS9807	Gångporfyr, K-fältspat, klasts > 1 cm
57	VS9807X	Porfyr, K-fältspat, klasts
58	VS9808	Granit, medel-grovkornig, kvarts, plagioklas, K-fältspat, strökorn
59	VS9809	Granit, grovkornig, K-fältspat, kvarts, plagioklas, hornblände/biotit
60	VS9810TS	Gångporfyr, Strökorn, K-fältspat, mörka ringar?
61	VS9811	Gångporfyr, K-fältspat, klasts
62	VS9812	Gabbro
63	VS9812TS	Diabas
64	VS9813	Gångporfyr, (svarta enklaver), K-fältspat ,klasts >1 cm
65	VS9814TS	Intermediär, plagioklas, kvarts
66	VS9815	Diabas
67	VS9815TS	Basalt
68	VS9816	Diabas(gabbro)
69	VS9817	Granit-intermediär, medel-grovkornig, kvarts, plagioklas, K-fältspat (klasts)
70	VS9818	Gabbro (diabas)
71	VS9818TS	Intermediär, finkornig, ljusa områden (enklaver)
72	VS9819TS	Granit, finkornig
73	VS9820	Granit, finkornig
74	VS9821	Gångporfyr, K-fältspat, ljusa områden (enklaver)
75	VS9821?	Granit, foliering, K-fältspat, kvarts, hornblände/biotit
76	VS9822	Porfyr, K-fält klasts > 1 cm, bruna enklaver, ljusa områden(enklaver).
77	VS9822TS	Intermediär, K-fältspat, klasts

Bilaga 2-Tunnslip

Prov nr:	***Märkning:***	***Beskrivning:***	***Innehåll(yta):***
3	Diabas, Tibro	Sericit omvandlat fältspat (plagioklas, ortoklas), Sericit omvandlat hornblände mot klorit	fältspat 45–55%, hornblände 45–55%
4	Gabbro, Skälsbäck	Sericit omvandlat fältspat, klorit omvandlat hornblände mot klorit	fältspat 45–55%, hornblände 45–55%
5	Granit, Bockaskögle	fältspat (mikrokline, ortoklas), kvarts, titanit, biotit, epidot, klorit	fältspat 35–40%, kvarts 35–40%, titanit 3–7%, biotit 3–7%, epidot 3–7%, klorit 3–7%
6	Skälsbäck	Bergarterna är klippta av lavagång 50% av respektive, diabas: finkornig mörk matris med ljusa avlånga plagioklas kristaller, gabbro: Sericit omvandlat plagioglas (ortoklas), hornblände.	fin mörk matris 80–85%, plagioclase 10–20%; ***plagioklas 45–55%, hornblände 45–55%***
7	Tonalit-Triasjön	Fältspat (mikrokline, ortoklas), kvarts, hornblände, biotit, klorit	fältspat 25–30%, kvarts 25–30%, hornblände 25–30%, biotit 5–10%, klorit 3–5%
8	V0001	Strökorn av fältspat (ortoklas, mikrokline, plagioklas), kvarts, klorit, opaka, fin matris (mellan korn) av klorit? biotit , epidot.	fältspat 35–40%, kvarts 35–40%, fin matris 15–20%, klorit 3–5%, opaka 1–2%
9	V0002	Sericit omvandlat fältspat, kvarts, titanit, opaka, fin matris bestående av biotit, epidot, ev klorit och fältspat	fältspat 25–30%, kvarts 30–35%, titanit 5–7%, Epidot 3–5%, fin matris 20–30%, opaka 2–3%
10	V0003	Olivin,serpentin,pyroxen, flogopit, ljust mineral fältspat?	serpentin 40–50%, olivin 15–20%, pyroxen 30–35%, flugopit 10–15%, fältspat?
11	V0004	Olivin,serpentin,pyroxen, flogopit, ljust mineral fältspat?	olivin 35–40%, serpentin 30–35%, pyroxen 20–25%, flugopit 10–15%, fältspat?

12	V0005	Sericit omvandlad fältspat, hornblände, biotit, kvarts, opaka	fältspat 40–45%, hornblände 25–30%, biotit 25–30%, kvarts 3–5%, opaka 1–2%
13	V0006	Sericit omvandlat fältspat, hornblände, biotit, epidot, opaka	fältspat 40–45%, hornblände 30–35%, biotit 25–30%, Epidot 1–3%, opaka 1–2%
14	V9801	Sericit omvandlad fältspat(pertit), kvarts, biotite, hornblände, titanit, opaka	fältspat 35–45%, kvarts 35–45%, hornblände 3–5%, biotit 3–5%, titanit 2–3%, opaka 1–2%
15	V9901	Viss Sericit omvandlad fältspat och finkornig kvarts, strökorn, mörka områden med epidot, hornblände, biotit, opaka	fältspat 50–55%, kvarts 45–50%,mörka områden 3-5%, opaka 1-2%
16	V9902	Kvarts, amfibol, epidot, fältspat? opaka	kvarts 45–50%, amfibol 20–30%, epidot 20–30%, opakt 1–2%
17	V9903	Viss Sericit omvandlad fältspat, kvarts med olika kornstorlekar, klorit, fin matris i vissa korngränser bestående av fältspat och biotit	fältspat 40–45%, kvarts 35–45%, klorit 1–3%, fin matris 10–15%
18	V9904	Fältspat (ortoklas, plagioklas), kvarts, klorit, fin matris i vissa korngränser bestående av fältspat och biotit	fältspat 35–40%, kvarts 40–45%, klorit 3–5%, fin matris 10–15%
19	V9905	Viss folifiering, fältspat(ortoklase) strökorn, kvarts med olika kornstorlekar, klorit, fin matris i vissa korngränser bestående av fältspat och biotit, opaka	fältspat 40–45%, kvarts 35–40%, klorit 3–5%, fin matris 5–10%, opaka 2–3%
20	V9906	Sericit omvandlat fältspat (pertit, mikrokline), kvarts, hornblände, biotit, titanit, opaka	fältspat 40–45%, kvarts 15–20%, hornblände 10–15%, biotit 15–20%, titanit 1–2%, opaka 1–2%
21	V9907	Sericit omvandlad fältspat (ortoklas, mikrokline, plagioklas), kvarts bestående av olika kornstorlekar, titanit, opaka, fin matris mellan vissa korngränser bestående av biotit, klorit och fältspat,	fältspat 30–35%, Kvarts 30–35%, fin matris 15–20%, titanit 5–10%, klorit 3–5%, opaka 3–5%

22	V9908	Fältspat(mikrokline,plagioklas), kvarts, klorit, hornblände, titanit, ett gulbrunt mineral med sprickor medehög relief 1:a ord färger 3:e i korspolariserat, fin matris av biotit och fältspat, opaka	fältspat 20–25%, kvarts 20–25%, fin matris 10–15%, hornblände 5–10%, klorit 5–10%, gul/brunt mineral 5–10%, titanit 2–5%, opaka 1–2%
23	V9909	Sericit omvandlad fältspat (plagioklase, mikrokline), kvarts bestående av olika kornstorlekar, klorit, titanit, opaka, fin matris bestående av biotit och fältspat	fältspat 30–35%, kvarts 30–35%, fin matris 25–30%, klorit 3–5%, titanit 3–5%, opaka 1–2%
24	V9910	Sericit omvandlad plagioklas, strökorn med fältspat, hornblände, opaka, fin matris med fältspat och biotit	fältspat 55–60%, hornblände 20–25, finmatris 10–15%, opaka 1–2%
25	V9911	Sericit omvandlad plagioklas(och mikrokline), kvarts, hornblände, titanit, epidot, opaka	plagioklas 60–65%, kvarts 10–15%, hornblände 10–15%, titanit 3–5 %, epidot 3–5%, opaka 1–2%
26	V9912	Sericit omvandlad fältspat, strökorn, kvarts, fin matris med fältspat och biotit, klorit, opaka	fältspat 35–40%, kvarts 30–35%, fin matris 20–25%, klorit 1–3%, opaka 2–3%
27	V9913	Sericit omvandlad fältspat (mikrokline, plagioklas) kvarts bestående av olika kornstorlek, titanit, opaka, fin matris bestående av biotit och fältspat	fältspat 35–40%, kvarts 35–40%, fin matris 15–20%, titanit 1–2% opaka 1–2%
28	V9914	Sericit omvandlad fältspat (mikrokline, ortoklas), kvarts, epidot, klorit, opaka, fin matris bestående av fältspat och klorit	fältspat 35–40%, kvarts 35–40%, epidot 3–5%, klorit 3–5%, fin matrs 5–10%, opaka 2–3%
29	V9915	Sericit omvandlad fältspat, kvarts, hornblände, klorit, epidote, opaka	fältspat 20–25%, kvarts 15–20%, hornblände 20–25%, klorit 20–25%, epidot 10–15%, opaka 3–5%
30	V9916A	Sericit omvandlad plagioklas, kvarts, biotit, hornblände, titanit, epidot?, opaka	plagioklas 35–40%, kvarts 15–20%, hornblände 15–20%, biotit 15–20%, titanit 1–2%, opaka 3–5%

31	V9917	Sericit omvandlat plagioklas, hornblände, kalcit i smalt stråk	plagioklas 45–50%, hornblände 45–50%, kalcit 3–5%
32	V9918	Fältspat (mikrokline), strökorn, kvarts, epidot, opaka, fin matris runt vissa korngränser bestående av biotit och fältspat	fältspat 15–20%, kvarts 60–65%, fin matris 15–20%, epidot 10–15%, opaka 1–2%
33	V9919	Sericit omvandlad fältspat (mikrokline, ortoklas), kvarts, epidot, titanit, opaka, fin matris bestående av fältspat, biotit ev klorit	fältspat 25–30%, kvarts 25–30%, fin matris 20–25%, epidot 10–15%, titanit 2–5% opaka 2–3%
34	V9920	Fältspat, kvarts, strökorn(ortoklas), opaka, områden bestående av klorit, biotit, epidot	fältspat 25–30%, kvarts 45–50%, epidot 10–15%, klorit 3–5%, biotit 3–5%, opaka 1–2%
35	V9921	Viss Sericit omvandlad fältspat (ortoklas, mikokline, plagioklas), kvarts bestående av olika kornstorlekar, opaka, områden med klorit, epidote, biotit	fältspat 35–40%, kvarts 35–40%, klorit 10–15%, epidot 10–15%, biotit 2–3%, opaka 3–5%
36	V9922	Sericit omvandlad fältspat (plagioklas, mikrokline), kvarts, opaka, fin matris med biotit och fältspat.	fältspat 50–60%, kvarts 15–25%, fin matris 15–20%, opaka 1–2%
37	V9923	Porfyr-Vulkanit, Sericit omvandlad plagioklas, kvartskorn med variernde storlek samt fältspat (ortoklas) strökorn, fin matris med biotit och fältspat, opaka	plagioklas 40–45%, kvarts 40–45%, fin matris 10–15%, opaka 2–3%
38	V9924	Sericit omvandlad fältspat, kvarts bestående av olika kornstorlek, strökorn(ortoklas), områden med epidot, klorit ev. biotit	fältspat 15–20%, kvarts 60–65%, områden med epidote och klorit 10–15%, ev biotit 3–5%
39	V9925A	Sericit omvandlad plagioklas, hornblände med zonering (mörka kanter), biotit, opaka	plagioklas 30–40%, hornblände 40–50%, biotit 10–20%, opaka 2–3%

Bilaga 3-Analysvärden

Benämning	V9401	V9402	V9403	V9404	V9405
Bergart	grå Gångporfyr	röd Gångporfyr	gabbro	monzonit	gabbro
Kommentar	N Holm	Fagerhult	Sandåkra	Hamburgerholm	NV BP-94
Koordinater N–S	6347850	6338250	6345470	6345960	6345550
Koordinater E–W	1484450	1492050	1481800	1483480	1482500
SiO2	69.9	69.8	38.1	67	49.3
TiO2	0.394	0.631	0.188	0.555	0.911
Al2O3	14.8	14.3	3.63	15.8	17.3
Fe2O3T	3.59	4.04	13.6	4.09	9.07
MnO	0.0705	0.122	0.207	0.0995	0.145
MgO	0.696	0.462	32.1	1.26	7.76
CaO	2.3	1.19	1.14	2.98	9.08
Na2O	3.63	4.17	0.311	4.25	2.79
K2O	4.34	5.47	0.249	3.71	1.66
P2O5	0.119	0.13	0.0978	0.219	0.422
LOI	0.6	0.3	11	0.5	1.9
Summa	99.8	100.3	89.6	100	98.4
Ba	1150	672	89.2	1220	630
Be	2.74	3.77	<1,19	2.69	1.88
Co	<5,98	<6,01	123	6.13	36.7
Cr	<12	<12	1590	12.1	219
Cu	12.5	14.1	44.7	19.7	61.7
Ga	24.7	16.9	<0,297	30.9	13.9
Hf	14.8	25.3	<0,0297	12.5	5.86
Mo	<0,239	<0,24	<0,238	<0,240	<0,23
Nb	18.8	29.9	<0,297	16.9	7.93
Ni	6.65	<6,01	525	6.39	102
Rb	175	181	4.06	129	46.2
Sc	5.08	3.75	9.44	3.7	19
Sn	0.572	2.52	<0,594	2.19	<0,576
Sr	303	98.6	80.6	642	987
Ta	2.54	2.83	<0,0119	2.04	0.575
Th	31.7	25.7	0.489	20.7	3.19
U	12.4	11.7	<0,0238	8.83	1.38
V	24.6	14.1	59.5	51.5	137
W	<0,012	<0,012	<0,0119	0.623	<0,0115

Y	35.3	62.1	6.72	23.8	21.9
Zn	49.3	93.1	71.2	88.2	90.5
Zr	269	494	15.4	246	117
La	83.2	108	6.05	85	40
Ce	176	240	15	171	97.3
Pr	18.2	26.1	1.01	18.1	11.6
Nd	71.5	111	6.67	67.4	53.3
Sm	9.02	15.1	<0,0059	6.91	6.88
Eu	0.165	2.57	<0,0059	0.337	1.31
Gd	10.2	16.3	1.22	7.47	8.45
Tb	1.83	2.82	0.495	1.19	1.29
Dy	7.77	14	0.452	4.95	4.63
Ho	1.38	2.9	<0,0119	0.884	1.08
Er	2.74	7.22	<0,0119	2.07	2.31
Tm	0.529	1.3	<0,0119	0.32	0.232
Yb	4.48	9.18	<0,0024	1.87	1.33
Lu	0.724	1.24	<0,0119	0.318	0.159

Benämning	V9406	V9407	V9408	V9409
Bergart	gabbro	gabbro	Composite dike sur	Composite dike basisk
Kommentar	Skälsbäck	NO BP-94	gravpkt 28	gravpkt 28
Koordinater N–S	6341420	6344600	6348150	6348150
Koordinater E–W	1487870	1482700	1484650	1484650
SiO2	49.3	45.3	70.7	46.3
TiO2	0.654	1.8	0.485	1.08
Al2O3	17.3	14.3	14.4	16.9
Fe2O3T	8.56	16.8	3.21	12.1
MnO	0.151	0.202	0.0608	0.211
MgO	8.1	7	0.578	8.26
CaO	12.2	11.3	1.96	9.76
Na2O	2.68	2.38	4.27	2.32
K2O	0.544	0.658	4.14	0.815
P2O5	0.119	0.14	0.11	0.194
LOI	1.1	0.3	0.4	3
Summa	99.6	99.9	99.9	97.9
Ba	419	384	1520	368

Be	<1,18	1.9	3.45	1.4
Co	37.8	47.4	<5,94	50.8
Cr	315	69.1	<11,9	41.1
Cu	94.4	57.7	26.8	90.3
Ga	3.8	11.4	29.2	<0,293
Hf	<0,0295	1.54	26.4	8.55
Mo	<0,236	<0,229	2.28	<0,234
Nb	<0,295	2.88	26	2.68
Ni	112	45.6	<5,94	105
Rb	15.2	13.9	122	59.4
Sc	38.7	36.4	5.12	32
Sn	<0,59	0.624	4.73	1.58
Sr	624	925	224	492
Ta	<0,0118	0.381	2.71	<0,01
Th	<0,0118	0.923	32.7	1.86
U	<0,0236	0.449	14.8	0.774
V	166	501	11.6	228
W	<0,0118	<0,0114	1.87	0.913
Y	12.4	18.9	53.3	30.2
Zn	58.2	139	40.6	104
Zr	25	50.7	390	51.3
La	7.43	18.5	104	19
Ce	20.1	44.8	221	44.9
Pr	1.91	5.88	27	5.63
Nd	13	28.4	107	25.9
Sm	<0,0059	3.75	14.8	3.32
Eu	0.657	1.48	3.67	1.52
Gd	3.62	6.12	14.8	5.89
Tb	0.689	0.973	3.02	1.7
Dy	2.02	3.04	12.9	6.3
Ho	0.316	0.481	2.26	1.55
Er	0.353	1.49	6.17	3.84
Tm	0.0591	0.193	0.877	0.584
Yb	0.384	0.775	5.12	3.33
Lu	0.0253	<0,0114	1.3	0.68

Benämning	V9410	V9411	V9412	V9413	V9414	V9415
Bergart	Porfyrit	grå granit	def röd granit	sur vulk	porf. sur vulk	grå Ugranit

Kommentar	V Triasjön	V Triasjön	tripkt Höghult	Tönshult	Dalenvägen	Exkstopp 1
Koordinater N–S	6343350	6343350	6346640	6347400	6346230	6350750
Koordinater E–W	1484250	1484250	1480400	1485600	1487000	1485650
SiO2	48.5	64.8	70.3	71.7	69.1	62.6
TiO2	1.7	0.634	0.58	0.341	0.472	0.759
Al2O3	15.9	15.6	13.4	14	14.8	16.7
Fe2O3T	12.5	5.54	4.61	3	3.41	5.94
MnO	0.268	0.0875	0.129	0.12	0.0776	0.102
MgO	6.15	2.31	0.499	0.359	0.804	2.56
CaO	9.35	4.43	1.09	1.12	2.47	5.44
Na2O	3.1	4.08	3.46	4.22	3.72	4.29
K2O	2.02	2.17	5.74	5.14	4.52	1.76
P2O5	0.614	0.209	0.0897	0.0797	0.139	0.219
LOI	1	0.6	0.3	0.3	0.5	0.4
Summa	100.1	99.9	99.9	100.1	99.5	100.4
Ba	371	1020	458	364	1130	397
Be	1.87	2.5	2.75	4.1	2.68	1.88
Co	40.4	11.2	<5,89	<5,84	<5,94	14.2
Cr	80.3	39.6	<11,8	<11,7	<11,9	35.5
Cu	53	16.5	17.2	15.9	17.4	23.5
Ga	<0,307	12	<0,3	<0,292	16.4	<0,301
Hf	9.09	9.14	52.4	24.7	12.2	9.54
Mo	<0,246	<0,2	2.32	2.2	2.61	<0,2
Nb	6.11	16.7	40.2	32.4	21.9	9.58
Ni	68.1	17.5	<5,89	<5,84	<5,94	20.2
Rb	147	115	200	231	169	72.3
Sc	32.9	8.87	<2,36	<2,33	2.99	9.36
Sn	1.76	2.24	5.65	5.5	3.76	2.46
Sr	502	581	171	152	440	674
Ta	0.469	2.01	3.64	2.98	2.5	0.828
Th	2.81	26.2	52.7	28.1	26.7	10.2
U	1.79	10.7	11.2	12.9	11.6	3.99
V	274	94.4	19.6	8.45	35.8	86.8
W	1.04	1.84	4.47	2.76	1.07	1.28
Y	45	23.6	99.4	72.9	37.5	19.2
Zn	157	65.9	153	121	57.2	71.5
Zr	130	158	1130	564	223	200
La	43.9	53.9	371	133	89.9	92

Ce	98.9	113	762	285	185	161
Pr	13.7	13	88.9	34.7	21.1	20.6
Nd	59.4	49.2	330	134	79.6	66.7
Sm	8.35	5.3	43.8	19.5	9.53	5.36
Eu	4.23	0.771	0.13	2.2	1.74	2.05
Gd	12.3	6.37	39.7	21.6	11.5	9.2
Tb	2.64	1.28	5.55	3.54	2.06	1.55
Dy	11.4	4.71	26.3	16.8	8.74	5.62
Ho	2.51	1.02	4.75	3.28	1.43	0.604
Er	4.75	2.09	13.8	9.91	5.33	2.49
Tm	0.626	0.571	1.89	1.46	0.73	0.135
Yb	3.84	2.08	14.2	10	5.04	2.28
Lu	0.796	0.67	2.46	1.78	0.847	0.579

Benämning	V9416	V9417	V9418	V9419	V9420
Bergart	grå Vxgranit	grå granit	fin röd Vxgranit	röd Vxgranit	Fink granit
Kommentar	Triabo	S Bistockskulla	Guttemåla	BP-90	Sköglevägen
Koordinater N–S	6343650	6340550	6341170	6344600	6342230
Koordinater E–W	1486300	1481300	1486260	1486450	1484880
SiO2	59.7	65	75.3	76.2	66.5
TiO2	0.857	0.592	0.188	0.183	0.695
Al2O3	16.5	16	13.2	12.4	15.3
Fe2O3T	7.65	5.08	1.4	1.94	5.15
MnO	0.13	0.0877	0.0538	0.0579	0.121
MgO	3.28	2	0.201	0.136	0.873
CaO	5.9	4.24	0.919	0.525	2.05
Na2O	3.85	4.11	3.59	3.9	4.09
K2O	2.58	2.79	4.97	4.95	5.23
P2O5	0.318	0.239	0.0399	0.0299	0.219
LOI	0.6	0.3	0.3	0.2	0.4
Summa	100.8	100.1	99.9	100.3	100.2
Ba	705	1040	677	145	1700
Be	2.47	2.07	3	2.91	3.38
Co	18.4	10.4	<5,87	<5,78	<5,81
Cr	36.5	23.1	15.9	<11,6	<11,6
Cu	38.6	22.8	12.8	5.8	13.5
Ga	7.46	20.6	3.79	13	21.1

Hf	10.3	7.17	12.1	17.6	21.4
Mo	1.1	<0,236	<0,235	<0,231	<0,2
Nb	14.9	12.6	26.5	24.4	27.1
Ni	22.5	17.8	6.81	<5,78	<5,81
Rb	117	90.9	268	179	221
Sc	13	6.02	<2,35	<2,31	4.29
Sn	2.3	1.98	4.52	1.83	4.47
Sr	672	829	163	48.6	300
Ta	1.41	1.42	4.98	1.72	2.57
Th	15.8	14.5	50.4	25	24.6
U	7.4	6.64	35	9.68	9.02
V	136	76.7	7.25	<5,78	24.5
W	1.02	<0,01	3.53	1.74	1.08
Y	25.6	13.8	32.9	78.6	71.3
Zn	84.3	61.4	27.5	67.5	93.9
Zr	202	147	139	311	510
La	64.4	54.8	95.6	117	166
Ce	132	112	187	266	340
Pr	15.7	13.3	19.2	30.7	36.8
Nd	56.2	49.9	68.5	115	136
Sm	8.75	4.12	9.52	19.3	20.7
Eu	2.22	2.19	1.56	0.436	3.6
Gd	9.47	7.58	6.5	17	17.1
Tb	1.5	1.16	2.03	3.21	2.74
Dy	6.54	3.82	6.68	15.2	13.8
Ho	1.19	0.516	1.92	3.25	2.62
Er	2.97	1.05	4.73	9.47	8.55
Tm	0.466	0.141	1.25	1.52	1.2
Yb	3.57	1.05	5.09	8.75	7.96
Lu	0.461	0.248	1.04	1.36	1.21